



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN

CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA



INFORME FINAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Determinación de Linfocitos T, B y Células Naturales
Killer en Especies de Peces Nativas y/o Endémicas y de
Tilapia sp. del Lago de Izabal, Mediante Análisis de
Citometría de Flujo.**

GUATEMALA, 2009

Nombre del Proyecto

Determinación de Linfocitos T, B y Células Naturales Killer en Especies de Peces Nativas y/o Endémicas y de Tilapia sp. del Lago de Izabal, Mediante Análisis de Citometría de Flujo.

Integrantes del equipo de investigación

Puesto	Profesión	Fechas de contratación	Dirección, teléfonos, correo electrónico
Coordinador Dr. Salomon Medina Paz.	Medico Veterinario	Indefinido	CEMA-USAC TEL. 24762206 E-MAIL:
Investigador Principal Dr. Margarito Castro Rodríguez	Médico y Cirujano y Ginecólogo y Obstetra	1 de Febrero al 31 de Diciembre	CEMA-USAC TEL. 24762206 E-MAIL: castrogine@yahoo.es
Investigador Principal Lic. Adrian Mauricio Castro López	Licenciado en Acuicultura.	1 de Febrero al 31 de Diciembre	CEMA-USAC TEL. 24762206 E-MAIL: castroadrianma@yahoo.es
Auxiliar T.A. Carlos Humberto Ortiz Ruiz.	Técnico en Acuicultura	1 de Febrero al 31 de Diciembre	CEMA-USAC TEL. 24762206 E-MAIL: carlitosfish@yahoo.es
Auxiliar de campo Raúl Armando Milla Leal	Personal de campo	1 de Febrero al 31 de Diciembre	Aldea Izabalito.

Fecha y año de la ejecución del proyecto:

Proyecto ejecutado de Febrero a Diciembre del año 2008

Instituciones participantes y co - financiamiento

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura
Dirección General de Investigación ambas de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Resumen de Proyecto de Investigación

La presente investigación se realizó para determinar el sistema inmunológico adquirido (linfocitos T, linfocitos B y células Naturales Killer) en diez y seis especies piscícolas endémicas del lago de Izabal y la tilapia, y de esta forma iniciar su potencial utilización en un futuro para producir vacunas tanto a nivel acuícola como en humanos, con propósitos preventivos y terapéuticos, establecer que sistema inmunológico adquirido de estas especies tiene mas potencial para producir estas vacunas entre las dieciséis especies piscícolas endémicas e introducidas (tilapia) que habitan en el lago de Izabal, y determinación por medio de Citometria de Flujo, que especies acuícola de agua dulce presentan el mejor sistema inmunológico adquirido: Mediante análisis sanguíneo de la subpoblacion de linfocitos T, B y naturales Killer.

Se efectuó extracción sanguínea a las diez y seis especies, en tres épocas del año, esto es durante el verano, de transición y de invierno.

Se obtuvo datos valiosos no solo sobre los objetivos mencionados sino además de información importante, tanto a nivel acuícola y humano. La primera fue determinar que el sistema inmunológico adquirido, es decir linfocitos T, linfocitos B y linfocitos Natural Killer que están presentes en los humanos, también se encuentran en las especies estudiadas. La importancia de la presencia de linfocitos T en estas especies es por que estos son considerados factores de transferencia que se utilizan para mejorar el sistema de defensa en seres humanos en el tratamiento de distintas enfermedades. (Wapedia-WIKI, 2008) (Muro, 2006)

A nivel acuícola la importancia de encontrar la presencia de linfocitos B en estas diez y seis especies, radica en que siempre se consideró que los linfocitos B no tenían la capacidad de fagocitosis (ingerir y destruir microbios), pero en estudios recientes se ha demostrado que los linfocitos B de los peces son capaces de efectuar fagocitosis potente tanto en experimentos in vitro como in vivo. Esto representa un avance por que en un futuro los linfocitos B, se pueden utilizar para el diseño de vacunas para peces con el objetivo de estimular la fagocitosis de antígenos a los linfocitos B y de esta forma aumentar la eficacia de las vacunas para peces. (Sunyer, 2006)

La determinación de las diez y seis especies piscícolas endémicas del lago de Izabal y la tilapia, no había sido objeto de investigación en nuestro medio, por lo que constituye un avance para sentar las bases para que en el futuro se profundice en esta área del conocimiento inmunológico, no solo para el desarrollo de la acuicultura, sino además en la búsqueda de alternativas para la prevención y tratamiento de enfermedades de los humanos.

Por eso, en Canadá se esta trabajando para desarrollar tilapias genéticamente modificadas para producir insulina humana y la producción de colágeno a partir de peces, esto se traduce en que no hay que extrañar una interrelación entre la acuicultura y la medicina. (Sunyer, 2005)

Avances recientes han determinado que los factores de transferencia no solo están presentes en el calostro de leche de las vacas y en la yema de huevo de las gallinas, sino que también los linfocitos T funcionan como factores de transferencia y que no son específicos de especie, es decir que estos factores de transferencia los puede recibir una especie distinta a la que pertenece la especie donante. (Muro, 2006)

Para obtener los factores de transferencia en cualquier especie incluido los peces hay que romper (dializar) los glóbulos blancos de la sangre, luego depositarla en una bolsa de diálisis con una malla muy fina que únicamente permita la salida de moléculas pequeñas-por ejemplo de 10 kilodaltones o menos-que no permita el paso de virus, bacterias, hongos y otras sustancias, estos leucocitos, puede transmitir una respuesta inmune positiva de un donante a otro organismo receptor. (Muro, 2005)

Esta investigación se efectuó en el lago de Izabal del departamento de Izabal por ser el área que alberga las diez y seis especies meta a estudiar. Para la selección de las especies se tomó en cuenta la importancia que representan las mismas para el consumo humano, deportivo y acuarista. Las especies seleccionadas fueron las siguientes: de la familia Ariidae: *Cathorops aguadulce* y *Potamarius izabalensis*, de la Familia Atherinidae: *Atherinella* sp de la Familia Belonidae: *Strongylura notata*. de la Familia Carangidae: *Caranx latus*, *Oligoplites saurus* y *Trachinotus falcatus*. de la Familia Characidae: *Astyanax aeneus*, *Brycon guatemalensi* y *Hyphessobrycon compressus*. y de la Familia Cichlidae: *Amphilopus robertsoni*, *Archocentrus spinosissimus*, *Vieja maculicauda*, *Vieja godmani*, *Cichlasoma urophthalmus* y por último una especie introducida *Oreochromis nilótica* (tilapia). (Pérez 2005)

A las diez y seis especies nativas o/y endémicas y la Tilapia, se extrajo sangre mediante punción directa en el corazón para organismos con un peso menor de 400 gramos, los cuales fueron sacrificados posteriormente por el daño producido durante la punción, por considerar que el trauma era incompatible con la vida y en la vena aorta (debajo de la línea lateral del pez), para las especies con peso mayor de 400 gramos, las cuales se devolvió a su hábitat natural, previo valorar su posible sobrevivencia después del procedimiento.

El presente estudio se efectuó durante un periodo de 11 meses, iniciando en febrero y finalizando en el mes de diciembre de 2008. Durante este periodo de tiempo, se efectuó tres determinaciones sanguíneas para cada una de las especies, coincidiendo con la época seca y lluviosa y el traslape de las dos (periodo de transición). Se tomaron estos tres periodos por que ya está establecido que ocurren modificaciones en el clima, químicas, de alimentos y de actividad humana que se traduce en variaciones en las especies no solo en su comportamiento sino también en su fisiología y metabolismo

El equipo de investigadores estuvo conformado por un Médico y Cirujano (Investigador I) siendo su función en que se tratara y manejara en forma correcta las muestras sanguíneas, la interpretación y análisis de los datos obtenidos y cotejar la similitud del sistema inmunológico adquirido de las especies investigadas y el sistema inmunológico adquirido de los humanos. Un Licenciado en Acuicultura (Investigador I) que se encargó de identificar las especies, de la extracción de las muestras sanguíneas de las diez y seis

especies investigadas y manejo de las especies acuícola en general, un técnico en acuicultura quien veló por el resguardo y manejo de las muestras y en toda la logística de la investigación, un trabajador de campo (pescador artesanal) cuyo atributo fue el transporte acuático, ser guía del área y el manejo de las técnicas de captura.

Índice

Contenido	Página
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación del estudio	4
4. Objetivos	5
4.1 General	5
4.2 Específicos	5
5. Marco teórico	6
5.1 Inmunología en Humanos	6
5.1.1 Introducción	6
5.1.2 En que consiste la respuesta inmunitaria	6
5.1.3 Que es Inmunidad innata	7
5.1.4 Inmunidad adquirida	7
5.1.5 Mecanismo y control de la inmunidad adquirida	7
5.1.6 Variedad inmune del sistema adquirido	8
5.1.7 Discriminación entre lo propio y lo ajeno	8
5.1.8 Inmunidad y enfermedad	8
5.1.9 Avances en inmunoquímica	9
5.1.10 Inmunología de peces	9
5.1.11 Citometría de flujo	11
5.1.12 Fundamentos de la Citometría de flujo	12
5.1.13 Aplicaciones de la Citometría de flujo	13
5.1.14 Resumen de lo que se puede analizar por Citometría de flujo	13
5.1.15 Endemismo	14
5.2 Familia ariidae	15
5.2.1 Fichas descriptivas por especies de la familia ariidae	15
5.2.2 <i>Cathorops aguadulce</i> (Meek)	15
5.2.3 <i>Potamarius izabalensis</i> (Hubbs y Miller)	15
5.3 Familia atherinidae	16
5.3.1 Ficha descriptiva por especie de la familia atherinidae	16
5.3.2 <i>Atherinella</i> sp. (especie no descrita)	16
5.4 Familia belonidae	16
5.4.1 Ficha descriptiva por especie de la familia belonidae	16
5.4.2 <i>Strongylura notata</i> (Poey)	16
5.5 Familia carangidae	16
5.5.1 Fichas descriptivas por especie de la familia carangidae	17
5.5.2 <i>Caranx latus</i> (Agassiz)	17
5.5.3 <i>Oligoplites saurus</i> (Bloch y Schneider)	17
5.5.4 <i>Trachinotus falcatus</i> (Linnaeus)	17
5.6 Familia characidae	18
5.6.1 Fichas descriptivas por especie de la familia characidae	18
5.6.2 <i>Astyanax aeneus</i> (Günther)	18
5.6.3 <i>Brycon guatemalensis</i> (Regan)	18

5.6.4 <i>Hyphessobrycon compressus</i> (Meek)	19
5.7 Familia cichlidae	19
5.7.1 Fichas descriptivas por especies de la familia cichlidae	19
5.7.2 <i>Amphilopus robertsoni</i> (Regan)	19
5.7.3 <i>Archocentrus spinosissimus</i> (Vaillant y Pellegrin)	20
5.7.4 <i>Vieja maculicauda</i> (Regan)	20
5.7.5 <i>Vieja godmani</i> (Günther)	20
5.7.6 <i>Cichlasoma urophthalmus</i> (Günther)	21
6. Metodología	22
6.1 Variables e indicadores	23
6.2 Punción y extracción de la muestra	23
6.3 Información de las etiquetas	24
6.4 Identificación de las muestras	24
6.5 Envío de las muestras	24
6.6 Plan de trabajo	25
7. Resultados	26
8. Discusión de resultados	39
9. Conclusiones	40
10. Recomendaciones	41
11. Bibliografía	44
12. Anexos	46

Índice de figuras

Contenido	No. Figura
Recuento absoluto linfocitos en tres épocas del año	1
Porcentaje de linfocitos "T" en tres épocas del año	2
Porcentaje de linfocitos "B" en tres épocas del año	3
Porcentaje de linfocitos "Natural Killer" en tres épocas del año	
Comportamiento de las especies con mayor respuesta de Linfocitos totales según la época del año	4
Comportamiento de las especies con mayor respuesta de Linfocitos "T" según la época del año	5

1. Introducción

Con la llegada de la biotecnología se ha reactivado la importancia de la inmunología, una ciencia que parecía encaminada a ser olvidada, pero que en la actualidad ha resurgido con mas fuerza para estimular la generación de pruebas diagnosticas, fármacos y vacunas, útiles no solo en la prevención sino también en el tratamiento de varias enfermedades que afectan a muchas especies incluyendo al humano y a los animales, por lo que la tendencia actual es que la terapia tradicional que utiliza productos químicos y farmacéuticos sea reemplazada por derivados de la biotecnología, en especial la inmunobiotecnología.

Es por eso que la presente investigación se centró en determinar por medio de Citometría de Flujo y mediante análisis sanguíneo, la existencia de la su población de linfocitos T, linfocitos B y naturales Killer en diez y seis especies piscícolas nativas y/o endémicas del lago de Izabal y la tilapia, para sentar las bases para que en un futuro se inicie su potencial utilización en la producción de vacunas tanto a nivel acuícola como en humanos.

Se efectuó durante once meses tres determinaciones sanguíneas para cada una de las especies, en época seca, lluviosa y el traslape de las dos (periodo de transición). Se escogió estos tres períodos por que ya esta establecido que durante los mismos ocurren modificaciones en el clima, químicas, de alimentos y de actividad humana que se traduce en variaciones en las especies no solo en su comportamiento sino también en su fisiología y metabolismo.

Entre los hallazgos más importantes encontrados en la presente investigación destaca la presencia en las diez y seis especies estudiadas de linfocitos T, linfocitos B y naturales Killer. El haber encontrado linfocitos T en estas especies, abre la posibilidad que mediante un tratamiento especial, se puedan usar estos extractos dializables como factores de transferencia para su utilización en humanos en el combate de muchas enfermedades. Los factores de transferencia forman parte de productos biológicos que se emplean con fines preventivos y terapéuticos, extraídos del calostro de la leche de las vacas y de la yema de los huevos de las gallinas, estos factores de transferencia están presentes en los linfocitos T de los humanos y los vertebrados.

El haber encontrado linfocitos B, en las diez y seis especies allana el camino para que en un futuro los linfocitos B, se pueden utilizar para el diseño de vacunas para peces con el objetivo de estimular la fagocitosis de antígenos a los linfocitos B y de esta forma aumentar la eficacia de las vacunas en las especies acuícolas. Solo recientemente se consideraba que los linfocitos B no tenían la capacidad de fagocitar, pero en estudios recientes se demostró que si tienen esta capacidad y que además es muy potente, tanto en estudios in vitro como in vivo.

De las diez y seis especies investigadas la familia de los Cíclidos (tilapia gris, mojarra relumbros, mojarrita cola amarilla, la chumbimba, mojarra correntera y la mojarra tigre naranja) podemos considerarlas como especies promisorias por ser quienes

presentaron la mas alta respuesta inmunológica, ser especies estables y poseer un potencial acuícola muy alto en nuestro medio.

El camino no es fácil pero con esta investigación se sientan las bases, se dan los primeros pasos para que en un futuro se profundice en el estudio del sistema inmunológico no solo de estas especies, sino además en otras que existen en Guatemala. Es necesario hacer investigaciones más profundas incluyendo hacer el esfuerzo para obtener el conocimiento y la tecnología para que estas especies sean mejoradas genéticamente para su utilización con fines médicos y acuícolas.

2. Antecedentes

En Guatemala y luego de la revisión correspondiente no hay datos de estudios previos sobre el sistema inmunológico adquirido de mediación celular, de especies nativas y/o endémicas y además la Tilapia (especie introducida).

A nivel latinoamericano se ha investigado el sistema inmunológico pero en mamíferos, mas no en peces.

En España se ha estudiado acuciosamente el sistema inmunológico de los peces, encontrando que posee un sistema inmunológico innato y adquirido, siendo este ultimo de mediación humoral y de mediación celular como los linfocitos T, B y natural Killer o células asesinas, que también poseemos los seres humanos. Es evidente que en otras latitudes estos hallazgos no son extraordinarios, no son una novedad, pero se sigue investigando. (Rocha, 2001)

Cada vez hay mas investigaciones en especies que en décadas atrás nos parecían poco atractivas. En Australia un grupos de científicos, dirigidos por el Norteamericano Mark Merchant, están tomando sangre de cocodrilos y ya considera al sistema inmunológico de este reptil como el mas potente, con capacidad de destruir el virus que provoca el Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida in Vitro, pero ya en 1998 Adam Britton, científico australiano lo había insinuado. Estas investigaciones se iniciaron ante el hallazgo que el cocodrilo por ser una especie territorial, constantemente tiene peleas, en donde sufre amputación de miembros de su cuerpo y lesiones graves, pero que tiene una rápida recuperación de las mismas a pesar de ser su hábitat extremadamente inhóspito. (Perry, 2005)

Otro ligamen importante entre especies acuícolas y el humano, dirigido a la búsqueda de terapias necesarias y novedosas ocurre en Canadá, ellos están investigando la posibilidad que Tilapias genéticamente mejoradas produzcan insulina para tratar la Diabetes mellitus en los humanos.

El doctor en biología Oriol Sunyer de origen Español, actualmente es investigador científico en la facultad de medicina de la Universidad de Pennsylvania, en Philadelphia, Estados Unidos, es más crítico, porque considera que las vacunas para peces que se produce actualmente, no funcionan adecuadamente por que han sido diseñadas para mamíferos. Al conocer el sistema inmunológico de los peces él y su grupo de investigadores pretenden desarrollar nuevas vacunas, basadas en el sistema inmunológico por supuesto de los peces. (Sunyer, 2005)

Estas son buenas noticias no solo para la acuicultura, también hay novedades para la medicina humana. Estudiando el sistema inmunológico de los peces les ha permitido identificar muchos mecanismos moleculares y celulares en relación a la dinámica del sistema inmunológico del ser humano, más específicamente en relación a los linfocitos B. (Sunyer, 2005)

Otro hallazgo que llama la atención es el hecho que en mamíferos (por supuesto el hombre) los linfocitos B que son afectadas por el cáncer, tienen la capacidad de transformarse en células fagocíticas, por lo que el doctor Sunyer postula que los genes que inducen las células tumorales de linfocitos B y que se transforman en fagocitos deben de ser los mismos que activan la capacidad fagocítica de los linfocitos B de los peces. (Sunyer, 2005)

3. Justificación del estudio:

En la actualidad y como nunca ha sucedido en otras épocas el conocimiento es cada vez mayor, rápido, profundo y cambiante a tal punto que todos los profesionales debemos mantenernos informados, actualizados ser innovadores y evolucionistas.

Conocer el sistema inmunológico de los animales vertebrados e invertebrados en especial el sistema inmunológico adquirido de mediación celular, es vital para mejorar los sistemas preventivos y de tratamiento en áreas en donde hay seres vivos y específicamente en el área de hidrobiológicos y de salud humana.

Establecer que especies acuícolas nativas y/o endémicas, además de una especie introducida como es la Tilapia que habitan en el lago de Izabal presentan el sistema inmunológico mas efectivo, nos abrirá las puertas que nos conducirá a encontrar la brecha para un potencial desarrollo de vacunas para la prevención de enfermedades en especies acuícolas y eventualmente producir vacunas aplicables a otros vertebrados incluidos el ser humano.

Además de la motivación ya mencionada se hizo necesario empezar el camino para profundizar en los mecanismos de defensa de éstas especies, que no habían sido estudiadas en profundidad en Guatemala.

4. Objetivos

4.1 General:

- Determinar el sistema inmunológico adquirido en especies piscícolas endémicas del lago de Izabal y la tilapia, de esta forma iniciar su potencial utilización en un futuro para producir con fines comerciales vacunas tanto a nivel acuícola como en humanos, con propósitos preventivos y terapéuticos.

4.2 Específicos:

- Establecer que sistema inmunológico adquirido es más potente entre las dieciséis especies piscícolas endémicas e introducidas (tilapia) que habitan en el lago de Izabal.
- Determinar por medio de Citometría de Flujo, que especies acuícola de agua dulce presentan el mejor sistema inmunológico adquirido: Análisis sanguíneo que determinara la sub-población de linfocitos T, B y naturales Killer.

5. Marco teórico

5.1 Inmunología en Humanos

5.1.1 Introducción

La inmunología es la ciencia que estudia el sistema inmunológico del organismo. Al inicio fue una rama de la medicina que estudiaba la defensa o resistencia frente a las infecciones, pero su campo de estudio se ha ampliado en las últimas cuatro décadas y ahora cubre todos los fenómenos y mecanismos que discriminan entre lo propio y lo ajeno. Entre lo ajeno, se incluyen los microorganismos infecciosos (protozoos, hongos, bacterias, micoplasmas y virus), los parásitos, las toxinas y venenos de tamaño suficiente y composición apropiada, los tumores y las células neoplásicas, los trasplantes y las células o moléculas transfundidas de animales no idénticos genéticamente. (Láñez, 1999)

5.1.2 En que consiste la respuesta inmunitaria

Con algunas excepciones los animales son capaces de organizar una respuesta defensiva contra sustancias ajenas; a esto se llama respuesta inmunitaria. El estudio del desarrollo natural de los mecanismos que intervienen en la respuesta inmunitaria es el objeto principal de la inmunología y la investigación inmunológica. Las respuestas inmunitarias se clasifican en innatas (las que ocurren sin exposición previa a la sustancia, el organismo o el tejido ajenos) y adquiridas (las que requieren exposición previa al material ajeno).

5.1.3 Que es Inmunidad innata

Todos los animales tienen barreras y sustancias naturales que ayudan a evitar las infecciones por microorganismos y parásitos. Las secreciones mucosas y la piel actúan como barreras y las enzimas proteolíticas (enzimas digestivas que escinden las proteínas) presentes en los líquidos orgánicos destruyen algunos organismos invasores. Otras células tienen funciones inmunes innatas que responden rápidamente a los organismos invasores y los destruyen. Estas células son básicamente de dos tipos: monocitos (que son los macrófagos en sangre) y leucocitos polimorfonucleados. Los dos son capaces de ingerir microorganismos por fagocitosis y destruirlos. Segregan además otras sustancias entre ellas citoquinas y enzimas, que protegen frente a las infecciones y estimulan la respuesta inmunitaria.

Especies primitivas, igual que otras especies superiores, pueden generar respuestas inmunes innatas; los primeros trabajos del inmunólogo ruso Mechnikov demostraron que las larvas de estrella de mar pueden responder a materiales extraños mediante mecanismos mediados por macrófagos.

Además hay sistema de complemento que da una protección importante frente a algunos microorganismos y puede formar parte de la inmunidad innata.

En relación a la especificidad, la inmunidad innata es relativamente inespecífica, aunque casi siempre discrimina con claridad entre lo propio y lo ajeno. Reacciona rápidamente y constituye una primera línea de defensa contra la invasión no deseada y la infección. (Freeman, 2004)

5.1.4 Inmunidad adquirida

Una respuesta frente a lo ajeno se adquiere por interacción con los antígenos (sustancias extrañas potencialmente peligrosas para el organismo) presentes en tales organismos. Los animales invertebrados tienen poca o ninguna capacidad para responder de manera genuinamente específica; la inmunidad adquirida alcanza su máximo desarrollo en aves y mamíferos. **Los anfibios y peces presentan cierta capacidad inmunitaria adquirida** y los vertebrados primitivos, como la lamprea, son capaces de responder a ciertos antígenos, aunque la respuesta suele ser débil y relativamente simple.

Cuando nos referimos a la inmunidad adquirida hablamos de los sistemas: humoral y de mediación celular. Inmunidad humoral está mediada por proteínas solubles llamadas inmunoglobulinas o anticuerpos. Los mamíferos producen cinco clases de inmunoglobulinas llamadas G, M, A, D y E.

Las inmunoglobulinas están presentes en la sangre, pero la inmunoglobulina G (IgG) es la clase dominante. Las inmunoglobulinas producen y segregan los linfocitos B.

En el caso de la inmunidad de mediación celular se canaliza a través de los linfocitos T. Se producen células T específicas de los antígenos que interactúan con éstos para mediar una serie de funciones inmunobiológicas. Una de ellas es la producción de células citotóxicas que destruyen específicamente microorganismos o células indeseables. Existe una clase de linfocitos T, llamadas células naturales Killer, linfocitos *killers* o células asesinas o supresoras, que actúan destruyendo células y microorganismos que no son del organismo o sea son ajenos. Esta respuesta inmunitaria adquirida funciona como un complemento de la innata y brinda un sistema específico y en extremo eficaz. (Freeman, 2004)

5.1.5 Mecanismo y control de la inmunidad adquirida

Existe un control riguroso del sistema inmune adquirido. Los linfocitos B que segregan anticuerpos están severamente influenciados por las células T que pueden ayudar a la respuesta o suprimirla. Los linfocitos T segregan citoquinas y otras moléculas potentes y biológicamente activas las que potencian o inhiben la activación, maduración y capacidad para segregar inmunoglobulinas apropiadas de las células B. Las células B, también segregan citoquinas que modulan la inmunidad. Las interleuquinas son potentes estimuladores de las células naturales Killer. (Láñez, 1999) (Freeman, 2004)

5.1.6 Variedad inmune del sistema adquirido

La importancia del sistema inmune adquirido radica en que es capaz de producir anticuerpos y células T que identifican un número muy grande de moléculas distintas con una especificidad notable. Se estima que los mamíferos pueden producir cerca de un millón de anticuerpos distintos y el mecanismo capaz de lograr esta generación de diversidad ha sido objeto prioritario de la investigación inmunológica.

Las células T interactúan con antígenos por medio de receptores de las células T que presentan similitudes estructurales con las inmunoglobulinas. (Freeman, 2004)

5.1.7 Discriminación entre lo propio y lo ajeno

La capacidad discriminadora entre lo propio y lo ajeno es prioritaria y fundamental para la inmunología. Los clones de células que tienen capacidad para reconocer antígenos propios se eliminan precozmente (por lo general, antes del nacimiento) en el desarrollo del animal. Esta 'eliminación clónica', que probablemente se produce mediante procesos que suponen la muerte celular programada (apoptosis), todavía no se conocen bien, pero sí se sabe que producen tolerancia a los autoantígenos. Las células tumorales pueden ser destruidas por mecanismos inmunitarios si expresan antígenos que no están presentes en células normales (los llamados 'antígenos asociados a tumores'). La magnitud de la respuesta inmunitaria contra un antígeno suele verse muy influenciada por la diferencia entre su estructura y la de los antígenos del hospedante y por la medida en que se encuentre 'ayuda' (mediada en buena parte por células T) contra el antígeno. (Encarta, 2007)

5.1.8 Inmunidad y enfermedad

El que ocurran procesos inmunológicos es esencialmente beneficioso. Si hay desarrollo de la inmunidad inadecuada puede causar enfermedades o, al menos, efectos clínicos adversos. La degradación de la tolerancia a lo propio puede causar enfermedades autoinmunitarias, como la artritis reumatoide, la cirrosis biliar primaria, el lupus eritematoso sistémico, la tiroiditis de Hashimoto, la miastenia gravis o la diabetes insulino dependiente. La producción de anticuerpos contra los espermatozoides puede causar esterilidad en la mujer. La reactividad inmunitaria excesiva (hipersensibilidad) puede causar trastornos como anafilaxis, alergia o asma.

Si ocurre una respuesta inmunitaria insuficiente se producen enfermedades conocidas como inmunodeficiencias. Estas patologías afectan a la inmunidad innata o adquirida y a las respuestas humorales o celulares.

Los virus pueden inducir a otras inmunodeficiencias como ejemplo el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), producido por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), que destruye las células T CD4-positivas induciendo una inmunosupresión grave. Los trastornos por inmunosupresión impiden responder a las infecciones y, en algunos casos, al crecimiento espontáneo de tumores. Esto trae como consecuencia una enfermedad grave o la muerte. (Freeman, 2004)

5.1.9 Avances en inmunoquímica

Actualmente se ha avanzado mucho en relación a esta rama de la inmunología que estudia el uso de técnicas bioquímicas y biofísicas y utilización de los anticuerpos

Estos avances han influido en el conocimiento de muchos aspectos importantes de la biología y la medicina. Incluso se reconoce a sus investigadores y se les ha premiado con Premios Nobel. . En 1901, von Behring lo recibió por su trabajo sobre inmunoterapia y en 1908 a Paul Ehrlich e Iliá Mechnikov. Ellos solo son algunos ejemplos.

Identificar los subtipos de linfocitos T (por ejemplo, las poblaciones de células T *helper* llamadas T_{H1} y T_{H2}) que dirigen las respuestas humoral y celular y hacen que madure de distintas formas segregando diferentes citoquinas y otras sustancias que han contribuido a conocer más sobre el control del sistema inmune. Perfeccionar estos métodos de producción de anticuerpos monoclonales, incluyendo el uso de la tecnología de ADN recombinante, ha aumentado el potencial y sensibilidad de los métodos inmunoquímicos. En el futuro se espera una intensa actividad en el campo de la producción y diseño de vacunas, comprendido el desarrollo de vacunas de ADN, la idea es elaborar vacunas mejores y más inocuas para la prevención de un mucho más extenso espectro de enfermedades infecciosas y de otra índole. (Rocha, 2001)

5.1.10 Inmunología de peces

El avance sobre la inmunología de los peces es un tema por demás complejo, que aún está mal estudiado, siendo este avance menor si se hace una comparación con el de los mamíferos. El punto de vista en que se aborda este tema es diferente. Otro problema es comparar resultados según se trate de una u otra especie. Las variables son muchas como ejemplo hay peces de aguas frías, templadas, saladas o dulces, etc. El método usado es muy variado y hay una gran influencia del medio ambiente. De todas formas, el sistema inmune de los peces está bien desarrollado y es efectivo en la misión de proteger al pez frente a enfermedades infecciosas.

Pero se ha avanzado bastante y se conoce perfectamente que el sistema inmunológico de los peces posee varios mecanismos: barreras mecánicas, sistema de defensa celular y humoral no específico y sistema de defensa celular y humoral específico. Al igual que los mamíferos los mecanismos específicos requieren, una inducción por parte del antígeno, discriminar de los elementos propios y extraños, ser específico hacia el antígeno y también de una memoria inmunológica.

El mecanismo inespecífico es inducido por un antígeno o cuerpo extraño y discrimina lo propio de lo extraño. A lo largo de la historia evolutiva, los organismos más desarrollados dependen proporcionalmente más de la respuesta inmunológica específica que de la inespecífica, por lo que en los peces ésta última tiene mayor importancia.

En relación a las barreras mecánicas, sirven de protección permanente y constituyen la primera línea de defensa, está compuesta por la piel, que contiene la dermis,

epidermis, escamas y mucus. El mucus es una mezcla compleja compuesta principalmente de glucoproteínas. Es particularmente importante porque actúa de barrera física y química, ya que contiene lisozima, enzimas proteolíticas, proteína C reactiva, etc., que inhiben e impiden la invasión bacteriana.

Hay autores que describen la existencia de aglutininas e inmunoglobulinas específicas en el mucus de animales inmunizados.

El tracto gastrointestinal es la segunda barrera, está formado por el epitelio intestinal y su secreción mucosa. Las células defensivas encontradas en este epitelio están constituidas principalmente por linfocitos, células plasmáticas, granulocitos y macrófagos; hay bajos niveles de inmunoglobulinas, no estando claro si proceden de síntesis local o si son séricas.

Haciendo una homología con el de los mamíferos, las células protagonistas del sistema inmune son los linfocitos, aunque también podemos encontrar, células plasmáticas, monocitos, macrófagos, granulocitos, células polimorfonucleares y mastocitos. Está aceptado que en los peces existen unas células equivalente a los linfocitos T y B de mamíferos. Esto linfocitos T y B de peces asumirían funciones equiparables al de los mamíferos (funciones citotóxicas y sintetizadoras de inmunoglobulinas).

Se suele describir además unos linfocitos granulares de menor tamaño y se definen como células no B y no T, equivalentes a los "natural-killers" de mamíferos y que proporcionan principalmente la resistencia a protozoos. Entre las células fagocíticas, destacamos los monocitos que son circulantes y los macrófagos que están asociados a tejidos, los melanomacrófagos son unas células pigmentadas que forman unos focos en el bazo, riñón y ocasionalmente en otros órganos. Estas células son poseedoras de melanina y otros pigmentos (lipofuscina, hemosiderina, etc.)

Aparte de los hallazgos descritos los peces producen interferón, tanto sérico como celular. El sistema del complemento es una secuencia compleja de reacciones en cascada que se produce en respuesta a determinados microorganismos (vía alternativa) o complejos antígeno-anticuerpo (vía clásica).

En el caso de las células fagocíticas actúan de forma similar a la de mamíferos, se adhieren a partículas de la membrana del fagocito. Los receptores de los macrófagos poseen estructuras similares a las lecitinas, pudiendo reaccionar directamente con la superficie bacteriana. Las opsoninas median el reconocimiento entre el fagocito y las partículas extrañas, habiéndose descrito la presencia de receptores del componente sérico C3 y del fragmento Fc de los anticuerpos.

La reacción inflamatoria se produce como respuesta a una infección bacteriana, por parásitos o vírica. Esta reacción es mas pausada, menos intensa, más sutil y delimitada que en los mamíferos. En los sitios de inflamación podemos detectar granulocitos, macrófagos y linfocitos.

Dentro del sistema específico de defensa se encuentra la respuesta humoral específica y la respuesta celular específica. Tras la inmunización, el pez produce anticuerpos

específicos que aparecen en la sangre y otras secreciones (bilis, mucosas). La inmunoglobulina producida por los linfocitos B y que predomina en los peces es una similar a la IgM. Esta IgM es tetramérica en los teleósteos, aunque algunos pueden aparecer formas pentaméricas. Esta inmunoglobulina es la más antigua desde el punto de vista filogenético, estando presente en todos los vertebrados. Aunque existe un solo tipo de inmunoglobulina, se han detectado varios subtipos dentro de ella en base a la heterogeneidad de las cadenas pesada y ligera de la misma. La naturaleza de los anticuerpos de los peces y sus propiedades varían dependiendo de la especie. Existen anticuerpos naturales que son aquellos que se producen sin contacto previo con el antígeno. Estos anticuerpos reaccionan frente a moléculas altamente conservadas durante el proceso evolutivo (actina, miosina, tubulinas) y podrían ser consecuencia de una estimulación natural a través del tracto gastrointestinal o de la superficie del pez.

En el caso de la inmunidad celular se considera una respuesta celular mediada por la simbiosis entre linfocitos, fagocitos mononucleares y moléculas efectoras. En los peces hay una serie de inmunomoduladores con funciones similares a las citoquinas de mamíferos, sin haber sido aisladas en estos. Organismos.

Los anteriores avances sobre el sistema inmunológico de los peces, son consecuencia de un avance en el desarrollo de la acuicultura en las últimas tres décadas- Al aparecer más patologías, han venido al mismo tiempo maniobras estratégicas para la prevención ante las infecciones.

Se trabaja intensamente y por lo tanto está en pleno apogeo el desarrollo de vacunas para la prevención de enfermedades en acuicultura, Las empresas comerciales utilizan recursos económicos para mejorar la eficacia de estas vacunas. (Luque, 2002) (Reichenback, 1982) (González, 2003)

5.1.11 Citometría de flujo

La Citometría de flujo es un término genérico aplicado a cualquier tecnología que se utiliza para la medición, el recuento, comparaciones u otra característica de distintas células. Es una tecnología de rápido crecimiento y desarrollo, usado para evaluar diversas propiedades de un gran número de células en poco tiempo. Las mediciones obtenidas se indican en porcentajes de cada población de células que se estudian. Es un método automatizado, multiparamétrico y cuantitativo que analiza señales dispersadas y fluorescentes producidas por una célula al pasar por un haz de luz.

El potencial de los nuevos métodos de análisis en el laboratorio viene creciendo de manera enorme en los últimos años donde la Citometría de flujo se ha consolidado como una herramienta rápida, sencilla, suficientemente sensible, económica, de fácil automatización para las crecientes necesidades en medicina humana y veterinaria para medir múltiples características de muestras biológicas.

Se pueden realizar recuentos celulares, para separar células o para realizar análisis de marcadores bien sean de superficie o intracelulares. Desde sus inicios en la década del 70 para el estudio de poblaciones de células en inmunología la Citometría se convirtió

en una técnica cuantitativa apreciada, de baja complejidad, económica y fácil de mantener en el laboratorio.

Por lo mismo se ha convertido en un método innovador de análisis que permite tener una aproximación lo suficientemente sensible, específica y rápida para diversas aplicaciones en estudios básicos.

En general el principio de la Citometría de flujo se basa en que las células suspendidas en un líquido son pasadas individualmente al frente de una fuente de luz intensa (generalmente un láser) y los datos de la luz reflejada de la fluorescencia, son recogidos y organizados en un archivo.

Los análisis posteriores de las poblaciones y sub-poblaciones se producen mediante el uso de programas de cómputo especializados lo cual permite obtener información valiosa para el investigador o el clínico.

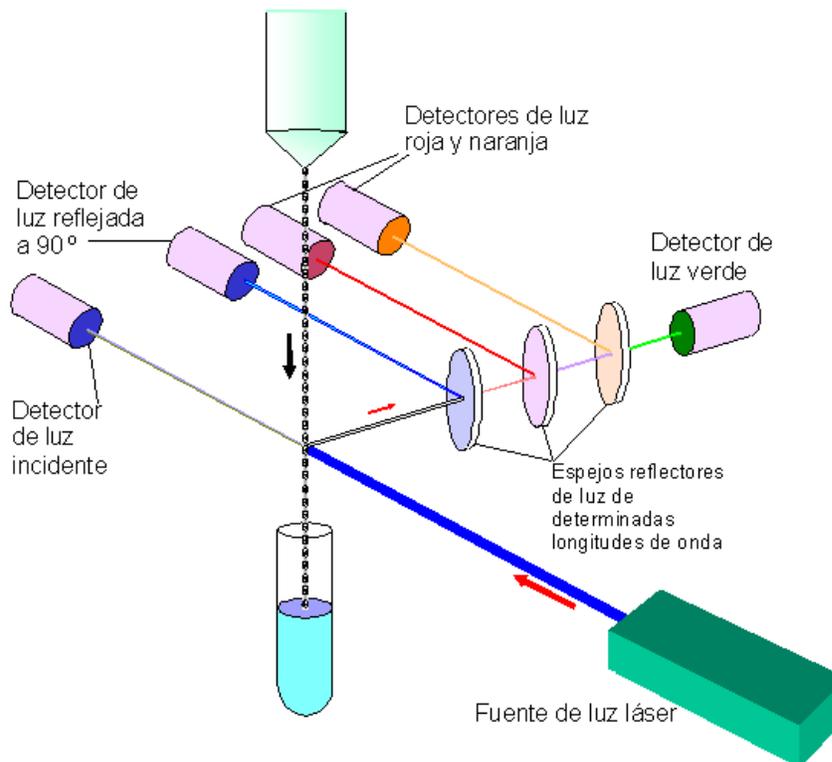
El avance de la Citometría de flujo permite a los microbiólogos explorar complejas interacciones entre los microorganismos y su medio ambiente incluso al detalle de poder realizar análisis de una sola célula. La Citometría de flujo combinada con otros métodos moleculares más modernos y sofisticados, permite, también, hacer una visualización de cambios, adaptaciones e identificación de comunidades específicas y novedosas al igual que de células individuales dentro de una población heterogénea. (Laguado, 2007) (Ángel, 2006)

5.1.12 Fundamentos de la Citometría de flujo

De una forma practica, los sucesos en un citómetro de flujo es que a partir de una muestra biológica (la gran mayoría de los casos son células) que es colocada en suspensión en un líquido, se hace pasar, en lo posible, célula por célula, a través de una celda de flujo que está siendo impactada por una fuente de luz monocromática. Los rayos de luz al encontrarse con las células son difractados a todos lados o son bloqueados.

La información de esta dispersión o bloqueo es filtrada, recolectada y detectada por los componentes especiales del instrumento para convertirlas en valores que pueden ser analizados y cuantificados.

Este proceso físico-químico que ocurre con la muestra se logra por intermedio de los tres componentes principales de un citómetro de flujo, el cual es un instrumento muy reconocido en la práctica clínica de rutina pero que ahora ha incrementado su uso en otras aplicaciones no clínicas. (Laguado, 2007) (Ángel, 2006)



5.1.13 Aplicaciones de la Citometría de flujo

La Citometría surge como una nueva tecnología en los laboratorios clínicos veterinarios al igual que las aplicaciones clínicas en humanos. La Citometría en veterinaria permite el análisis de una variedad de células animales incluyendo aplicaciones como el recuento de reticulocitos, subpoblaciones de linfocitos, recuento de plaquetas, inmunofenotipificación de leucemias y linfomas o recuentos celulares en médula ósea en felinos, caninos, bovinos y equinos.

En la actualidad la Citometría de flujo no se aplica mucho en veterinaria, pero cada día se está aplicando más y su uso en un futuro cercano aumentará de manera considerable en la medida que sea difundida la posibilidad de su aplicación en otras especies distintas a pequeños roedores. (Laguado, 2007) (Ángel, 2006)

5.1.14 Resumen de lo que se puede analizar por Citometría de flujo

A nivel Celular

- Bacterias
- Hongos
- Células humanas y animales
- Protoplastos vegetales

A Nivel Molecular

- Proteínas extracelulares
- Secuencias de ADN o ARN libres
- Complejos inmunes circulantes

A nivel Subcelular

- Viriones
- Liposomas
- Cromosomas
- Núcleos aislados (Laguado, 2007) (Ángel, 2006)

5.1.15 Endemismo

Término utilizado en biología para describir la tendencia de algunas plantas y animales a limitarse de manera natural a una zona determinada, dentro de la cual se dice que son endémicos.

El endemismo puede considerarse dentro de un abanico muy amplio de escalas geográficas: así, un organismo puede ser endémico de una cima montañosa o un lago, de una cordillera o un sistema fluvial, de una isla, de un país o incluso de un continente. Normalmente el concepto se aplica a especies, pero también puede usarse para subespecies, géneros, familias u otras entidades taxonómicas o taxones.

5.2 Familia ariidae

Poseen como nombre común pez gato marino, son los peces más comunes en las aguas tropicales y subtropicales, pero muchas especies pueden habitar estrictamente en agua dulce. Esta familia posee alrededor de 20 géneros y 120 especies. La taxonomía de esta familia en Centroamérica necesita revisión. Poseen una cola bifurcada, aleta adiposa pequeña, espinas fuertes (rayos endurecidos), de cuatro a seis barbas en la cabeza, pero ninguna barba en los nostrilos. Estos peces crían en su boca. Los machos mantienen los huevos hasta que eclosionan, y pueden seguir manteniendo a los recién nacidos dentro (Greenfield y Thomerson 1997).

5.2.1 Fichas descriptivas por especies de la familia ariidae:

5.2.2 *Cathorops aguadulce* (Meek)

Nombre común: Coruco (Froese y Pauly 2004). **Bagre** (Wer *et al.* 2003).

Descriptor: *Arius aguadulce*. Meek, S. E. 1904. The fresh-water fishes of Mexico north of the isthmus of Tehuantepec. Field Columbian Mus.Zool. Ser. i-lxiii + 1-252.

Sinónimos: *Galeichthys aguadulce*, *Arius aguadulce* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: Norte América (Froese y Pauly 2004). **Tamaño:** La longitud total máxima reportada es de 21.7 cm (Hubbs 1935).

Coloración: La espalda, los lados del cuerpo y aletas de color morado, La superficie ventral es de color blanco (Hubbs 1935).

Guatemala: Especie nativa (Froese y Pauly 2004).

5.2.3 *Potamarius izabalensis* (Hubbs y Miller)

Nombre común: **Bagre** (Froese y Pauly 2004).

Descriptor: *Potamarius izabalensis*. Hubbs, C. L. and Miller, R. R. 1960. *Potamarius*, a new genus of ariid catfishes from the fresh waters of Middle America. Copeia 101-112

Sinónimos: *Arius izabalensis*, *A. izabellensis* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: En Centroamérica se encuentra en el lago de Izabal y posiblemente en el Río Polochic, (Froese y Pauly 2004).

Tamaño: Se ha reportado una longitud estándar máxima de los 44 cm (Froese y Pauly 2004).

Estatus en Guatemala: Especie nativa y endémica regional de Centroamérica (Froese y Pauly)

5.3 Familia atherinidae

La mayoría de especies de esta familia son de hábitos marinos, pero varias especies son estrictamente de agua dulce, o una combinación de ambos ambientes. Esta familia se encuentra en los mares tropicales y templados alrededor del mundo. Posee alrededor de 29 géneros y 160 especies. Posee dos aletas dorsales bastante separadas, una banda lateral que es plateada cuando están vivos y se torna negra en los individuos preservados. . Para el lago de Izabal se reportaron solamente dos especies, *Atherinella* sp. Y *Menidia* sp..

5.3.1 Ficha descriptiva por especie de la familia atherinidae:

5.3.2 *Atherinella* sp. (especie no descrita)*

***Atherinella* sp. (Greenfield y Thomerson 1997) *Atherinella* sp. (Liseth Pérez 2005)**

Nombre común: Belize silverside (Greenfield y Thomerson 1997). **Ejote** (Wer et al.2003).

Distribución: Desde Río Hondo en México hasta Río Dulce en Guatemala, incluyendo Belice y el Río Mopán en Melchor de Mencos, Guatemala (Greenfield y Thomerson 1997).

Tamaño: Se ha reportado una longitud estándar máxima de 9.48 cm (Greenfield y Thomerson 1997).

Alimentación: Se alimentan de plancton, principalmente cladóceros y algunos copépodos.

Estatus en Guatemala: Especie nativa y endémica regional de Guatemala a Belice.

5.4 Familia belonidae

El pez aguja posee un cuerpo delgado y alargado, sus mandíbulas son también alargadas y poseen dientes bastante filosos. Las aletas dorsal y anal se ubican bien atrás en el cuerpo. La línea lateral corre en la parte baja del cuerpo. Son depredadores de otros peces y usualmente se encuentran nadando en la superficie. Habitan tanto en aguas tropicales como en las marinas templadas, existen especies de agua dulce en Suramérica, India y en el sur de Asia. Esta familia posee nueve ó diez géneros y alrededor de 32

especies (Greenfield y Thomerson 1997). Solamente existe una especie reportada en el lago de Izabal para esta familia, por lo que no se incluye a continuación una clave dicotómica.

5.4.1 Ficha descriptiva por especie de la familia belonidae:

5.4.2 *Strongylura notata* (Poey)

***Strongylura notata* (Greenfield y Thomerson 1997)**

Nombre común: Redfin needlefish, agujón de aletas rojas, longjaw, southern needlefish, gar (Froese y Pauly 2004). **Chicote o silio** (Wer et al.2003).

Descriptor: *Belone notata*. Poey, F. Memorias 2:293.

Sinónimos: *Belone notata*, *Strongylura notata notata* (válido) (Froese y Pauly 2004).

Distribución: De Bermuda, Florida, y el sur de las Bahamas hasta Centroamérica (Greenfield y Thomerson 1997).

Tamaño: El Especimen con mayor longitud fue de 16.5 cm y longitud total máxima 61.0 cm (Greenfield y Thomerson 1997).

Alimentación: Se alimenta en su mayoría de peces, principalmente de la especie *Atherinomorus stipes*, (Greenfield y Thomerson 1997).

Estatus en Guatemala: nativa (Froese y Pauly 2004).

5.5 Familia carangidae

La familia de los jureles, posee 25 géneros y unas 140 especies, principalmente de los océanos

Atlántico, Índico y Pacífico, pero ocasionalmente entran en ambientes salobres o de agua dulce. La forma del cuerpo varía considerablemente,. Muchas de estas especies son importantes como alimento y en la pesca deportiva (Greenfield y Thomerson 1997).

5.5.1 Fichas descriptivas por especie de la familia carangidae:

5.5.2 *Caranx latus* (Agassiz)

Nombre común: Horse-eye jack, aracimbora, banbiane, black jack, cabali, carangue gros yeux, cojobeo, false jack, guaracema, **jurel**, jurel negrón, jurel ojón, ojo buey, ojo gordo (Froese y Pauly 2004).

Descriptor: *Caranx latus*. Agassiz, L. In Spix, J. B. von, and L. Agassiz. 1831 selecta genera et species piscium, 105.

Sinónimos: *Xurel lata*, *Caranx lepturus*, *C. fallax*, *C. richardi*, *Carangus aureus* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: Desde New Jersey hasta el Brasil, incluyendo el Golfo de México, las Bermudas (Greenfield y Thomerson 1997). Esta especie fue reportada en la Ensenada Verde, río los Espinos y pescadores en el lago de Izabal (Wer *et al.* 2003).

Tamaño: La longitud total máxima reportada es de 75.0 cm y el espécimen más grande colectado por Greenfield y Thomerson fue de 21.0 cm (longitud estándar) (Greenfield y Thomerson 1997).

Alimentación: Comen peces más pequeños así como camarones y cangrejos (Greenfield y Thomerson 1997).

Ecología: Esta especie es bastante conocida por sus hábitos de penetración en cuerpos de agua **Estatus en Guatemala:** especie nativa (Froese y Pauly 2004).

5.5.3 *Oligoplites saurus* (Bloch y Schneider)

Nombre común: Leatherjack, cacana, carangue plate, carpin, caspin, cuchillo, guaibira, kal, monda, palometa, perrito, runner, sierrita, tibirol, voladora, zapatero del mar, zapatero siete cueros (Froese y Pauly 2004). **Zapatera o policía** (Wer *et al.* 2003).

Descriptor: *Scomber saurus*. Bloch, M. E., and J. G. Schneider. 1801. Systema Ichthyologia, 321.

Sinónimos: *Scomber saurus*, *Oligoplites inornatus*, *O. Saurus inornatus* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: Presente tanto en los océanos Atlántico y en el este del Pacífico. En el Atlántico va desde Maine hasta Uruguay (Greenfield y Thomerson 1997).

Tamaño: El espécimen más grande colectado por Greenfield y Thomerson fue de 17.0 cm (longitud estándar) (Greenfield y Thomerson 1997).

Alimentación: En la Florida se ha encontrado que las especies asociadas a manglares se alimentan de camarones, copépodos y larvas de peces.

Estatus en Guatemala: nativa (Froese y Pauly 2004).

5.5.4 *Trachinotus falcatus* (Linnaeus)

Nombre común: Permit, pámpano, garabebel, cobbler, tambó, rombudo, pámpano, **palometa**, aribebéu (Froese y Pauly 2004).

Descriptor: *Labrus falcatus*. Linnaeus, C. 1758. Sys. Nat., Ed. 10:284

Sinónimos: *Labrus falcatus* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: Ha sido reportado en ambos lados del Atlántico. y la mayoría de las Antillas (Greenfield y Thomerson 1997). Esta especie fue reportada en Baldizán en el lago de Izabal (Wer *et al.* 2003).

Tamaño: Puede llegar a una longitud máxima de 114 cm, pero el capturado con mayor longitud estándar por Greenfield y Thomerson, fue de 5.13 cm (Greenfield y Thomerson 1997).

Alimentación: larvas misis, camarones, cangrejos, caracoles, y peces como anchoas y atherínidos. Larvas de anfípodos, insectos adultos y almejas coquinas (Greenfield y Thomerson 1997).

Importancia: Utilizado para consumo de su carne (Greenfield y Thomerson 1997).

5.6 Familia characidae

Los carácidos ocurren en aguas dulces de África y desde Texas hasta Suramérica. Son una de las pocas familias completamente de agua dulce en África y Suramérica. Esta distribución posiblemente refleja la conexión pasada entre estos dos continentes, separados hace más o menos 118 millones de años por la deriva continental. Posee alrededor de 166 géneros y unas 841 especies (Greenfield y Thomerson 1997). A continuación se presenta la clave dicotómica para la familia Characidae. Existe un total de cinco especies reportadas para el lago de Izabal. La especie *Brycon dentex* no fue incluida en la clave, debido a la falta de información morfológica de esta especie y debido a que no hay un individuo preservado de esta especie en las colecciones de peces de Guatemala.

5.6.1 Fichas descriptivas por especie de la familia characidae:

5.6.2 *Astyanax aeneus* (Günther)

Nombre común: Central tetra, billum (Greenfield y Thomerson 1997). **Sardina o pepesca** (Wer *et al.* 2003).

Descriptor: *Tetragonopterus aeneus*. Günther, A. 1860. Proceedings of the Zoological Society of London 28: 319.

Sinónimos: *Tetragonopterus aeneus* (Greenfield y Thomerson 1997). *Astyanax rutilus*, *T. rutilus*, *T. obscurus* (Funet 2004).

Distribución: Desde el Río Papaloapan en México hasta el sur de Centroamérica (Greenfield y Thomerson 1997).

Tamaño: El individuo más grande colectado por Greenfield y Thomerson, en Belice, tuvo una longitud estándar de 7.5 cm,

Alimentación: Los juveniles se alimentan de insectos, mientras que los adultos se alimentan más de material vegetal (flores, semillas, algas filamentosas) (Greenfield y Thomerson 1997).

Importancia: Es importante también en el hobby de acuarios (Greenfield y Thomerson 1997).

Estatus en Guatemala: Especie nativa y endémica regional de México al sur de Centroamérica (Froese y Pauly 2004).

5.6.3 *Brycon guatemalensis* (Regan)

Nombre común: **Machaca**, macabil, sabalote (Froese y Pauly 2004).

Descriptor: *Brycon guatemalensis*. Regan, C. T. 1908. Pisces. Biol. Cent.- Amer. i-xxxii, 161 203

Distribución: Desde el Atlántico de México hasta el Río Grijalva, sureste de Panamá (Greenfield y Thomerson 1997).

Alimentación: Bussing (1987) reportó que los juveniles se alimentan de insectos mientras que los individuos adultos son herbívoros.

Importancia: Es un excelente pez para la pesca deportiva por sus intentos de escapar rápido al engancharlo con la caña. No es una especie potencial para la alimentación ya que su carne es de pobre calidad (Greenfield y Thomerson 1997).

Estatus en Guatemala: Especie nativa y endémica regional de México hasta Panamá (Froese y Pauly 2004).

5.6.4 *Hyphessobrycon compressus* (Meek)

Nombre común: Tetra maya, billum (Froese y Pauly 2004). **Sardina, pepesca** (Baldizón 2004).

Descriptor: *Hemigrammus compressus*. Meek, S. E. 1904. Field Columbian Museum Zoological Series, 5:87-88

Sinónimos: *Hemigrammus compressus* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: Desde el Río Papaloapan en área del Atlántico en México hasta el Río Polochic en Guatemala. (Greenfield y Thomerson 1997).

Tamaño: El individuo más grande colectado por Greenfield y Thomerson, en Belice, tuvo una longitud estándar de 4.0 cm (Greenfield y Thomerson 1997).

Importancia: Es importante la exportación de estos especímenes vivos (Froese y Pauly 2004).

Estatus en Guatemala: Especie nativa y endémica regional de México al Río Polochic, Froese y Pauly 2004).

5.7 Familia cichlidae

Los cíclidos son peces con espinas y rayos en sus aletas, bastante comunes en varios países. La línea lateral es interrumpida, formando dos partes, la anterior y la posterior. Poseen un nostrilo notable a cada lado de la cara. Poseen una única aleta dorsal, compuesta de 11 a 20 espinas y de siete a 14 rayos suaves, la aleta anal posee de cuatro a 11 espinas y de seis a 10 rayos suaves. Esta familia posee cerca de 700 especies, distribuidas de Texas a Suramérica, y de África a las costas de la India. A pesar que esta familia es generalmente de agua dulce, existen varias especies que poseen tolerancia a la salinidad. La especie *Cichlasoma urophthalmus* se ha observado desovando en pastos marinos, en Belice. En localidades continentales, estos peces se encuentran en una variedad de ambientes, como lagunas, ríos, lagos y estanques en sabanas. Se alimentan de invertebrados o material vegetal. Muchos de los cíclidos son utilizados como peces de acuario así como para la acuicultura, pero desafortunadamente se utilizan especies introducidas y no nativas (Greenfield y Thomerson 1997).

5.7.1 Fichas descriptivas por especies de la familia cichlidae:

5.7.2 *Amphilopus robertsoni* (Regan)

Nombre común: False firemouth cichlid, emerald cichlid, klanki, machaca, **mojarra**, tepemechine (Froese y Pauly 2004).

Descriptor: *Cichlasoma robertsoni*. Regan, C. T. 1905. Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 7, 16: 239.

Sinónimos: *Amphilophus robertsoni* (válido), *Cichlosoma robertsoni*, *Cichlasoma acutum* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: Desde el Río Coatzacoalco, Veracruz, México por Belice hasta el este de Tela en Honduras (Greenfield y Thomerson 1997).

Tamaño: Esta especie alcanza una longitud estándar máxima de 15.5 cm (Greenfield y Thomerson 1997).

Alimentación: Se han observado cerniendo los fondos lodosos y arenosos (Greenfield y Thomerson 1997).

Estatus en Guatemala: Especie nativa y endémica regional de México hasta Honduras (y Pauly 2004).

5.7.3 *Archocentrus spinosissimus* (Vaillant y Pellegrin)

Nombre común: Se desconoce el nombre común para Guatemala.

Descriptor: Vaillant, L. L. and Pellegrin, J. 1902. Cichlidés nouveaux de l'Amérique Centrale. Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. 84-88.

Sinónimos: *Heros spinosissimus*, *Cichlasoma spinosissimus*, *C. immaculatum*, *C. spinosissimum immaculata* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: Especie endémica del lago de Izabal en Guatemala (Froese y Pauly 2004). Esta especie fue reportada en el río Zarquito, entrada del río Oscuro, estación Selempín y río Machacas en el lago de Izabal (Wer *et al.* 2003).

Tamaño: La longitud estándar máxima reportada en un macho es de 11 cm (Froese y Pauly 2004).

Importancia: Con importancia comercial para acuaristas (Froese y Pauly 2004).

Estatus en Guatemala: Especie endémica para el lago de Izabal (Froese y Pauly 2004).

5.7.4 *Vieja maculicauda* (Regan)

Nombre común: Blackbelt cichlid, boca colorada, machaca, maculicauda, palometa, pis pis, vieja, getupfter buntbarsch, schwarzgürtelbuntbarsch (Froese y Pauly 2004).

Chombimba (Wer *et al.* 2003).

Descriptor: *Cichlasoma maculicauda*. Regan,

Sinónimos: *Theraps maculicauda*, *Cichlasoma maculicauda*, *Cichlasoma maculicaudum*, *Cichlasoma globosum*, *C. manana*, *C. nigratum*, *Vieja panamensis* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: Desde el río Chagres en Panamá hasta Belice (Greenfield y Thomerson 1997). En Guatemala se presente en el lago de Izabal y río Sarstún (Froese y Pauly 2004).

Tamaño: El individuo más grande colectado por Greenfield y Thomerson, tuvo una longitud estándar de 19.0 cm,

Alimentación: Es una especie oportunista cuando se refiere a su alimentación. Principalmente es vegetariana, come material vegetal, flores, detritus, insectos, caracoles, y ocasionalmente peces de menor tamaño (Greenfield y Thomerson 1997).

Importancia: Candidatas para la acuicultura en Belice. También es muy popular para los acuaristas que poseen cíclidos grandes en sus peceras (Greenfield y Thomerson 1997).

Estatus en Guatemala: Especie nativa y endémica regional de Guatemala a Panamá (y Pauly 2004).

5.7.5 *Vieja godmani* (Günther)

Nombre común: Southern checkmark cichlid, godman cichlide (Froese y Pauly 2004).

Mojarra correntera (Wer *et al.* 2003).

Descriptor: *Heros godmani*. Günther, A. 1862. Cat. Fish. 4:296.

Sinónimos: *Cichlasoma godmani*, *Vieja godmani* (válido), *Heros godmani*, *Chuco godmani* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: El Atlántico de Guatemala (incluyendo Río Polochic, lago de Izabal y el Sulphur River cerca de Puerto Barrios) y sur de Belice (Greenfield y Thomerson 1997).

Tamaño: La longitud estándar máxima de un pez colectado (Greenfield y Thomerson 1997).

Alimentación: Es una especie omnívora, también se han encontrado nemátodos en estudios estomacales (Greenfield y Thomerson 1997).

Estatus en Guatemala: Especie nativa y endémica regional del Polochic, Guatemala a Froese y Pauly 2004).

5.7.5 *Cichlasoma urophthalmus* (Günther)

Nombre común: Castarrica, halepletcichlide, mayan cichild, mexican mojarra, orangen tiger, schwarzfleckbuntbarsch (Froese y Pauly 2004). **Bul** (Baldizón 2004).

Descriptor: *Heros urophthalmus*. Günther, A. 1862. Cat. Fish. 4: 291.

Sinónimos: *Heros urophthalmus*, *Cichlasoma urophtalmus*, *Herichthys urophthalmus*, *Parapetenia urophthalma*, *Astronotus urophthalmus*, *Cichlasoma urophthalmus trispilum* (Froese y Pauly 2004).

Distribución: Desde el Río Coatzacoalcos, México, hasta Nicaragua, pasando por Belice (Greenfield y Thomerson 1997).

Tamaño: Esta especie alcanza una longitud estándar máxima de 20.0 cm, pero la especie capturada más grande fue de los 18.0 cm (Greenfield y Thomerson 1997).

Alimentación: Camarones y peces principalmente (Greenfield y Thomerson 1997).

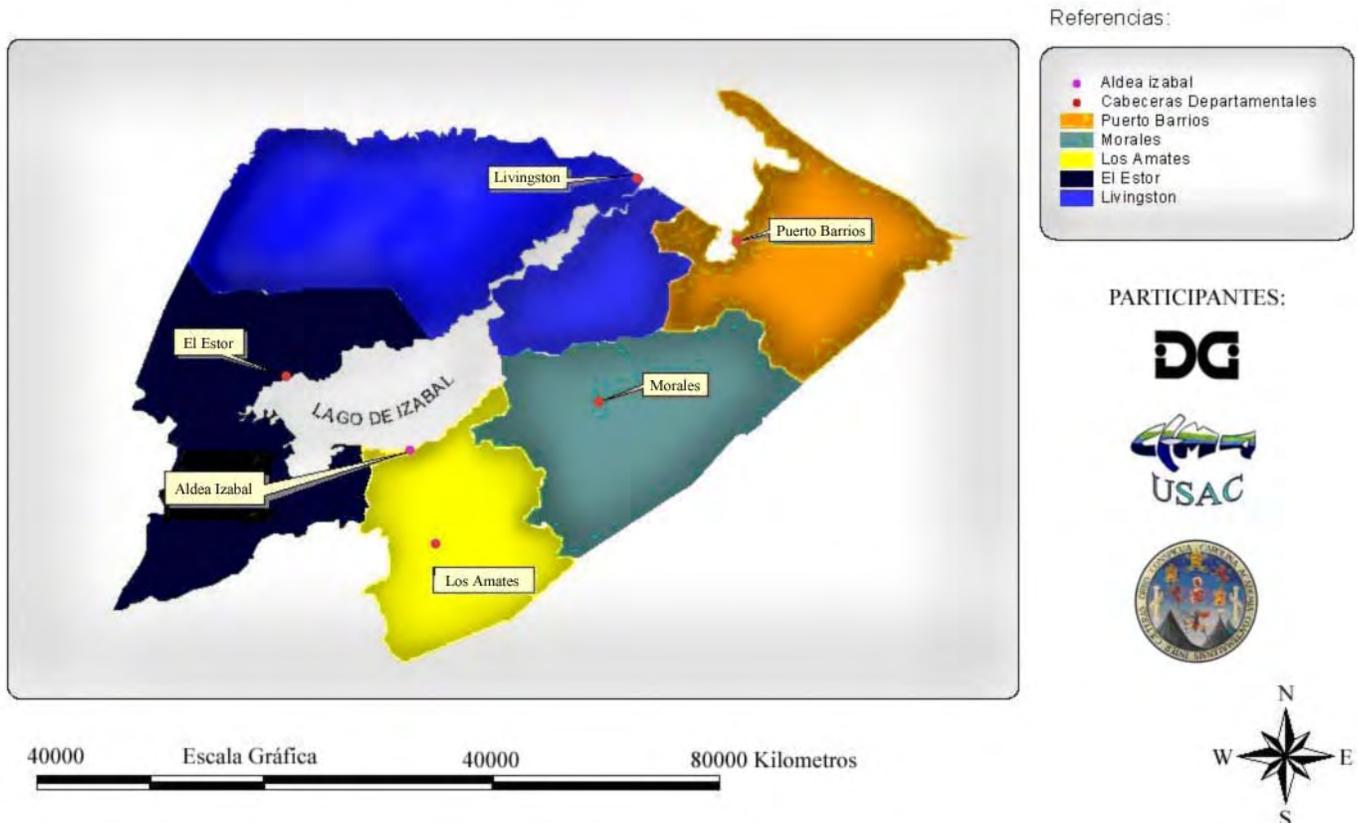
Importancia: Con importancia comercialmente, en la acuicultura, pesca deportiva y en los acuarios (Froese y Pauly 2004).

Estatus en Guatemala: Especie nativa y especie endémica de México a Nicaragua (Froese y Pauly 2004).

6. Metodología:

El proyecto se realizó en el lago de Izabal del departamento de Izabal:

Ubicación del proyecto "Determinación de linfocitos T, B y Células naturales Killer en especies de peces nativas del lago de Izabal"



Para que las muestras fueran representativas se realizaron las capturas y la extracción de sangre en tres épocas distintas para observar la variabilidad dependiendo las tres épocas de año (seca, transición y lluviosa) Se conoce que por los cambios climáticos los organismos acuáticos varían sus hábitos alimenticios por la presencia o ausencia de ellos. El comportamiento de los organismos hidrobiológicos también es modificado por los cambios climáticos por ejemplo: foto-periodos más largos, calor, cuerpos de agua más productivos, migración de especies y época de desoves.

La captura de los organismos se realizó por medio de artes de pesca nasas, anzuelos o trasmallos, recibiendo apoyo por parte del personal de campo (pescador artesanal).

6.1 Variables e indicadores

Los parámetros evaluados fueron talla y peso, con un control profiláctico exhaustivo. Las capturas se realizaron durante la época seca, de transición y lluviosa. Esto significa que en cada época se efectuó análisis a cada una de las especies obteniendo 3 resultados al año por cada una.

VARIABLES	INDICADORES	VALORACION
Potencial inmunológico	Linfocitos T, B y de ser posible células natural Killer.	Numérico

6.2 Punción y extracción de la muestra

- Captura del ejemplar
- Colocación de los operadores de guantes estériles (el médico supervisó su uso adecuado y correcto).
- El área de punción para la extracción de sangre fue directamente en el corazón para organismos con un peso menor de 400 gramos y en la vena aorta (debajo de la línea lateral del pez), para peces con peso mayor de los 400 gramos.
- Desinfección del punto de punción (alcohol etílico al concentración 90%)
- Se puncionó hasta que la solución aplicada estuviera completamente seca
- La toma de la muestra de sangre y su punción se realizó por debajo de las aletas pectorales, consideradas la parte que más irrigación sanguínea presentan en los peces.
- Se extrajo 0.5-1 ml de sangre sin anticoagulante.
- La sangre extraída se vació en el tubo y tapándolo con todo cuidado (el médico fue el encargado de esta fase).
- Al finalizar la extracción de sangre, se comprimió el punto de punción con una torunda de gasa estéril, hasta que dejara de salir sangre.
- En algunos caso la maniobra anterior no funcionó y continuó el sangrado se colocaron puntos de sutura (por el médico) utilizando catgut crómico 000.
- Una vez terminada la hemorragia y verificado el estado de salud del pez, se devolvió a su hábitat natural (los organismos menores de 400 gr. Fueron sacrificados).
- Tras la extracción de sangre no se dejó sangre en la cavidad del tapón y se evitó entrar en contacto directo con la sangre al manipular los tubos.

6.3 Información de las etiquetas

- Fecha de caducidad
- Número de artículo y especie

6.4 Identificación de las muestras

- Se rellenó correctamente, completo y de forma legible el formulario de petición de análisis.
- Se proporcionó al laboratorio la mayor información posible: especie, tamaño, edad (aproximada), sexo, hora y día de la toma de la muestra y otros datos relevantes por ejemplo el estado de salud de los peces.
- Se marcó claramente en todas las muestras a que especie pertenece de forma clara y legible.

6.5 Envío de las muestras

- Luego de extraer la sangre y colocarla en los tubos de ensayo se transportaron en contenedores aislados o en gradillas con la cantidad suficiente de hielo para que las muestras se mantuvieran frescas durante su transporte al laboratorio.
- El transporte se realizó por medio de hieleras de duropor.
- Se evitó la congelación, pero al momento de la recepción aún se mantenían con hielo.
- Las muestras tomadas se trasladaron al laboratorio antes que transcurrieran 72 horas desde la obtención de la muestra.

6.6 Plan de trabajo

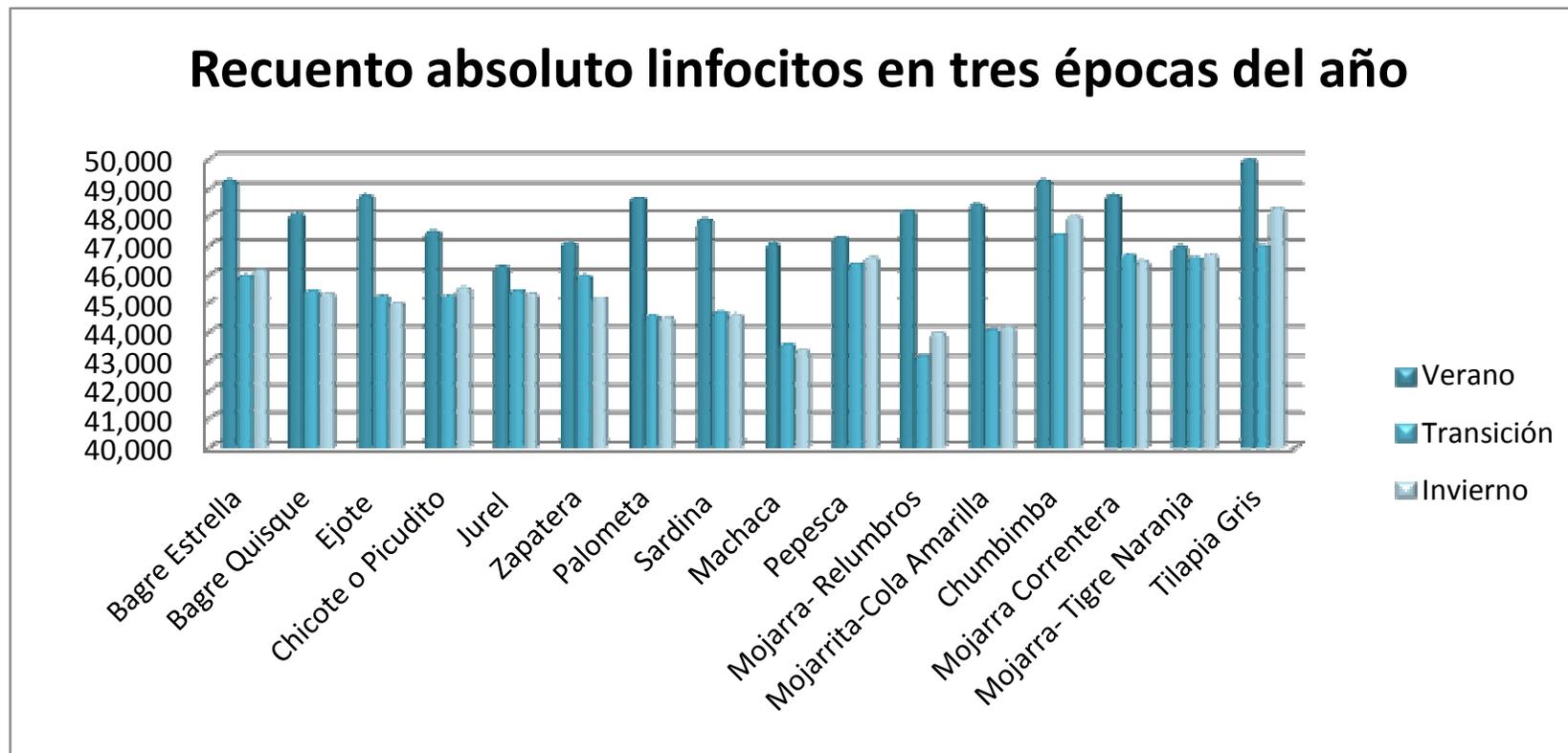
No.	Actividad	Año 2008, Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
01	Contratación de personal.	X	X										
02	Cotilización de elementos y compuestos químicos.		X										
03	Compra de elementos y compuestos químicos.		X										
04	Solicitud de equipo y materiales para trabajos de campo a CEMA.		X										
05	Trabajos de campo.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
06	Traslado de muestras de Izabal a Laboratorio en la capital.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
07	Análisis de laboratorio.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
08	Trabajo de gabinete.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
09	Análisis estadístico.				X			X			X		
10	Preparación y presentación de informes mensuales		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	Preparación y presentación de informes trimestrales				X			X			X		
11	Preparación y presentación de informes de avance		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	Presentación de informe final												X

7. Resultados

Tabla No.1

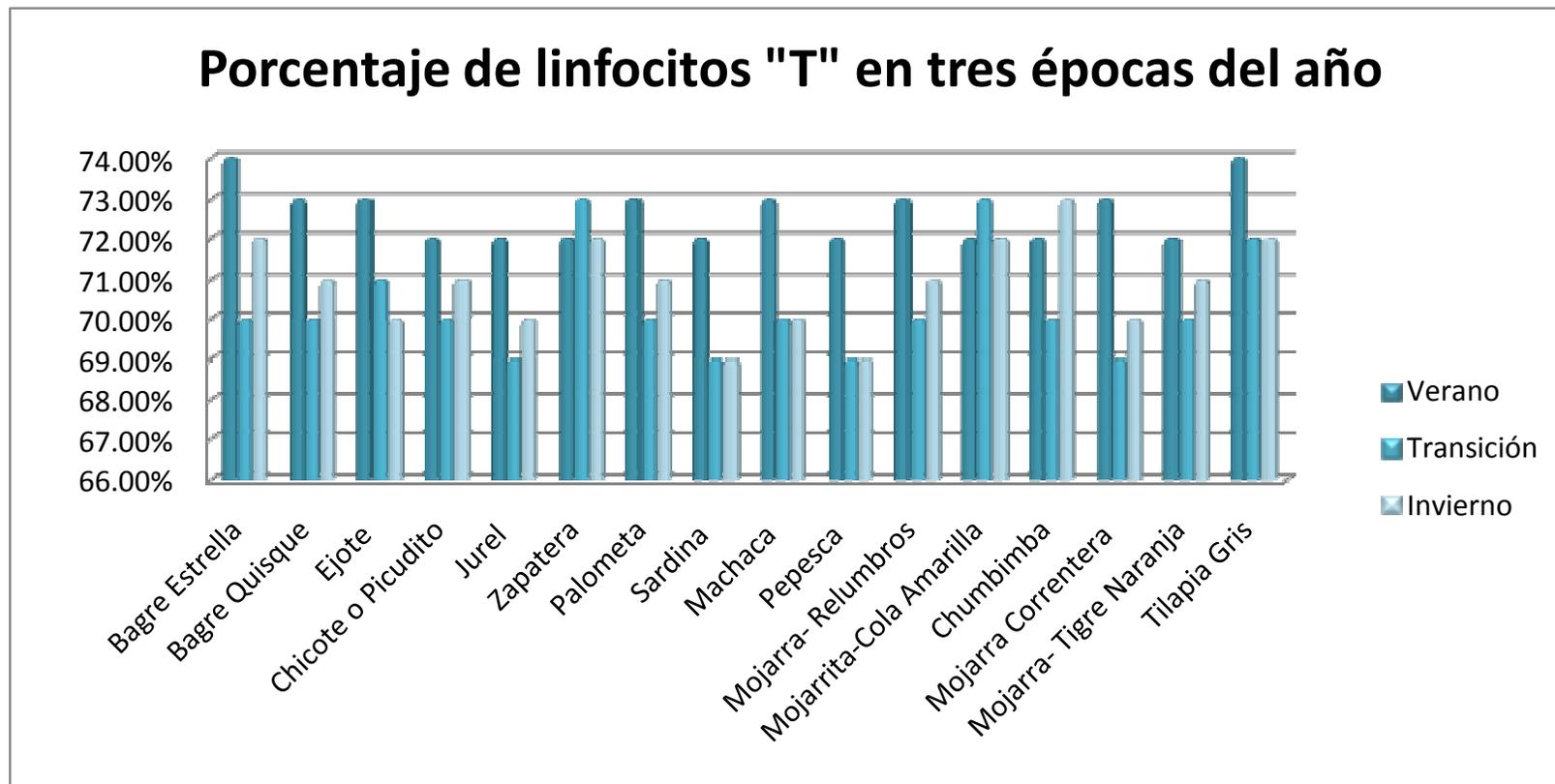
Familia	Especie	Nombre común	R.A: Linfocitos/mm ³			"T" en %			"B" en %			N. Killer en %			Peso gramos		
			Verano	Transición	Invierno	Verano	Transición	Invierno	Verano	Transición	Invierno	Verano	Transición	Invierno	Verano	Transición	Invierno
Familia ariidae	Cathorops aguadulce	Bagre Estrella	49,300	46,000	46,200	74	70	72	16	17	18	10	13	10	525	496	325
	Potamarius izabalensis	Bagre Quisque	48,100	45,500	45,400	73	70	71	16	16	17	11	14	12	71	65	39
Familia atherinidae	Atherinella sp.	Ejote	48,800	45,300	45,000	73	71	70	17	17	17	10	12	13	145	125	89
Familia belonidae	Strongylura notata	Chicote o Picudito	47,500	45,300	45,600	72	70	71	16	18	17	12	12	12	120	80	61
Familia carangidae	Caranx latius	Jurel	46,300	45,500	45,400	72	69	70	17	17	16	11	14	14	300	250	176
	Oligoplites saurus	Zapatera	47,100	46,000	45,200	72	73	72	13	15	18	15	12	10	220	195	105
	Trachinotus falcatus	Palometa	48,700	44,600	44,500	73	70	71	16	17	17	11	13	12	470	410	267
Familia characidae	Astyanax aeneus	Sardina	47,900	44,700	44,600	72	69	69	19	16	16	9	15	15	33	50	24
	Brycon guatemalensis	Machaca	47,100	43,600	43,400	73	70	70	16	17	17	11	13	13	250	280	171
	Hyphessobrycon compressus	Pepesca	47,300	46,400	46,600	72	69	69	17	17	17	11	14	14	64	42	38
Familia cichlidae	Amphilopus robertsoni	Mojarra- Relumbros	48,200	43,200	44,000	73	70	71	17	17	18	10	13	11	297	240	213
	Archocentrus spinosissimus	Mojarrita-Cola Amarilla	48,400	44,100	44,200	72	73	72	17	15	16	11	12	12	145	120	94
	Vieja maculicauda	Chumbimba	49,300	47,400	48,000	72	70	73	16	16	18	12	14	9	315	305	311
	Vieja godmani	Mojarra Correntera	48,800	46,700	46,500	73	69	70	17	16	17	10	15	13	280	297	190
	Cichlasoma urophthalmus	Mojarra- Tigre Naranja	47,000	46,600	46,700	72	70	71	16	16	16	12	14	13	205	197	155
	Oreochromis nilotica	Tilapia Gris	50,000	47,000	48,300	74	72	72	16	17	18	10	11	10	340	362	248

Figura No. 1



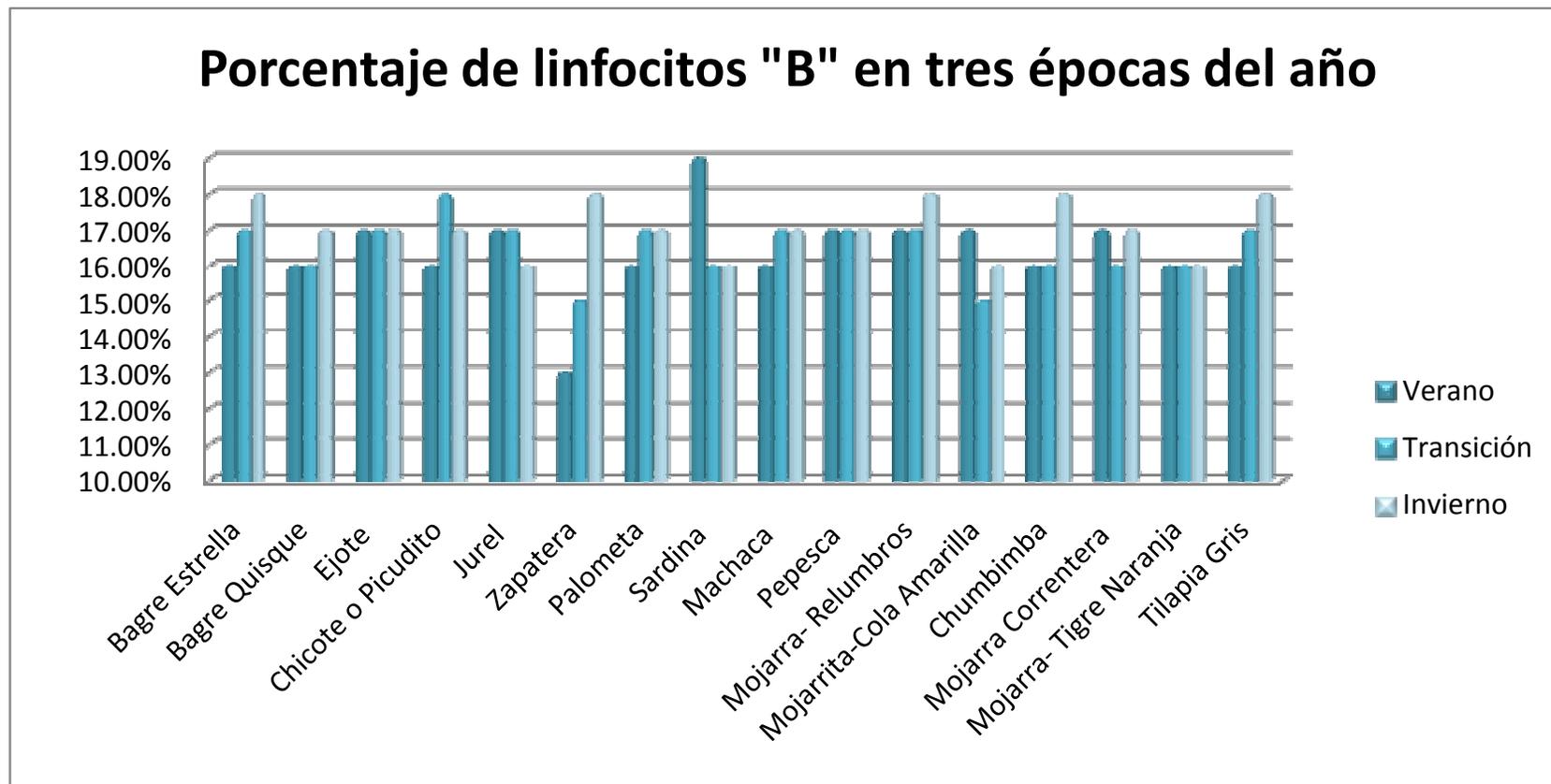
Ver tabla No. 2

Figura No. 2



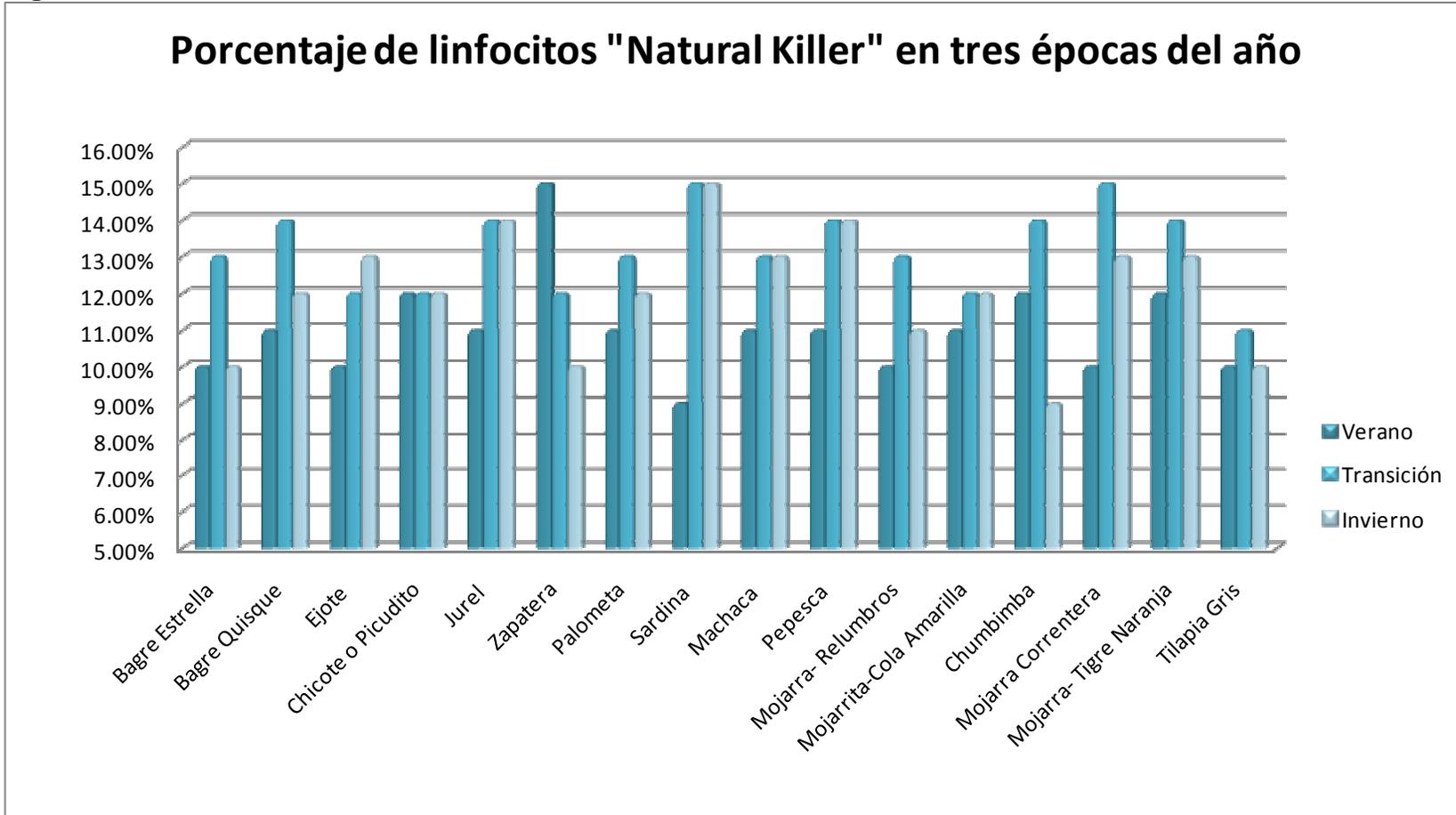
Ver tabla No. 3

Figura No. 3



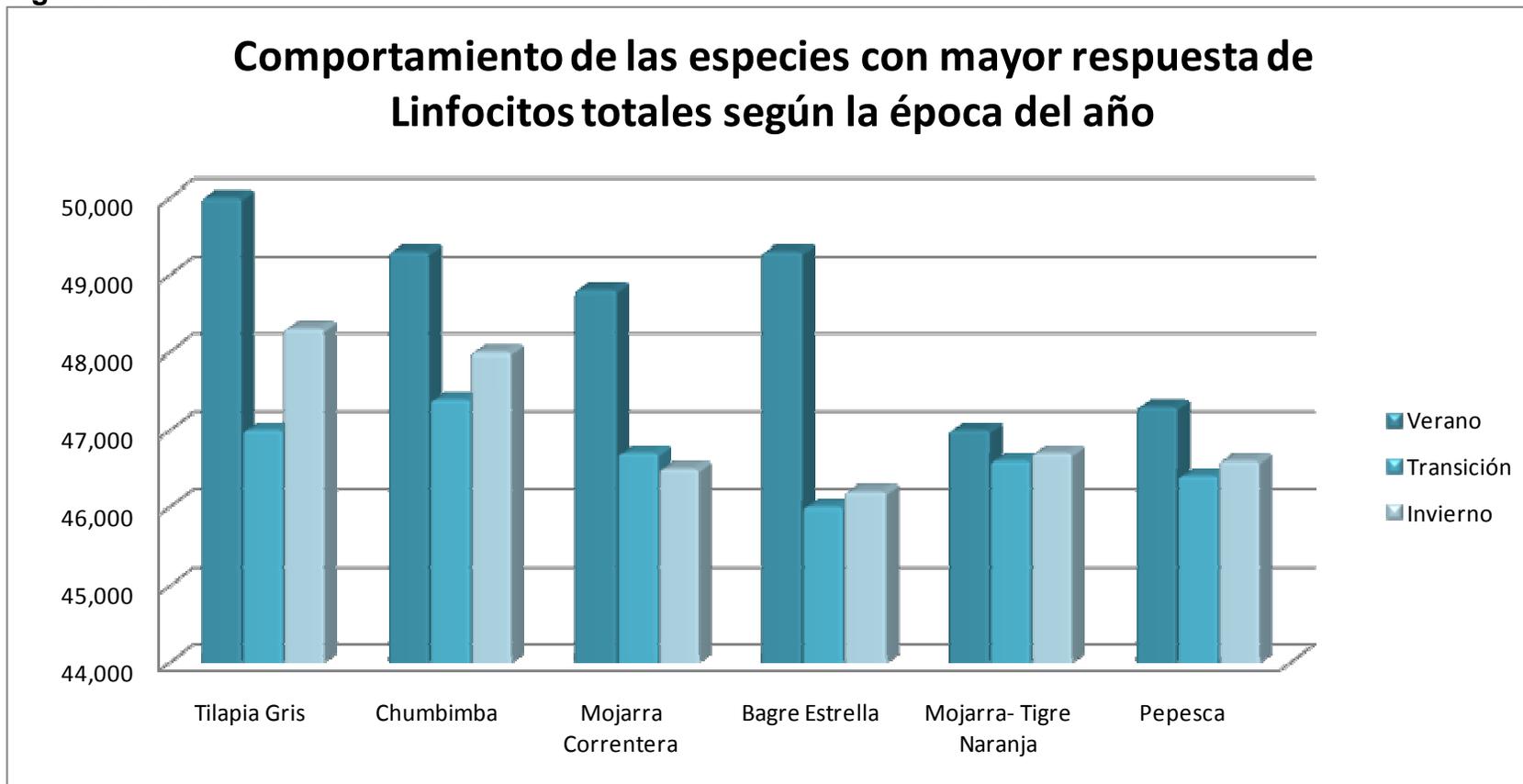
Ver tabla No. 4

Figura No. 4



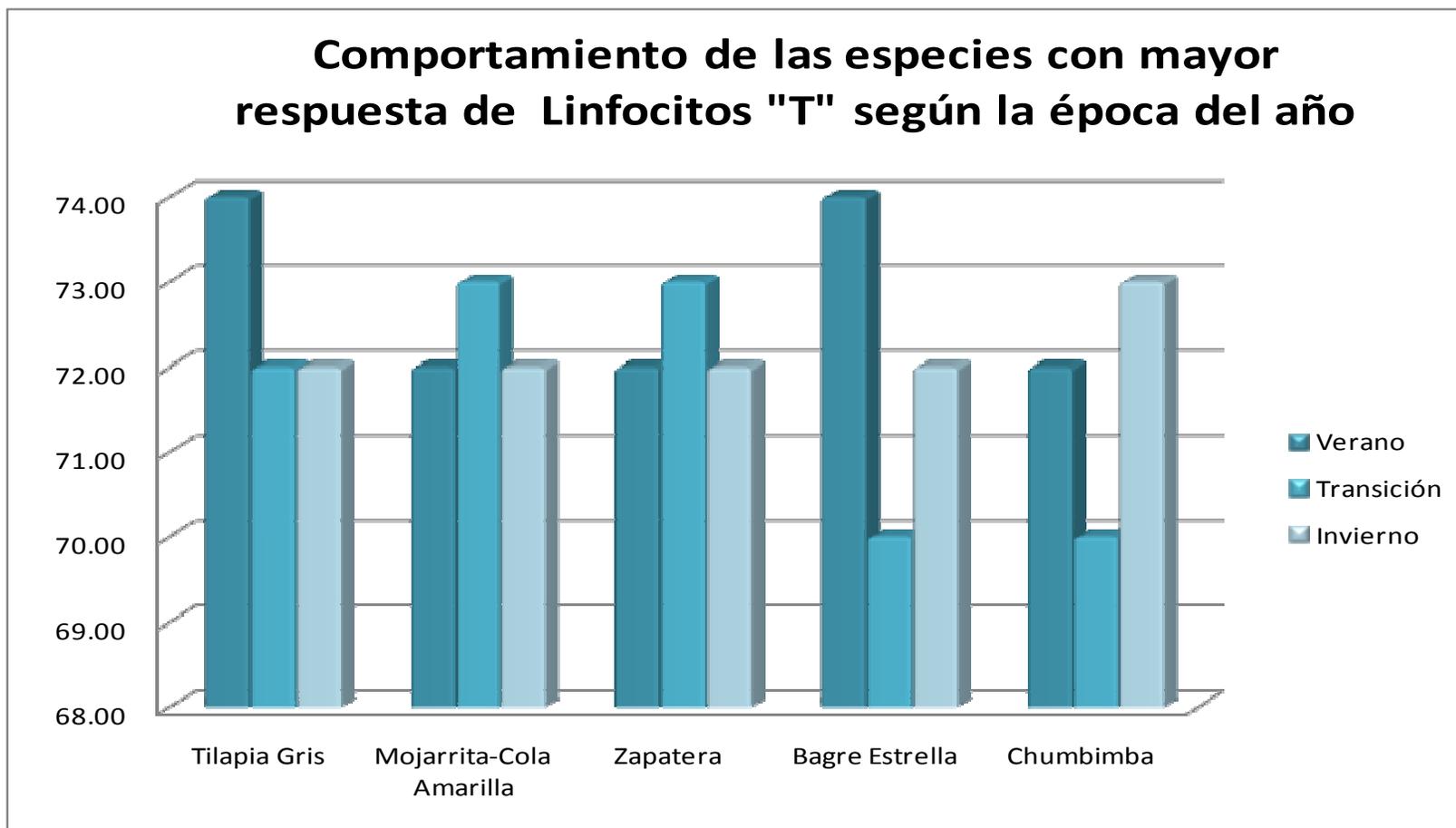
Ver tabla No. 5

Figura No. 5



Ver tabla No. 6

Figura No. 6



Ver tabla No. 7

Tabla No. 2

Familia	Especie	Nombre común	R.A: Linfocitos/mm ³		
			Verano	Transición	Invierno
Familia ariidae	Cathorops aguadulce	Bagre Estrella	49,300	46,000	46,200
	Potamarius izabalensis	Bagre Quisque	48,100	45,500	45,400
Familia atherinidae	Atherinella sp.	Ejote	48,800	45,300	45,000
Familia belonidae	Strongylura notata	Chicote o Picudito	47,500	45,300	45,600
Familia carangidae	Caranx latus	Jurel	46,300	45,500	45,400
	Oligoplites saurus	Zapatera	47,100	46,000	45,200
	Trachinotus falcatus	Palometa	48,700	44,600	44,500
Familia characidae	Astyanax aeneus	Sardina	47,900	44,700	44,600
	Brycon guatemalensis	Machaca	47,100	43,600	43,400
	Hyphessobrycon compressus	Pepesca	47,300	46,400	46,600
Familia cichlidae	Amphilopus robertsoni	Mojarra- Relumbros	48,200	43,200	44,000
	Archocentrus spinosissimus	Mojarrita-Cola Amarilla	48,400	44,100	44,200
	Vieja maculicauda	Chumbimba	49,300	47,400	48,000
	Vieja godmani	Mojarra Correntera	48,800	46,700	46,500
	Cichlasoma urophthalmus	Mojarra- Tigre Naranja	47,000	46,600	46,700
	Oreochromis nilotica	Tilapia Gris	50,000	47,000	48,300

Tabla No. 3

Familia	Especie	Nombre común	"T" en %		
			Verano	Transición	Invierno
Familia ariidae	Cathorops aguadulce	Bagre Estrella	74	70	72
	Potamarius izabalensis	Bagre Quisque	73	70	71
Familia atherinidae	Atherinella sp.	Ejote	73	71	70
Familia belonidae	Strongylura notata	Chicote o Picudito	72	70	71
Familia carangidae	Caranx latus	Jurel	72	69	70
	Oligoplites saurus	Zapatera	72	73	72
	Trachinotus falcatus	Palometa	73	70	71
Familia characidae	Astyanax aeneus	Sardina	72	69	69
	Brycon guatemalensis	Machaca	73	70	70
	Hyphessobrycon compressus	Pepesca	72	69	69
Familia cichlidae	Amphilopus robertsoni	Mojarra- Relumbros	73	70	71
	Archocentrus spinosissimus	Mojarrita-Cola Amarilla	72	73	72
	Vieja maculicauda	Chumbimba	72	70	73
	Vieja godmani	Mojarra Correntera	73	69	70
	Cichlasoma urophthalmus	Mojarra- Tigre Naranja	72	70	71
	Oreochromis nilotica	Tilapia Gris	74	72	72

Tabla No. 4

Familia	Especie	Nombre común	"B" en %		
			Verano	Transición	Invierno
Familia ariidae	Cathorops aguadulce	Bagre Estrella	16	17	18
	Potamarius izabalensis	Bagre Quisque	16	16	17
Familia atherinidae	Atherinella sp.	Ejote	17	17	17
Familia belonidae	Strongylura notata	Chicote o Picudito	16	18	17
Familia carangidae	Caranx latus	Jurel	17	17	16
	Oligoplites saurus	Zapatera	13	15	18
	Trachinotus falcatus	Palometa	16	17	17
Familia characidae	Astyanax aeneus	Sardina	19	16	16
	Brycon guatemalensis	Machaca	16	17	17
	Hyphessobrycon compressus	Pepesca	17	17	17
Familia cichlidae	Amphilopus robertsoni	Mojarra- Relumbros	17	17	18
	Archocentrus spinosissimus	Mojarrita-Cola Amarilla	17	15	16
	Vieja maculicauda	Chumbimba	16	16	18
	Vieja godmani	Mojarra Correntera	17	16	17
	Cichlasoma urophthalmus	Mojarra- Tigre Naranja	16	16	16
	Oreochromis nilotica	Tilapia Gris	16	17	18

Tabla No. 5

Familia	Especie	Nombre común	N. Killer en %		
			Verano	Transición	Invierno
Familia ariidae	Cathorops aguadulce	Bagre Estrella	10	13	10
	Potamarius izabalensis	Bagre Quisque	11	14	12
Familia atherinidae	Atherinella sp.	Ejote	10	12	13
Familia belonidae	Strongylura notata	Chicote o Picudito	12	12	12
Familia carangidae	Caranx latus	Jurel	11	14	14
	Oligoplites saurus	Zapatera	15	12	10
	Trachinotus falcatus	Palometa	11	13	12
Familia characidae	Astyanax aeneus	Sardina	9	15	15
	Brycon guatemalensis	Machaca	11	13	13
	Hyphessobrycon compressus	Pepesca	11	14	14
Familia cichlidae	Amphilopus robertsoni	Mojarra- Relumbros	10	13	11
	Archocentrus spinosissimus	Mojarrita-Cola Amarilla	11	12	12
	Vieja maculicauda	Chumbimba	12	14	9
	Vieja godmani	Mojarra Correntera	10	15	13
	Cichlasoma urophthalmus	Mojarra- Tigre Naranja	12	14	13
	Oreochromis nilotica	Tilapia Gris	10	11	10

Tabla No. 6

Familia	Especie	Nombre común	R.A: Linfocitos/mm ³			
			Verano	Transición	Invierno	
Familia cichlidae	Oreochromis nilótica	Tilapia Gris	50,000	47,000	48,300	1
Familia cichlidae	Vieja maculicauda	Chumbimba	49,300	47,400	48,000	2
Familia cichlidae	Vieja godmani	Mojarra Correntera	48,800	46,700	46,500	3
Familia ariidae	Cathorops aguadulce	Bagre Estrella	49,300	46,000	46,200	4
Familia cichlidae	Cichlasoma urophthalmus	Mojarra- Tigre Naranja	47,000	46,600	46,700	5
Familia characidae	Hyphessobrycon compressus	Pepesca	47,300	46,400	46,600	6

Tabla No. 7

Familia	Especie	Nombre común	"T" en %		
			Verano	Transición	Invierno
Familia cichlidae	Oreochromis nilotica	Tilapia Gris	74	72	72
Familia cichlidae	Archocentrus spinosissimus	Mojarrita-Cola Amarilla	72	73	72
Familia carangidae	Oligoplites saurus	Zapatera	72	73	72
Familia ariidae	Cathorops aguadulce	Bagre Estrella	74	70	72
Familia cichlidae	Vieja maculicauda	Chumbimba	72	70	73

8. Discusión de resultados

Los resultados y su correspondiente discusión se basan en los objetivos propuestos en el proyecto de investigación, esto es: Determinar el sistema inmunológico adquirido en especies piscícolas endémicas del lago de Izabal y la tilapia, y de esta forma iniciar su potencial utilización en un futuro para producir vacunas tanto a nivel acuícola como en humanos, con propósitos preventivos y terapéuticos, establecer que sistema inmunológico adquirido de estas especies tiene mas potencial para producir estas vacunas entre las dieciséis especies piscícolas endémicas e introducidas (tilapia) que habitan en el lago de Izabal, y determinación por medio de Citometría de Flujo, que especies acuícola de agua dulce presentan el mejor sistema inmunológico adquirido: Mediante análisis sanguíneo de la subpoblacion de linfocitos T, B y naturales Killer.

Mediante este análisis obtuvimos datos valiosos no solo sobre los objetivos mencionados sino además de información importante, tanto a nivel acuícola y humano. La primera fue determinar que el sistema inmunológico adquirido, es decir linfocitos T, linfocitos B y linfocitos Natural Killer que están presentes en los humanos, también se encuentran en las especies estudiadas. La importancia de la presencia de linfocitos T en estas especies es por que estos son considerados factores de transferencia que se utilizan para mejorar el sistema de defensa en seres humanos en el tratamiento de distintas enfermedades. (Wapedia-WIKI, 2008) (Muro, 2006)

En la tabla No.1, se puede observar la distribución de las diez y seis especies estudiadas, por familia, especie y nombre común, el recuento absoluto de linfocitos / mm³ y el porcentaje de linfocitos T, B y Naturales Killer, en las tres épocas del año investigadas (verano, de transición e invierno). La tabla No.1, es representada en forma panorámica en la figura No.1, observándose una tendencia a un predominio de 5 especies: chumbimba, mojarrita correntera, mojarra tigre naranja, tilapia gris y bagre estrella, de poseer un recuento absoluto / mm³ mas alto de linfocitos, y un porcentaje mayor en linfocitos T, B y Naturales Killer, en comparación con las restantes 11 especies investigadas. Es notable observar además que es en la época de verano en donde ocurre mayor recuento absoluto / mm³ en todas las especies estudiadas, fenómeno que coincide con las temperaturas mas altas de la época y la presencia en su entorno de mayor actividad humana, por cuestiones de pesca en condiciones de menor riesgo. La temperatura eleva el metabolismos de las especies, la actividad humana produce estrés y ambas situaciones que no sean extremas predisponen a elevar el metabolismo y por ende el numero de linfocitos, no solo en especies acuícolas, sino también en vertebrados superiores incluyendo al hombre. (Cortéz, 2008)

En la tabla No. 2, se clasifica por familia, especie y nombre común las diez y seis especies del estudio, con un recuento de los linfocitos / mm³, durante la época de verano, de transición e invierno. Se visualiza que es en la época de verano en donde se produjo mayor elevación de linfocitos, siendo la tilapia gris, bagre estrella, ejote, majarra correntera y palometa, las especies quienes presentan mayor recuento absoluto / mm³, de linfocitos. Llama la atención que de estas 5 especies, 3 pertenecen

a la familia de los Cíclidos quienes durante su ciclo evolutivo han tenido gran éxito a pesar de ser un grupo de reciente aparición, pero con una gran adaptación en diversos ambientes. (Wikipedia, 2009)

La figura No.2 proyecta el porcentaje de linfocitos T en las diez y seis especies investigadas, haciendo una comparación entre las 3 épocas del año (verano, de transición e invierno). Los linfocitos T predominan en la tilapia gris, bagre estrella y bagre quisque con un 74 %. La mojarra correntera y la mojarra relumbros con un 73 %. Es importante analizar dos aspectos, el primero que de estas 5 especies, 3 de ellas la tilapia, mojarra correntera y la mojarra relumbros pertenecen a la familia de los Cíclidos, quienes a parte de lo mencionado en el análisis de la tabla No. 3, pueden vivir incluso en ríos de aguas blandas, aguas dulces con elevada mineralización, aguas negras, acidas, duras incluso en aguas salobres, siendo esta familia muy importante en cuanto a capacidad de sobre vivir en un ambiente inhóspito, y la tilapia representa su referente mas promisorio. (Wikipedia, 2009)

El otro aspecto que llama la atención es el porcentaje alto de linfocitos T en la chumbimba durante el invierno (73 %). Época en que la temperatura por lo general desciende y la presencia de contaminantes que arrastran las aguas que se precipitan en áreas aledañas y que después son descargadas en el lago de Izabal. En el caso de los descensos de la temperatura producen un metabolismo lento en las especies hidrobiológicas. Esto hace pensar que la chumbimba es una especie resistente a medios poco apropiados y que pueden causar daño a otras especies con un sistema inmunológico menos potente; en forma coincidente la chumbimba también pertenece a la familia de los Cíclidos. (Wikipedia, 2009) (Cortez, 2008)

En la tabla No. 3, representa a la totalidad de las diez y seis especies investigadas y el porcentaje de linfocitos T y su relación a la época de verano, de transición y de invierno.

Los datos de esta tabla nutren a la figura No. 2. Es importante mencionar que el porcentaje de linfocitos T en los seres humanos es de 70-75 %, datos que coinciden con los porcentajes encontrados en las diez y seis especies investigadas en el estudio (Lañez, 1999)

En esta tabla No. 4 se representa la familia y la especie de las diez y seis especies estudiadas y el porcentaje de linfocitos B encontrados en ellas, durante la época de verano, de transición y de invierno.

La figura No. 3 evidencia el comportamiento de los linfocitos B, en las diez y seis especies estudiadas. En la misma se plasma su porcentaje y la tilapia gris, chumbimba, mojarra relumbros, zapatera y bagre estrella tienen un porcentaje igual durante la época de invierno. Al igual que los linfocitos T, los linfocitos B están presentes en las diez y seis especies estudiadas y su porcentaje es mayor en la familia de los Cíclidos. Los linfocitos B son las células que dan origen a las inmunoglobulinas. (González, 2003)

La importancia de la presencia de linfocitos B en estas diez y seis especies, radica en que siempre se consideró que no tenían la capacidad de fagocitosis (capacidad de ingestión y destrucción de microbios), pero en estudios recientes se ha demostrado que los linfocitos B de los peces son capaces de efectuar fagocitosis potente tanto en experimentos in vitro como in vivo. Esto representa un avance por que en un futuro los

linfocitos B, se pueden utilizar para el diseño de vacunas para peces con el objetivo de estimular la fagocitosis de antígenos a los linfocitos B y de esta forma aumentar la eficacia de las vacunas (Sunyer, 2006)

La información generada figura No.4 proyecta el porcentaje de linfocitos Naturales Killer en las diez y seis especies investigadas. Es llamativo el hecho que distinto de lo que ocurrió en los linfocitos T y B, hubo mayor elevación de los linfocitos Naturales Killer en la época de transición, siendo 2 especies: sardina y mojarra correntera quienes presentan el porcentaje mas alto (15 % respectivamente). Si sumamos el porcentaje de linfocitos Naturales Killer en las tres épocas del años se visualiza que 4 especies (jurel, pepesca, sardina y mojarra –tigre naranja) presentan el porcentaje mayor. Haciendo un análisis y traspolando la información ya conocida sobre los linfocitos Natural Killer en humanos, el rango en porcentaje encontrado de estas células es similar al de las diez y seis especies estudiadas, esto es 5-15 %. No hay información sobre cual es la función de los linfocitos Naturales Killer en peces, pero se sabe que en el humano hacen una vigilancia de ausencia, es decir si una célula pierde su capacidad de funcionar adecuadamente la asesinan, esto ocurre principalmente en infecciones virales y procesos tumorales, además se sabe que los linfocitos naturales Killer no necesitan ser expuestas a una bacteria infecciosa para actuar, solo reconocen las células extrañas y se ponen a trabajar. (Hennen, 1998) (González, 2003) (Freeman, 2004).

En la tabla No. 6 se ilustra las seis especies que presentaron una respuesta más estable en el número absolutos de linfocitos en época de verano, de transición e invierno.

La figura No. 5 esquematiza el comportamiento en el recuento del número absoluto de linfocitos en seis especies, en la época de verano, de transición e invierno. Llama la atención que la pepesca tiene recuento de linfocitos con fluctuaciones que no son grandes, y que son constantes en las tres épocas investigadas, esto la convierte en una especie estable en el numero de linfocitos, pero inestable al someterse al estrés de su entorno, como es conocido en la experiencia de la practica diaria, en donde se le considera una especie inestable, incluso produciéndose muerte súbita al mínimo estrés. Sin embargo debe ser objeto de mayor atención y evaluar su sistema inmunológico en condiciones no estresantes y controladas. (Barandica, 2008)

Por aparte la tilapia gris, la chumbimba, la mojarra correntera y mojarra tigre naranja de la familia de los ciclidos, en conjunto representa el 66.66 % dentro de este universo de seis especies y tienen el recuento absoluto de linfocitos/ mm³ mas estable.

En la tabla No.7 genera información que sintetiza las cinco especies que presentaron mayor porcentaje de linfocitos T durante las tres épocas: verano, transición e invierno.

En la figura No. 6 se visualiza el comportamiento de las cinco especies que se encontró mayor porcentaje de Linfocitos T en las tres épocas investigadas y es la tilapia gris, mojarrita cola amarilla y chumbimba quienes presentan el mayor porcentaje de linfocitos T. Solamente en la tilapia gris y en el bagre estrella se presentó un porcentaje mayor de linfocitos T durante la época de verano. Queda en evidencia que de estas cinco especies, tres pertenecen a la familia de los Cíclidos, quienes se perfilan como las especies con mejores dotaciones para la obtención de factores de transferencia. (Cortez, 2008)

9. Conclusiones

- El sistema inmunológico adquirido de las diez y seis especies investigadas está compuesto al igual que en el humano de Linfocitos T, linfocitos B y linfocitos Naturales Killer.
- La presencia de linfocitos T como parte del sistema inmunológico adquirido de las diez y seis especies, abre la posibilidad para que en un futuro se puedan purificar extractos dializables de linfocitos T para ser utilizados como factores de transferencia en los seres humanos, con fines preventivos o como tratamientos paliativos, en enfermedades en donde se necesita elevar su sistema inmunológico
- La familia de los Cíclidos presentó la respuesta inmunológica mas alta en las tres épocas del año, en las diez y seis especies investigadas
- De las diez y seis especies estudiadas, la chumbimba, mojarrita correntera, mojarra tigre naranja, tilapia gris y bagre estrella, son las que poseen el mas alto recuento por milímetro cúbico de linfocitos, y un porcentaje mayor en linfocitos T, B y Naturales Killer, en comparación con las restantes 11 especies investigadas.
- En la época de verano es donde ocurre mayor conteo absoluto por milímetro cúbico de linfocitos en las diez y seis especies, fenómeno que coincide con las temperaturas más altas de la época y la presencia en su entorno de mayor actividad humana.
- La familia de los Cíclidos se constituye en especies promisorias, no solo por presentar la más alta respuesta inmunológica, sino por ser especies estables y con un potencial acuícola alto.
- La única especie con un porcentaje alto de linfocitos T durante el invierno (73 %), fue la chumbimba, época en que hay mayor contaminación, esto hace pensar que la chumbimba es una especie resistente a medios poco apropiados.
- Los linfocitos B están presentes en las diez y seis especies estudiadas, investigaciones recientes han demostrado que los linfocitos B de los peces efectúan fagocitosis potente tanto in vitro como in vivo, por lo que en un futuro los linfocitos B, se pueden utilizar para el diseño de vacunas para estimular la fagocitosis de antígenos a los linfocitos B con el propósito de aumentar la eficacia de las vacunas
- Se obtuvo datos sobre que especie presenta el mayor porcentaje de linfocitos T, linfocitos B y naturales Killer, sin embargo para determinar cual de las diez y seis especie presenta el mejor sistema inmunológico adquirido de las especies

nativas y/o endémicas incluyendo la tilapia especie introducida, se hace necesario en un futuro hacer comparaciones de la morbi-mortalidad de estas especies en idénticas condiciones y de preferencia de infecciones intencionales y controladas

10. Recomendaciones

- Por ser la familia de los Cíclidos quienes presentan la mas alta respuesta inmunológica en las tres épocas del año, ser especies muy estables y poseer un potencial acuícola alto, se recomienda implementar programas para estimular su mejoramiento genético con el fin de producir factores de transferencia a partir de los linfocitos T, para ser utilizado en el humano en enfermedades en donde se necesita estimular su sistema inmunológico.
- Estimular la investigación de linfocitos B en las diez y seis especies estudiadas y en otras especies para que en un futuro se puedan diseñar vacunas más eficaces para ser utilizado en peces para estimular la fagocitosis de antígenos de los linfocitos B.
- Es recomendable que estas especies ya sea para producir factores de transferencia para ser utilizado en humanos o extracto dializables de linfocitos B para fabricar vacunas para peces, se haga con temperatura controlada por medio de paneles solares, alimentación con algas y nutrientes orgánicos para optimizar su sistema inmunológico.
- Es necesario en un futuro hacer comparaciones de la morbi-mortalidad de estas especies en idénticas condiciones y de preferencia de infecciones intencionales y controladas para conocer más del comportamiento de su potencial inmunológico in vivo.
- Continuar con investigaciones profundas sobre el potencial del sistema inmunológico de la chumbimba para mejorarla genéticamente, por ser la especie que mostró los recuentos absolutos de linfocitos más estable en las tres épocas del año.

11. Bibliografía

- Encarta, Enciclopedia Microsoft®. Inmunología. 2007 – Disponible en: http://es.encarta.msn.com/text_961521997_1/Inmunolog%C3%ADa.html
- Luque Lara, Antonio. Inmunología en peces, 2002. -- Disponible en: www.encuentros.uma.es/encuentros40/inmunol.html
- Navarro Ruiz, Paulo César. Los factores de transferencia. 1999 – Disponible en: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=474>
- Pérez A., Liseth Carolina. La ictiofauna del Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic y la cuenca del lago de Izabal: Composición, distribución y ecología. 2005. – Disponible en: www.unesco.org/uy/mab/documentospdf/LisethPerez-mabaward06.pdf -
- Perry, Michael. Traducido al español por Miguel Artime. Sangre de cocodrilo, 2005. - Disponible en: www.astroseti.org/vernew.php?codigo=1448
- Reichenback-Klinke, Heinz-Hermann. Enfermedad de los peces. Editorial Acribia, Zaragoza (España). 1982.
- Rocha, A., Ruiz, S., Estepa, A. y Coll, J.M. Biología molecular de los peces. Revista Acuatic No. 15, Nov. 2001. – Disponible en: www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=129
- González, África. Departamento de Bioquímica, genética e inmunología. Universidad de Vigo, España. 2003
- Sunyer, Oriol. Vacunas para peces antes de que desaparezcan. 2006. También disponible en: www.infonomia.com/if/articulo.php?id=18&if=50
- Laguado, José, M.Sc. Aplicación de la citometría de flujo en microbiología vegetal y veterinario. Bogotá, Colombia. Noviembre, 2007

- Láñez Pareja, Enrique. Inmunología general. Departamento de Microbiología. Universidad de Granada, España. Octubre 1999
- Freman. Inmunología básica-inmunología innata. Febrero, 2004. También disponible en: www.whfeman.com/inmunology
- Hennen, William, Ph.D. Natural immune Booster: Transfer factor. 1998
- Ángel, G. Citometría de flujo (avance electrónico). Cali, Colombia. También disponible en: www.angel.com.co/ser_exo.htm
- Muro, Antonio F. Factores de transferencia para afrontar el cáncer. Extracción revista científica: DSalud-Discovery Salud. Madrid, España. 2006.
- Barandica, Lilian M. Sistema inmune en los peces: posibles líneas de estudio. Colombia, 2008.
- Cortez, Marcelo. El proceso infeccioso en los peces. Santiago de Chile, Chile. 2008

12. Anexos

En los anexos 1 al 11 se presentan fotografías donde muestra cada una de las actividades de campo. Se muestra la captura de peces nativos y la extracción sanguínea, que posteriormente se envió al laboratorio para su análisis de Citometría de Flujo.



Anexo 1



Anexo 2



Anexo 3



Anexo 4



Anexo 5



Anexo 6



Anexo 7



Anexo 8



Anexo 9



Anexo 10



Anexo 11