

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 1 de 8

FECHA martes, 19 de septiembre de 2017

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

SEDE/SECCIONAL/EXTENSIÓN	Sede Fusagasugá
DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Zootecnia

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	NO. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Parra Cubides	Ingrid Johanna	150211235
León Rincón	Iván Fernando	150211224

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 2 de 8

Director(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Suarez Martínez	Roger Oswaldo

TÍTULO DEL DOCUMENTO
<p>DETERMINACIÓN DE UNA CONCENTRACIÓN ANESTÉSICA EFECTIVA DE PROPOFOL EN TETRA CARDENAL (<i>Paracheirodon axelrodi</i>) Y OTOCINCLO (<i>Otocinclus affinis</i>)</p>

SUBTITULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Zootecnista

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS (Opcional)
16/08/2017	

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLES: (Usar como mínimo 6 descriptores)	
ESPAÑOL	INGLES
1. <i>Anestesia</i>	Anesthesia
2. <i>bienestar</i>	well-being

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 3 de 8

3. <i>inducción</i>	induction
4. <i>peces ornamentales</i>	ornamental fish
5. <i>recuperación</i>	recovery
6.	

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS: (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres):

RESUMEN

Introducción: diferentes anestésicos son utilizados en manejo de peces. Propofol ha sido probado en pocas especies, se caracteriza por acción y metabolismo rápidos y bajo costo. Objetivo: determinar concentración anestésica efectiva de propofol en *Paracheirodon axelrodi* y *Otocinclus affinis*. Métodos: 48 individuos de tetra cardenal (0.27 ± 0.1 g; 2.35 ± 0.05 cm), y 48 otocinclos (0.22 ± 0.1 g; 2.46 ± 0.05 cm), expuestos a concentraciones anestésicas de 2, 4, 6, 8, 10, 12 mg l⁻¹ de propofol (n=8 peces/tratamiento). Se evaluaron estadios: inducción (I, II, III y IV) y recuperación (I,II y III). Tiempos inducción/recuperación (<3 min / <10 min) y mortalidad (%), fueron criterios experimentales. Datos evaluados con ANAVA y test Tukey (p<0.05), comparación de medias (SPSS Statistics 21). Resultados: para el tetra cardenal se presentaron tiempos de inducción significativamente inferiores en los tratamientos de 2, 4 y 6 ppm, la concentración 8 mg l⁻¹ fue más adecuada para anestesia con tiempo de inducción/recuperación y mortalidad de $(2.5 \pm 0.3) / (4.8 \pm 2.4)$, (25%). Para el otocincolo, aunque tratamientos 8, 10 y 12 mg l⁻¹, indujeron a los peces en menor tiempo, se prefiere la concentración 4 mg l⁻¹, por ser más baja y cumplir criterios con tiempo de inducción/recuperación y mortalidad de $(3.0 \pm 0.6) / (11.4 \pm 3.7)$, (0%). Conclusiones: se sugiere concentración 8 mg l⁻¹ como mejor para tetra cardenal y 4 mg l⁻¹ como la mejor en otocincolo ya que presentaron un mejor equilibrio en tiempos inducción / recuperación y mortalidad.

SUMMARY

Introduction: Different anesthetics are used in fish management. Propofol has been tested in few species, is characterized by rapid action and metabolism and low cost. Objective: to determine effective anesthetic concentration of propofol in *Paracheirodon axelrodi* and *Otocinclus affinis*. METHODS: 48 individuals of tetra cardenal (0.27 ± 0.1 g, 2.35 ± 0.05 cm), and 48 otocinclos (0.22 ± 0.1 g, 2.46 ± 0.05 cm) exposed to anesthetic concentrations of 2, 4, 6, 8, 10, 12 mg l⁻¹ propofol (n = 8 fish / treatment). Stages were evaluated: induction (I, II, III and IV) and recovery (I, II and III). Induction / recovery times (<3 min

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 4 de 8

/ <10 min) and mortality (%) were experimental criteria. Data evaluated with ANAVA and Tukey test ($p < 0.05$), mean comparison (SPSS Statistics 21). Results: significantly lower induction times were observed for 2, 4 and 6 ppm treatments for the tetra cardinal, 8 mg l-1 concentration was more adequate for anesthesia with induction / recovery time and mortality of $(2.5 \pm 0.3) / (4.8 \pm 2.4)$, (25%). For the otocinlo, although treatments 8, 10 and 12 mg l-1, induced fish in a shorter time, the concentration 4 mg l-1 is preferred, for being lower and meeting criteria with induction / recovery time and mortality of $3.0 \pm 0.6) / (11.4 \pm 3.7)$, (0%). Conclusions: 8 mg l-1 concentration is suggested for tetra cardenal and 4 mg l-1 for otocinlo because they presented a better balance in induction / recovery and mortality times.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 5 de 8

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un alianza, son:

Marque con una "x":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	X	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
6. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 6 de 8

(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI ___ NO _x_**. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 7 de 8

integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 8 de 8

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional, cuyo texto completo se puede consultar en biblioteca.unicundi.edu.co

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons : Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Titulo Trabajo de Grado o Documento.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. DETERMINACIÓN DE UNA CONCENTRACIÓN ANESTÉSICA EFECTIVA DE PROPOFOL EN TETRA CARDENAL (Paracheirodon axelrodi) Y OTOCINCLO (Otocinclus affinis).pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 9 de 9

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA
INGRID JOHANNA PARRA CUBIDES	
IVÁN FERNADO LEÓN RINCÓN	Iván L.

1 **DETERMINACIÓN DE UNA CONCENTRACIÓN ANESTÉSICA EFECTIVA DE**
2 **PROPOFOL EN TETRA CARDENAL (*Paracheiroduon axelrodi*) Y OTOCINCLO**
3 **(*Otocincludus affinis*)**

4
5
6
7
8
9
10
11 **INGRID JOHANNA PARRA CUBIDES**

12 **IVÁN FERNANDO LEÓN RINCÓN**

13
14
15
16
17
18 **UNIVERSIDAD DE CUDINAMARCA**

19 **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIA**

20 **PROGRAMA DE ZOOTECNIA.**

21 **FUSAGASUGA**

22 **2017**

23
24

1 **DETERMINACIÓN DE UNA CONCENTRACIÓN ANESTÉSICA EFECTIVA DE**
2 **PROPOFOL EN TETRA CARDENAL (*Paracheiroduon axelrodi*) Y OTOCINCLO**
3 **(*Otocinclus affinis*)**

4
5
6 **INGRID JOHANNA PARRA CUBIDES**

7 **IVÁN FERNANDO LEÓN RINCÓN**

8
9
10 **Director: Roger Oswaldo Suarez Martínez.**

11 **Médico Veterinario.**

12 **Especialista en Acuicultura Aguas Continentales**

13
14
15 **Trabajo de grado sometido a evaluación como requisito parcial**
16 **para obtener el título de Zootecnista**

17
18
19
20 **UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**
21 **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**
22 **PROGRAMA DE ZOOTECNIA**
23 **FUSAGASUGÁ**

24 **2017**
25
26

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a nuestros padres Pablo Parra, Yolanda Cubides y Ubaldina León, a nuestros hermanos Diana León y Pablo Andrés Parra por todo el apoyo, tanto el apoyo emocional, moral y económico durante todo el proceso formativo.

AGRADECIMIENTOS

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

El presente trabajo queremos agradecerlo principalmente a nuestros padres por todo su apoyo y compañía en nuestro proceso formativo.

A la Universidad de Cundinamarca, Sede Fusagasugá, por permitirnos tener la posibilidad de formarnos como profesionales en la Zootecnia.

A nuestro director de trabajo de grado, por sus conocimientos, apoyo, compromiso con la investigación y con nuestro proyecto. Con dos fines principales el de aprender sobre un campo y además permitirnos terminar con éxito nuestra etapa universitaria.

A nuestros profesores, que aunque unos ya no estén dentro de la Universidad hicieron parte de nuestro proceso formativo, con sus enseñanzas tanto académicas como en la formación de un profesional integral.

A Wilson Jiménez por su colaboración continua, disposición y amabilidad en la elaboración de nuestro trabajo de grado.

A Diego Alexander Garzón, coordinador del Laboratorio de Acuicultura de la Universidad de Cundinamarca por todo el apoyo dentro del laboratorio, que nos permitió la culminación de la parte experimental del presente trabajo.

A todos nuestros compañeros y amigos, que han estado con nosotros dentro de nuestro proceso formativo, por su consejo, ánimo y compañía en los momentos que vivimos a lo largo de nuestra carrera universitaria.

No queda más que darles las gracias a ustedes por todo el apoyo que nos brindaron para que esto sea posible, siempre esperando que el camino les traiga cosas que les brinden la posibilidad de crecer en todos los ámbitos que conlleva el ser humano.

Tabla de contenido

1		
2		
3	DEDICATORIA	3
4	AGRADECIMIENTOS	4
5	RESUMEN	12
6	INTRODUCCIÓN	14
7	OBJETIVOS	16
8	OBJETIVO GENERAL.....	16
9	OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
10	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
11	JUSTIFICACIÓN	19
12	MARCO TEORÍCO	21
13	GENERALIDADES DE LAS ESPECIES	21
14	El tetra cardenal (Paracheirodon axelrodi)	21
15	El otocinco (Otocinclus affinis).....	22
16	COMERCIO DE PECES ORNAMENTALES	24
17	Panorama de la comercialización mundial de peces ornamentales.....	24
18	Comercio de peces en Colombia.....	24
19	ANESTESIA.....	28
20	PROPOFOL.....	28
21	Estructura del Propofol	29
22	Mecanismo de acción del Propofol.....	29
23	Efectos adversos	30

1	BIENESTAR ANIMAL	31
2	Definición de bienestar animal	31
3	ESTRÉS PECES	32
4	Definición de estrés en peces.....	32
5	Mecanismo de respuesta a estrés - eje hipotálamo-pituitaria-adrenal (HPA).....	33
6	Signos de estrés.....	34
7	La reducción del estrés durante la anestesia	34
8	MARCO LEGAL PARA EL TRABAJO CON ESPECIES ÍCTICAS NATIVAS Y BIENESTAR	
9	ANIMAL	35
10	MATERIALES Y MÉTODOS	37
11	Animales e instalaciones.....	37
12	Tratamientos y diseño experimental.	37
13	Experimento 1.....	37
14	Experimento 2.....	39
15	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
16	RESULTADOS	43
17	Resultados Experimento 1: Tetra Cardenal (<i>Paracheirodon axelrodi</i>)	43
18	Resultados Experimento 2: Otonciclo (<i>Otocinclus affinis</i>).....	44
19	DISCUSIÓN	47
20	CONCLUSIONES	50
21	RECOMENDACIONES.....	51
22	ANEXOS	59
23	TABLAS DE RESULTADOS TETRA CARDENAL	59

1	TABLAS RESULTADOS OTOCINCLLO	65
2	ANEXO FOTOGRÁFICO.	71
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		

Tabla de Tablas

1		
2	Tabla 1. Ranking de los países con mayor comercialización y producción de peces ornamentales a	
3	nivel mundial.....	25
4	Tabla 2. Peces ornamentales con mayor exportación.....	27
5	Tabla 3. Formula farmacéutica del propofol.....	29
6	Tabla 4. Descripción de las etapas de inducción a la anestesia en Tetra Cardenal.....	38
7	Tabla 5. Descripción de las etapas de recuperación a la anestesia en Tetra Cardenal.....	39
8	Tabla 6. Descripción de las etapas de inducción a la anestesia en Otocinelo.....	40
9	Tabla 7. Descripción de las etapas de recuperación a la anestesia en Otocinelo.....	41
10	Tabla 8. Inducción y recuperación en Tetra Cardenal.....	44
11	Tabla 9. Mortalidad a las 24 horas después de la anestesia en Tetra Cardenal.....	44
12	Tabla 10. Inducción y recuperación en Otocinelo.....	45
13	Tabla 11. Resultados obtenidos en la dosis de (2 mg/L) Tetra Cardenal.....	59
14	Tabla 12. Resultados obtenidos en la dosis de (4 mg/L) Tetra Cardenal.....	60
15	Tabla 13. Resultados obtenidos en la dosis de (6 mg/L) Tetra Cardenal.....	61
16	Tabla 14. Resultados obtenidos en la dosis de (8 mg/L) Tetra Cardenal.....	62
17	Tabla 15. Resultados obtenidos en la dosis de (10 mg/L) Tetra Cardenal.....	63
18	Tabla 16. Resultados obtenidos en la dosis de (12 mg/L) Tetra Cardenal.....	64
19	Tabla 17. Resultados obtenidos en la dosis de (2 mg/L) Otocinelo.....	65
20	Tabla 18. Resultados obtenidos en la dosis de (4 mg/L) Otocinelo.....	66
21	Tabla 19. Resultados obtenidos en la dosis de (6 mg/L) Otocinelo.....	67
22	Tabla 20. Resultados obtenidos en la dosis de (8 mg/L) Otocinelo.....	68
23	Tabla 21. Resultados obtenidos en la dosis de (10 mg/L) Otocinelo.....	69
24	Tabla 22. Resultados obtenidos en la dosis de (12 mg/L) Otocinelo.....	70
25		
26		
27		

Tabla de Imágenes

1		
2	Imagen 1.	71
3	Imagen 2.	71
4	Imagen 3.	72
5	Imagen 4.	72
6	Imagen 5.	73
7	Imagen 6.	74
8	Imagen 7.	75
9	Imagen 8.	75
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		

Tabla de Figuras

1		
2	Figura 1. SP Tetra Cardenal.....	21
3	Figura 2. SP Otocinco.....	22
4	Figura 3. Estructura del propofol.....	28
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		

Tabla de Graficas

1	
2	Grafica 1. Tiempos de inducción y recuperación anestésica en Tetra Cardenal.....43
3	Grafica 2. Tiempos de inducción y recuperación anestésica en Otocinelo.....45
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	

RESUMEN

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Introducción: diferentes anestésicos son utilizados en manejo de peces. Propofol ha sido probado en pocas especies, se caracteriza por acción y metabolismo rápidos y bajo costo. Objetivo: determinar concentración anestésica efectiva de propofol en *Paracheirodon axelrodi* y *Otocinclus affinis*. Métodos: 48 individuos de tetra cardenal (0.27 ± 0.1 g; 2.35 ± 0.05 cm), y 48 otocinclos (0.22 ± 0.1 g; 2.46 ± 0.05 cm), expuestos a concentraciones anestésicas de 2, 4, 6, 8, 10, 12 mg l⁻¹ de propofol (n=8 peces/tratamiento). Se evaluaron estadios: inducción (I, II, III y IV) y recuperación (I,II y III). Tiempos inducción/recuperación (<3 min / <10 min) y mortalidad (%), fueron criterios experimentales. Datos evaluados con ANAVA y test Tukey (p<0.05), comparación de medias (SPSS Statistics 21). Resultados: para el tetra cardenal se presentaron tiempos de inducción significativamente inferiores en los tratamientos de 2, 4 y 6 ppm, la concentración 8 mg l⁻¹ fue más adecuada para anestesia con tiempo de inducción/recuperación y mortalidad de (2.5 ± 0.3) / (4.8 ± 2.4) , (25%). Para el otocinclo, aunque tratamientos 8, 10 y 12 mg l⁻¹, indujeron a los peces en menor tiempo, se prefiere la concentración 4 mg l⁻¹, por ser más baja y cumplir criterios con tiempo de inducción/recuperación y mortalidad de (3.0 ± 0.6) / (11.4 ± 3.7) , (0%). Conclusiones: se sugiere concentración 8 mg l⁻¹ como mejor para tetra cardenal y 4 mg l⁻¹ como la mejor en otocinclo ya que presentaron un mejor equilibrio en tiempos inducción / recuperación y mortalidad.

Palabras clave: Anestesia, bienestar, peces ornamentales, inducción, recuperación.

SUMMARY

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

Introduction: Different anesthetics are used in fish management. Propofol has been tested in few species, is characterized by rapid action and metabolism and low cost. Objective: to determine effective anesthetic concentration of propofol in *Paracheirodon axelrodi* and *Otocinclus affinis*. Methods: 48 individuals of tetra cardinal (0.27 ± 0.1 g, 2.35 ± 0.05 cm), and 48 otocinclos (0.22 ± 0.1 g, 2.46 ± 0.05 cm) exposed to anesthetic concentrations of 2, 4, 6, 8, 10, 12 mg l⁻¹ propofol (n = 8 fish / treatment). Stages were evaluated: induction (I, II, III and IV) and recovery (I, II and III). Induction / recovery times (<3 min / <10 min) and mortality (%) were experimental criteria. Data evaluated with ANAVA and Tukey test (p <0.05), mean comparison (SPSS Statistics 21). Results: significantly lower induction times were observed for 2, 4 and 6 ppm treatments for the tetra cardinal, 8 mg l⁻¹ concentration was more adequate for anesthesia with induction / recovery time and mortality of (2.5 ± 0.3) / (4.8 ± 2.4), (25%). For the otocinclo, although treatments 8, 10 and 12 mg l⁻¹, induced fish in a shorter time, the concentration 4 mg l⁻¹ is preferred, for being lower and meeting criteria with induction / recovery time and mortality of (3.0 ± 0.6) / (11.4 ± 3.7), (0%). Conclusions: 8 mg l⁻¹ concentration is suggested for tetra cardinal and 4 mg l⁻¹ for otocinclo because they presented a better balance in induction / recovery and mortality times.

Key words: Anesthesia, well-being, ornamental fish, induction, recovery.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo al Sistema de Información de Biodiversidad (SIB), Colombia es el segundo país con mayor biodiversidad del mundo, además, indica que ocupa también el segundo lugar con mayor biodiversidad en plantas, anfibios, mariposas y peces dulceacuícolas, estos últimos con un total de 1435 especies, de las cuales 311 son endémicas y el resto pertenecen a especies nativas (SIB, 2015).

Gracias a la gran diversidad íctica colombiana, los peces son considerados especies promisorias para el crecimiento de esta industria acuícola en el país, la cual se encuentra dividida principalmente en la producción de animales de consumo humano y animales para acuariología, entre los que se encuentran los peces ornamentales. La principal fuente de obtención de peces ornamentales en Colombia es a través de la extracción de su medio natural que son comercializados en escala nacional e internacional (ICA, 2010). La comercialización implica actividades de manipulación y transporte que genera restricciones en su comportamiento y hábitat, lo que conlleva a desafíos fisiológicos que en casos extremos pueden ocasionar la muerte de los animales.

De acuerdo con la Autoridad Nacional Acuícola y Pesquera (Ortega, *et. al.* 2015), el comercio de peces ornamentales ha tenido un crecimiento exponencial, además el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2010), destacan al tetra cardenal (*Paracheiroduon axlerodi*) y al Otocinco (*Otocinclus affinis*), como las especies de mayor comercialización. A pesar de que este mercado se muestra como promisorio dentro de la economía del país, habitualmente, se presentan altas mortalidades a causa de los altos niveles de estrés que se generan desde la extracción en el medio natural hasta su acopiador final, esto se atribuye principalmente a actividades de manejo desarrolladas en los animales (transporte, aclimatación, manipulación, entre otros).

1 En referencia a lo anterior, se plantea la posibilidad de realizar estudios enfocados en
2 solucionar problemas que tengan aplicación en la industria, como es el caso del realizar mejoras
3 en los protocolos de manejo y bienestar para los peces ornamentales. Diversos recursos y
4 estudios existen con tal fin, a pesar de ello, no son muy muchos en los cuales se busque o se
5 trabaje con especies de peces ornamentales. Algunos de los estudios reportados son realizados
6 por Millán *et. al.* (2012), en peces escalares (*Pterophyllum scalare*) con eugenol, además
7 Pedrazzani (2014), realizó estudios en el pez payaso usando anestésicos durante el manejo y
8 transporte de los mismos. Para el manejo y manipulación de peces ornamentales existen
9 diversas alternativas entre las cuales se encuentran sustancias anti-estresantes, sedantes y
10 anestésicos, que se utilizan para mejorar las condiciones de bienestar animal durante
11 actividades como el acopio y el transporte (Landines, 2007).

12 Varios agentes anestésicos han sido utilizados en peces tales como: MS-222, Lidocaína,
13 Eugenol, Propofol, 2-Fenoxietanol, Quinaldina, Mentol y Benzocaína, entre otros. Para el caso
14 pertinente, el propofol es un agente anestésico que se ha probado en pocas especies de peces
15 que se caracteriza por una acción rápida gracias a su rápido metabolismo (Ganem *et al*, 2002;
16 Fleming *et al*, 2003), siendo además de bajo costo y de introducción relativamente nueva dentro
17 del mercado. Esta investigación tiene como objetivo determinar una concentración anestésica
18 efectiva de propofol para el Tetra cardenal (*Paracheiroidon axelrodi*) y el Otocinclus
19 (*Otocinclus affinis*), teniendo en cuenta los tiempos de inducción y de recuperación.

20

21

22

23

24

25

OBJETIVOS

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

OBJETIVO GENERAL

Determinar una concentración anestésica efectiva de Propofol para los peces tetra cardenal (*Paracheirodon axlerodi*) y otocinco (*Otocinclus affinis*).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar los tiempos de inducción y recuperación anestésica en cada especie de acuerdo a cada concentración.

Realizar pruebas de manipulación como tallaje-pesaje, y sensibilidad a través de los reflejos peduncular, ocular y de presión, para comprobar efectividad anestésica en los peces a evaluar.

Estimar el porcentaje de mortalidad post-anestésica a las 24 horas en los peces, de acuerdo a cada tratamiento.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

El comercio de peces ornamentales en Colombia ha presentado un crecimiento considerable en las cuatro décadas recientes, soportándose principalmente en la extracción de animales del medio natural. En el año 2009, el 54% de los peces ornamentales exportados correspondieron a ejemplares de la familia *Characidae* y *Loricariidae*, a la cual pertenecen el Tetra Cardenal (*Paracheirodon axelrodi*) y el Otocinco (*Otocinclus affinis*) respectivamente (Ortega, *et. al.*, 2015). Para el año 2010, el ICA reportó las especies más comercializadas en Colombia, dentro de las cuales encontramos en primera lugar al T.cardenal y en segundo lugar al Otocinco. A pesar que los peces ornamentales son altamente comercializados, pocos estudios se han realizado con un enfoque en donde se busque mejorar su manejo y bienestar.

Actividades comunes de manipulación, transporte y adaptación a nuevos hábitats traen consigo alteraciones y desafíos fisiológicos para los peces que frecuentemente implican su muerte. Además, el empleo de los peces para investigaciones referentes a su fisiología, alimentación, reproducción, genética, entre otros, implica la manipulación y en muchas ocasiones el sacrificio. Estudios en donde el enfoque sea mitigar y mejorar el manejo de los peces en distintos procedimientos son escasos, tanto para simples protocolos de laboratorio o para estudios más especializados.

El bienestar animal es un concepto relativamente nuevo, respecto al cual existen aún muchos interrogantes, uno de ellos; es saber si los peces tienen la capacidad de sentir dolor (David, 2014). Por lo tanto, no deja de ser una preocupación para las industrias encargadas de la comercialización de este tipo de especies. Actualmente existen alternativas que permiten mitigar los estímulos adversos al bienestar de los peces, una de ellas es el uso de sustancias anestésicas, dichas sustancias permiten disminuir los niveles de estrés que se pueden generar y además sirven para proporcionar un trato digno a los animales.

1 Hasta el momento son pocos los estudios en materia de investigación en especies de peces
2 ornamentales nativas, en los cuales se utilicen sustancias anestésicas como alternativa para
3 mejorar las condiciones de bienestar y manejo de los animales (Millán-Ocampo, *et al.*, 2012;
4 Hinostroza y Serrano, 2013). Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo pretende determinar
5 una concentración anestésica efectiva de propofol para las especies tetra cardenal y otocinco,
6 con miras a mejorar sus condiciones de manejo.

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

JUSTIFICACIÓN

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Los inicios del bienestar animal se dieron hacia el año de 1822 por Richard Martin, luego en el reporte del Comité de Brambell en 1965, desarrollado en el Reino Unido se dieron a conocer las cinco libertades que fundamentan el bienestar animal en todo el mundo (Rodríguez, 2009). Gran volumen de trabajos desarrollados en bienestar animal se enfocan principalmente en aves y mamíferos, mientras que pocos estudios han sido realizados en peces (Chandro *et al.*, 2004).

En el campo de la acuicultura existen prácticas y actividades de origen antrópico que ponen en riesgo el bienestar de los peces en diferentes producciones (intensiva, extensiva, pesca deportiva o acuariología), para el último caso existen diversos manejos que pueden restringir el comportamiento natural, los cuales suponen el desencadenamiento de alteraciones fisiológicas en el pez, las cuales pueden ser traducidas en diferentes trastornos como alteraciones en la tasa de reproducción, crecimiento y reducción de inmunoglobulinas con la subsecuente posibilidad de aparición de enfermedades y en casos extremos la muerte del animal (Branson, 2008).

En Colombia, aunque han sido pocos los avances legislativos en cuanto a la protección de los animales se tienen como referentes principales la ley 84 del 27 de Diciembre de 1989 y la ley 1774 de 2016, los principios de estas leyes se encuentran principalmente enfocados en la protección al animal, el bienestar animal y la solidaridad social con los animales, estos principios hacen énfasis en la prevención del sufrimiento, cualquier forma de abuso, maltrato, violencia, trato cruel, entre otras.

Dentro de los procedimientos que comúnmente se realizan con los peces ornamentales se pueden citar los protocolos reproductivos, protocolos de nutrición, manejo de animales en laboratorios, merística, protocolos sanitarios, transporte, entre otros. En la industria de los

1 peces ornamentales, se deben tener como prioridad las buenas prácticas debido a que partir de
2 un buen manejo existirán menos pérdidas económicas y mayor bienestar.

3 Las sustancias anestésicas son utilizadas para mitigar los niveles de estrés y evitar el
4 maltrato de los peces, de acuerdo con Ross y Ross (2008). El uso de anestésicos durante los
5 procedimientos normalmente estresantes puede aliviar o retrasar en gran medida las reacciones
6 de estrés, además, en peces ornamentales no genera problemas respecto a la residualidad al
7 interior del organismo ya que estos animales no son utilizados para el consumo. En el mercado
8 actual existen diversos agentes anestésicos que pueden ser usados en peces, el propofol es una
9 sustancia anestésica de acción corta, rápido metabolismo, bajo costo y sin reporte de efectos
10 nocivos en los peces hasta el momento (Ganem *et al*, 2002; Fleming *et al*, 2003).

11 Adicionalmente, se debe tener en cuenta que cualquier actividad en donde esté involucrado
12 un animal se debe priorizar la menor exposición posible al sufrimiento, por esta razón, se
13 considera importante la investigación en agentes anestésicos como el propofol con el fin de
14 mejorar las condiciones de manejo y de bienestar animal en estas dos especies ornamentales
15 de alto valor e importancia comercial en Colombia.

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

MARCO TEORÍCO

GENERALIDADES DE LAS ESPECIES

El tetra cardenal (*Paracheirodon axelrodi*)



Figura 1. SP Tetra Cardenal (tomada de Landines et al., 2007)

Descripción

Pertenece al orden de los *Characiformes*, y a la familia *Characidae*, el *Paracheirodon axelrodi*, es un pez pequeño de cuerpo alargado y comprimido lateralmente que presenta aleta adiposa. Su rasgo más sobresaliente es una línea verde azulosa iridiscente que se extiende desde la aleta adiposa hasta el ojo, ventral a esta línea posee una banda de color rojo intenso que contrastan con su lomo marrón y sus aletas transparentes y que se extiende desde el origen de la aleta caudal hasta el opérculo. Posee escamas de tipo cicloide y línea lateral incompleta con 32 a 33 escamas. En la mandíbula superior presenta una hilera de dientes con cinco cúspides y en la inferior los dientes presentan entre tres a cuatro cúspides (Landines et al, 2007).

En el *P. axelrodi* no es tan evidente el dimorfismo sexual. No obstante, se ha observado que las hembras suelen ser de mayor tamaño que los machos y su cuerpo posee una forma más elíptica ya que su abdomen es de mayor capacidad (Landines et al, 2007).

1 ***Alimentación***

2 Es un pez omnívoro, si bien sus ejemplares son capturados en libertad, se adaptan muy
3 rápido a los acuarios, y por lo tanto aceptan comidas secas siendo de su preferencia la comida
4 viva (Behler, 2011).

5 ***Reproducción***

6 En su medio natural se ha observado que la talla media de madurez sexual para las hembras
7 es de 24,2 mm y para los machos de 22,6 mm, aproximadamente. El desove sucede durante la
8 época de lluvias, las hembras producen un promedio de 200 huevos con diámetros entre 300 a
9 700 μm (Behler, 2011).

10 ***Hábitat***

11 Se distribuye principalmente en el Vaupés, Orinoco, Inírida, Guaviare, Vichada. Se
12 encuentra en aguas de corrientes suaves, muy sombreadas y poco profundas, cerca de las orillas
13 en los ríos de curso lento (caños) y zonas inundadas ricas en material vegetal en
14 descomposición, cuya característica principal es el color bronce de sus aguas por la
15 acumulación de taninos, baja conductividad, pH entre 4,5 y 5, y una temperatura de 24 a 28 °
16 C (Landines *et al*, 2007).

17

18 **El otocinco (*Otocinclus affinis*)**



19

20

Figura 2. SP Otocinco (tomada de Siebers, 2013)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Descripción

El *Otocinclus affinis*, pertenece a la familia *Loricariidae*, del orden de los *Siluriformes*. Se caracteriza por un cuerpo fusiforme, ventralmente aplanado, con una boca succionadora en disposición inferior; ojos con visión lateral, espina de refuerzo en todas las aletas, exceptuando la adiposa y caudal. Su coloración es ocre dorado, con manchas marrón oscuro o negras con una franja lateral desde la boca hasta la cola, terminando en una mancha circular dividida en 2, llegando a un tamaño en edad adulta de aproximadamente 5 cm (Peri, 2015).

Alimentación

Es omnívoro, sin embargo, el aporte vegetal en la alimentación de los otocinclos es primordial para su correcto desarrollo. En acuarios, devora la comida en tabletas para comedores del fondo (Siebers, 2013).

Reproducción

Se realiza en aguas corrientes con temperatura entre 20 y 23°C y pH 6,5. Estos peces desovan en grupos con mayor número de machos que hembras. La hembra pone algunos huevos en el "bolsillo" que forman las aletas pectorales pegadas y busca a continuación un lugar apropiado (planta, piedra, cristal), que examina antes de abrir el "bolsillo" y fijar allí los huevos adhesivos, donde el macho los fecunda. Es posible que después de un descanso el acto se repita. La cantidad de huevos es muy variable, generalmente unos 20 - 40 huevos por hembra. Después de una incubación de entre 2 y 3 días se producen las crías. El dimorfismo sexual es casi inapreciable, la hembra es ligeramente más grande y la parte abdominal es más abultada y redondeada (Peri, 2015).

1 ***Hábitat***

2 Pueblan los cursos de ríos y riachuelos de montaña, donde la corriente del agua es grande,
3 por lo que estos peces han desarrollado un sistema especial de sujeción sobre los elementos
4 que constituyen el lecho del río, transformando sus labios en una ventosa que, con ayuda de las
5 aletas ventrales utilizadas como pequeñas manos, les permite permanecer adheridos al sustrato
6 y no ser arrastrados por la corriente, se distribuye geográficamente por Sudamérica,
7 principalmente en Brasil, el Orinoco Colombiano y parte de Venezuela. Las condiciones del
8 agua deben tener una temperatura de 20 a 28 °C, con un pH de 5 a 7,5 (Siebers, 2013).

9

10

COMERCIO DE PECES ORNAMENTALES

11

12 **Panorama de la comercialización mundial de peces ornamentales.**

13 De acuerdo a las cifras presentadas por TradeMap (2012), los principales países que
14 tradicionalmente se han especializado en la reproducción, cultivo, propagación y exportación
15 de peces ornamentales de agua dulce son Tailandia, Indonesia, Singapur, Malasia y Japón.
16 Además reportan que para el 2012, el país con más exportaciones fue Singapur con un rubro
17 de USD 61.8 millones, en segundo lugar se encuentra España con un rubro de USD 36
18 millones y en tercer lugar se encuentra Japón con un rubro de USD 34.2 millones. Por su
19 parte, Colombia ocupa el puesto 12 en el ranking mundial de los países que más exportaron
20 peces ornamentales en el 2012 con USD 7.6 millones, al presentar una diferencia de USD 54.1
21 millones con respecto al líder, Singapur (tabla 1).

22

23 **Comercio de peces en Colombia**

24 La mayoría de especies ornamentales que son extraídas en Colombia provienen de los ríos
25 de las regiones del Orinoco y la Amazonía. En Colombia, de acuerdo a la resolución 1924 de

1 03 de NOVIEMBRE de 2015 realizada por la Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura. se
 2 autoriza el aprovechamiento comercial ornamental de 522 especies ícticas nativas, pero así
 3 mismo estableciendo límites de extracción con el fin de mantener el equilibrio de los
 4 ecosistemas y evitando posibles bajas en la población de cada especie. Las 522 especies ícticas
 5 nativas están distribuidas en las siguientes familias mostradas en la (Tabla 2):

6

7 Tabla 1

8 *Ranking de los países con mayor comercialización y producción de peces ornamentales a nivel*
 9 *mundial*

10

Ranking No.	País	2012 (USD millones)
1.	Singapur	61,8
2.	España	36,0
3.	Japón	34,2
4.	Malasia	22,5
5.	Indonesia	21,0
6.	Tailandia	19,3
7.	República Checa	19,1
8.	Países Bajos	17,8
9.	Israel	14,1
10.	EE UU	13,1
12.	Colombia	7,6

11 *(Trademap, 2012)*

12 Como anteriormente se mencionaba gran parte de estas especies se encuentran en la
 13 Orinoquía y la Amazonía colombiana, y según, Jorge Iván González, presidente de la
 14 Asociación Colombiana de Exportadores de Peces Tropicales (ACOLPECES), entidad que

1 abarca a los pescadores y las cerca de 35 empresas exportadoras, este rubro es el “primer
2 renglón exportador de Puerto Inírida, capital del departamento del Guainía, demostrándose la
3 importancia que tienen en la economía de esa región (Legiscomex, 2012).

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1 Tabla 2

2 *Peces ornamentales con mayor exportación (Principales familias y cantidad de especies por*
 3 *familia) (Ortega, et. al., 2015)*

Familia	Especie	Familia	Especie
<i>Potamotrygonidae</i>	8	<i>Auchenipteridae</i>	9
<i>Osteoglossidae</i>	2	<i>Gymnotidae</i>	6
<i>Parodontidae</i>	1	<i>Sternopygidae</i>	3
<i>Curimatidae</i>	1	<i>Rhamphichthyidae</i>	1
<i>Prochilodontidae</i>	4	<i>Hypopomidae</i>	5
<i>Anostomidae</i>	22	<i>Apteronotidae</i>	9
<i>Chilodontidae</i>	3	<i>Rivulidae</i>	4
<i>Crenuchidae</i>	6	<i>Ariidae</i>	1
<i>Hemiodontidae</i>	8	<i>Belonidae</i>	2
<i>Gasteropelecidae</i>	8	<i>Synbranchidae</i>	1
<i>Characidae</i>	80	<i>Polycentridae</i>	1
<i>Erythrinidae</i>	1	<i>Scianidae</i>	1
<i>Lebiasinidae</i>	16	<i>Cichlidae</i>	63
<i>Ctenoluciidae</i>	3	<i>Achiridae</i>	2
<i>Cetopsidae</i>	1	<i>Tetraodontidae</i>	2
<i>Aspredinidae</i>	6	<i>Lepidosirenidae</i>	1
<i>Callichthyidae</i>	45	<i>Gobidae</i>	2
<i>Loricariidae</i>	100	<i>Anablepidae</i>	1
<i>Pseudopimelodidae</i>	3	<i>Poecilidae</i>	3
<i>Heptapteridae</i>	6	<i>Eleotridae</i>	1
<i>Pimelodidae</i>	3	<i>Cyprinidae</i>	1

<i>Doradidae</i>	11	Total	522
------------------	----	-------	-----

1

2 Según el ICA (2010), las principales especies ornamentales con mayor flujo de exportación
3 son los tetra ardenales (*Paracheiroidon axlerodi*), otocinco (*Otocinclus affinis*), corydora meta
4 (*Corydoras metae*), arawanas (*Osteoglossum bicirrhosum*), raya motoro - la raya guacamaya
5 (*Potamotrygonidae*) y cuchas (*Loricariidae*) en sus variedades como la punta diamante, punto
6 de oro, la bandera, la chenguele, y el pez insignia del país, el escalar altum (*Pterophyllum*
7 *altum*).

8

9

ANESTESIA

10

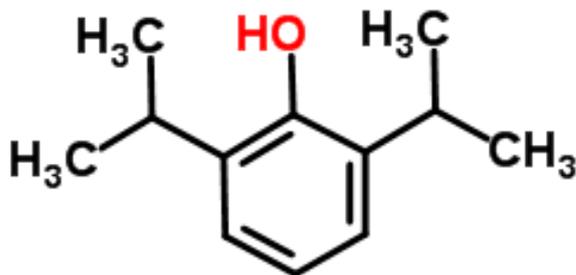
11 La anestesia se define como la pérdida total de las sensaciones corporales en un área
12 orgánica o en su totalidad, la cual es generalmente inducida por un fármaco que deprime la
13 actividad del tejido nervioso ya sea localmente (periférica) o general (central), (Martínez,
14 2009).

15 Entre los anestésicos más utilizados en especies ícticas encontramos: el MS222
16 (Metanosulfonato de tricaina), la benzocaína, lidocaína, el medomidato, etomidato, sulfato de
17 Quinaldina, 2-fenoxietanol, eugenol y mentol (Gonzales, 2010).

PROPOFOL

19 El propofol es un anestésico general de acción corta, es un agente sedante - hipnótico, que
20 se administra por inyección intravenosa o inmersión para la inducción y el mantenimiento de
21 la anestesia o la sedación (Muñoz, 2005).

1 Estructura del Propofol



2

3 *Figura 3. Estructura del propofol, tomada de (Fresenius Kabi, 2016).*

4 El propofol es un fármaco del grupo de los alquifenoles (2,6 diisopropilfenol), con peso
5 molecular de 178g. La emulsión es ligeramente viscosa y de aspecto lechoso, isotónico con
6 respecto al plasma, de pH 7-8,5 y estable a temperatura ambiente (Fresenius Kabi, 2016).

7 El propofol es ligeramente soluble en agua, para su administración se utilizan emulsiones al
8 1% aceite en agua, conteniendo aceite de soya al 10%, glicerol al 2.25% y fosfatide purificado
9 de huevo al 1.2%. Para reducir el riesgo de infección se le añade ácido
10 Etilendiaminotetraacético (EDTA), un agente bacteriostático que retarda el crecimiento
11 bacteriano (Muñoz.2005).

12 Mecanismo de acción del Propofol

13 El Propofol tiene múltiples acciones farmacológicas en el sistema nervioso central, sistema
14 cardiovascular, sistema respiratorio, metabolismo de los lípidos y otros. Algunas evidencias
15 sugieren que pueden aumentar la depresión del sistema nervioso central mediada por el GABA
16 (Ácido Gamma Amino Butírico). Los efectos sedantes del Propofol se deben a que es un
17 fármaco lipofílico que cruza muy fácilmente la barrera hematoencefálica, por lo que sus efectos
18 hipnóticos son muy rápidos (Cortes *et al*, 2011). Como anestésico induce la hipnosis al
19 deprimir el sistema nervioso central intensificando los efectos inhibitorios del ácido
20 γ -aminobutírico (GABA) (Ácido Gamma Amino Butírico). Provoca una reducción
21 generalizada en la actividad metabólica del cerebro, en su consumo de oxígeno y una reducción

1 de la presión intracraneal y de la perfusión cerebral. El ácido γ -aminobutírico actúa sobre dos
 2 tipos de receptores, el receptor GABA_a y el GABA_b. El receptor GABA_a es un canal regulado
 3 por un ligando de localización postsináptica e interviene en la inhibición postsináptica rápida.
 4 El canal asociado es permeable a iones de cloruro. Esta acción produce una depresión dosis –
 5 dependiente en la función del sistema nervioso central, estos receptores son el objetivo de la
 6 mayoría de fármacos de acción a nivel central. Por su parte los receptores GABA_b se localizan
 7 pre y postsinápticamente y ejerce sus efectos inhibiendo los canales de calcio regulados por
 8 voltaje y abriendo los canales de potasio (Galeotti, 2009)

9 Tabla 3

10 *Fórmula farmacéutica del propofol*

Reactivo	Concentración
Propofol	10 mg
Aceite de soya	50 mg
Triglicérido de cadena mediana	50 mg
Glicerol	22.5 mg
Lecitina de huevo purificado	12 mg
Ácido Oleico	c.s.
Hidróxido de sodio	c.s
Agua para inyectable c.s.p	20 MI

11 Tomado de: Fresenius Kabi, 2016

12 **Efectos adversos**

13 El propofol no posee un efecto acumulativo lo que permite una ventaja importante entre los
 14 diferentes anestésicos, pero a pesar de presentar esta característica no está exento a causar
 15 efectos colaterales. Aunque en peces no se conoce reportes sobre sus efectos adversos, en
 16 mamíferos los principales efectos se presentan sobre la frecuencia cardiaca y la frecuencia

1 respiratoria, reduciendo el gasto cardiaco e hipoxia; estos efectos colaterales son idiosincráticos
2 a cada individuo (Galeotti, 2009).

3

4

BIENESTAR ANIMAL

5

Definición de bienestar animal

7 En el Comité de Brambell (1965), se definieron las cinco libertades animales: 1) libres de
8 pasar hambre y sed, 2) libres de incomodidad, 3) libres de dolor, lesiones y enfermedad, 4)
9 libres de restricción del comportamiento (incluyendo la falta de espacio), 5) libres de
10 sufrimiento mental (miedo y angustia) (David, C. 2014). El bienestar como tal no tiene un
11 significado científico específico: se considera que para que un animal tenga bienestar debe estar
12 en un entorno natural expresando su comportamiento normal en vida silvestre, según su
13 comportamiento y en la producción donde se trabaje debe estar en condiciones adecuadas de
14 salud que garanticen un bienestar psicológico donde el animal esté libre de miedo, angustia,
15 dolor, entre otros factores que afectan su calidad de vida y por consiguiente su estado de
16 bienestar (Branson, 2008).

Bienestar en peces

18 El bienestar en peces es un tema nuevo en comparación a otras especies animales de granja
19 y del cual se tiene poca información. Los conceptos de bienestar animal se han aplicado
20 tradicionalmente a las especies que se considera tienen la capacidad de experimentar el dolor,
21 el miedo y el sufrimiento, y como tal se han asociado con las especies con un nivel
22 aparentemente mayor de la cognición en comparación a los peces. El cerebro de los peces es
23 relativamente pequeño y simple en comparación con el de las aves y mamíferos, además, está
24 organizado de una manera diferente. En particular, no tiene la neocorteza que en los seres
25 humanos es importante en la mediación del estado emocional de sufrimiento. Rose (2002),

1 argumenta que los peces no tienen la capacidad cognitiva o el poder del cerebro para
2 experimentar sufrimiento, simplemente muestran respuestas reflejas a condiciones adversas. Si
3 este fuese el caso, entonces el concepto de bienestar en los peces no tendría sentido. Si bien el
4 debate científico está abierto en cuanto a si los peces tienen la capacidad neuronal para la
5 conciencia, el miedo y el dolor, no hay ninguna duda en que las prácticas de la acuicultura, la
6 pesca comercial, pesca recreativa y la investigación científica, generan situaciones
7 potencialmente dolorosas, para lo cual la investigación en el tema de bienestar en peces se ha
8 actualizado en estos últimos años (Branson, 2008).

9

10

ESTRÉS PECES

11

Definición de estrés en peces

13 Se describe como estrés al evento fisiológico generado por un estímulo que desafía la
14 fisiología normal del pez. La respuesta al estrés es mediada por el eje hipotálamo-hipófisis-
15 interrenal (HPI), del cual se deriva la producción de noradrenalina (tejido cromafin), y cortisol
16 (tejido interrenal); estas sustancias actúan como mediadores neurohormonales que adaptan al
17 organismo generando ajustes orgánicos con efectos en los sistemas circulatorio, respiratorio,
18 metabólico e incluso inmunológico (Ramsay *et al*, 2006). El efecto de la noradrenalina y el
19 cortisol se logra a través del incremento de sus niveles en sangre y tejidos, siendo este último
20 utilizado frecuentemente como biomarcador de estrés. Las características de secreción de la
21 noradrenalina hacen que sea utilizada con poca frecuencia como marcador ya que los niveles
22 permanecen escasos segundos en la sangre, por el contrario, el cortisol es una hormona de
23 secreción tardía con respecto a la noradrenalina detectándose alteraciones de sus niveles
24 basales tanto en sangre como en tejidos incluso hasta por más de 24 horas, dependiendo de la

1 magnitud del estímulo estresante así como del tiempo durante el cual el estímulo actúa sobre
2 el individuo (Branson, 2008).

3

4 **Mecanismo de respuesta a estrés - eje hipotálamo-pituitaria-adrenal (HPA)**

5 Para hablar de respuestas a estrés en peces, siempre se parte desde la activación del eje HPA.

6 El hipotálamo recibe constantemente información, esta información puede provenir tanto de
7 estímulos externos o internos en distintas intensidades, además este órgano se caracteriza por
8 tener estructuras neurales es decir neuronas especializadas en secretar hormonas peptídicas
9 liberadoras o inhibitorias de varias hormonas de la hipófisis (Barandica y Tort, 2008). Toda la
10 información obtenida es rápidamente decodificada y dirigida nuevamente por diferentes vías
11 aferentes hacia el exterior y a partir de estas respuestas puede haber modificaciones en el
12 trabajo cardíaco, flujo sanguíneo, apetito, desarrollo sexual entre otros.

13 Al activar los centros nerviosos, particularmente los que se localizan en el área preóptica
14 del hipotálamo, tras la recepción del agente estresante, se da una activación rápida del sistema
15 nervioso simpático, cuyas neuronas inervan el tejido cromafín a través de receptores
16 colinérgicos. Esta vía neuroendocrina, denominada eje hipotalámico-simpático-cromafín
17 (HPC), es responsable de la liberación inmediata de catecolaminas (adrenalina, noradrenalina
18 y en menor medida dopamina), que son liberadas posteriormente al torrente sanguíneo (Muñoz
19 *et al*, 2015).

20 Dentro de las neurohormonas, se destaca la hormona corticotropina (CRF), que actúa en la
21 hipófisis anterior estimulando la secreción de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), que
22 actúa sobre el tejido adrenal ubicado en el riñón, estas afectan la síntesis celular encargada de
23 realizar la liberación de hormonas esteroides como el cortisol que son liberadas al torrente
24 sanguíneo (Ross y Ross, 2008). Los altos niveles de cortisol y de catecolaminas en sangre son
25 empleadas como marcadoras de estrés, su liberación permite al animal prepararse para reducir

1 el impacto del agente estresante (Muñoz *et al.*, 2015), no obstante, si el pez es sometido a
2 periodos prolongados de estrés, puede afectar diferentes aspectos fisiológicos y en casos
3 extremos se puede generar la muerte de los animales.

4 **Signos de estrés**

5 Dentro de los signos de estrés más notables en peces se encuentra la ataxia, la
6 hiperventilación y el cambio de color; alteraciones del ritmo cardiaco, de los parámetros
7 sanguíneos y efectos metabólicos o bioquímicos (Ross y Ross, 2008)

8 **La reducción del estrés durante la anestesia**

9 De acuerdo con los diferentes estudios realizados con diferentes tipos de anestésicos, se ha
10 demostrado que el uso de la anestesia durante los procedimientos normalmente estresantes
11 puede aliviar, o retrasar las reacciones de estrés normales, además, también se reporta que la
12 respuesta normal del cortisol puede ser suprimida por el uso de la anestesia durante su
13 manipulación (Rose, 2002). Es decir que, aunque el proceso estresante no puede detenerse, la
14 anestesia permite que el evento estresante no se prolongue y se reduzcan los efectos en el
15 animal.

16

17

18

19

20

21

22

23

MARCO LEGAL PARA EL TRABAJO CON ESPECIES ÍCTICAS NATIVAS Y BIENESTAR ANIMAL

La ley 84 del 27 de diciembre de 1989 (Estatuto de Protección y Bienestar Animal), reglamenta que los animales tendrán en todo el territorio nacional colombiano una protección especial frente al sufrimiento y el dolor, causados directa o indirectamente por el ser humano.

Los principales objetivos se centran en:

Prevenir y tratar el dolor y el sufrimiento de los animales

Promover la salud y el bienestar de los animales, asegurándoles higiene, sanidad y condiciones apropiadas de existencia

Erradicar y sancionar el maltrato y los actos de crueldad para con los animales

Desarrollar programas educativos a través de medios de comunicación del Estado y de los establecimientos de educación oficiales y privados, que promuevan el respeto y el cuidado de los animales

Desarrollar medidas efectivas para la preservación de la fauna silvestre.

La resolución 8430 de 1993, del Ministerio de Salud, reglamenta el uso de los animales para investigación, enseñanza y ensayos, con el fin de contribuir a la comprensión y avance del conocimiento de los principios fundamentales biológicos o al desarrollo de mejores medios para la protección de la salud y el bienestar tanto del hombre como del animal.

La resolución 5239 de 2009, del ICA, la cual se establecen los requisitos sanitarios para el registro de los establecimientos de cuarentena y comercialización de peces ornamentales con destino a la exportación para lo cual se deben cumplir con requisitos del ICA y permisos de la AUNAP.

La resolución 1924 del 3 de noviembre del 2015 de la AUNAP, autoriza el aprovechamiento comercial de las especies ícticas ornamentales. En conjunto con los artículos 2.16.5.2.4.2 y

1 2.16.5.2.4.3 del Decreto 1071 de 2015, en donde se establece que tanto para la extracción como
2 para la comercialización de especies ornamentales se deberá contar con permiso de pesca
3 comercial artesanal o permiso de comercialización. Allí se identifican las especies
4 ornamentales nativas que son objeto de comercialización entre la cuales se encuentran el tetra
5 cardenal y el otocinco.

6 Consecutivamente se encuentra la ley 1774 del 6 de enero del 2016 que reglamenta a los
7 animales como seres sintientes, por lo tanto recibirán especial protección contra el sufrimiento
8 y el dolor, en especial, el causado directa o indirectamente por los humanos. En donde se
9 contempla la protección animal ante cualquier forma de abuso, maltrato, violencia, y trato
10 cruel, además se asegura el bienestar animal teniendo en cuenta las cinco libertades de
11 Brambell.

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Acuicultura de la Universidad de Cundinamarca, Sede Fusagasugá, en una altitud media de 1728 msnm y una temperatura ambiente promedio de 20°C.

Animales e instalaciones.

En el presente estudio, se utilizaron 200 ejemplares de la especie tetra cardenal (*Paracheiroduon axelrodi*) y 200 de la especie otocinco (*Otocinclus affinis*), los animales fueron comprados en las centrales de acopio de peces ornamentales ubicados en la zona de Fontibón en Bogotá, trasladados a Fusagasugá y ubicados en dos acuarios de 50 litros (uno por especie), con provisión constante de aire, filtración del agua y temperatura constante ($26 \pm 1^\circ\text{C}$) con un periodo de aclimatación de 20 días, para cada especie. Los animales fueron alimentados con concentrado comercial (TETRAcolor®), una vez al día. Se evaluaron variables físico-químicas del agua (temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitritos, amonio), tres veces a la semana.

Tratamientos y diseño experimental.

Experimento 1

Determinación de concentración efectiva de Propofol para tetra cardenal (*Paracheiroduon axelrodi*).

Para la fase experimental, se utilizaron 48 peces de la especie de tetra cardenal (*Paracheiroduon axelrodi*), los cuales fueron expuestos a diferentes concentraciones de propofol (Propofol®, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 mg.L⁻¹), para cada concentración fueron utilizados un total de 8 animales ($n= 8$). Para la dilución del anestésico se utilizó un acuario de cuatro litros

1 en donde se garantizaron las condiciones de oxigenación y temperatura del agua,
 2 posteriormente se tomaban 500 mL en un acuario en donde se realizaba el proceso de inducción
 3 con cada animal. Se determinó el tiempo de inducción y el tiempo de recuperación, el criterio
 4 empleado para la determinación del estado de profundidad anestésica fue el descrito por
 5 (Schoettger and Julin, 1967; Valentim. *et.,al*, 2016).

6 Tabla 4

7 *Descripción de las etapas de inducción a la anestesia en Tetra Cardenal.*

Estación	Descripción	Signos
1	Sedación leve	Pérdida parcial del equilibrio.
2	Sedación profunda	Pérdida parcial de equilibrio, con respuesta a un pellizco en el pedúnculo caudal (cada 10 segundos).
3	Anestesia	Pérdida de reflejos, ninguna reacción a estímulos externos.
4	Colapso Medular	Cese del movimiento respiratorio (muerte).

8 Tomado de: Schoettger and Julin, 1967; Valentim. et al, 2016.

9

10 Para determinar el estadio anestésico se evaluó la respuesta a la presión aplicada con una
 11 pinza en el pedúnculo caudal, considerando que la insensibilidad al estímulo es un estado de
 12 anestesia 3, posteriormente cada individuo fue pesado, medido y fotografiado. La recuperación
 13 anestésica se realizó en un recipiente de 500 mL el cual fue llenado con agua tomada del acuario
 14 de aclimatación, esto último con el objetivo de mantener las condiciones para la recuperación
 15 post-anestesia. La recuperación se evaluó de acuerdo al protocolo descrito en la tabla 5, según
 16 lo reportado por Cunha y Rosas (2005). El anestésico se renovó después de cada tratamiento

1 para garantizar que las concentraciones de exposición fueran las mismas, mientras que el agua
 2 del acuario de recuperación fue renovada después de la recuperación de cada individuo. Una
 3 vez recuperados, los peces se trasladaron a un acuario con seis divisiones en el cual se garantizó
 4 una temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$, y oxigenación constante, en donde se realizó la observación de
 5 los animales luego de la anestesia por un periodo de 24 horas.

6 Tabla 5

7 *Descripción de las etapas de recuperación anestésica en Tetra Cardenal.*

Estación	Signos
1	Recuperación movimiento opercular
2	Recuperación del movimiento de las aletas
3	Recuperación total del eje de nado
4	Recuperación con capacidad de respuesta a estímulos externos (reflejo de huida)

8 *Tomado de Cunha y Rosas, 2006.*

9 El criterio para determinar la concentración anestésica más efectiva fue establecido según
 10 lo reportado por Olivera *et al*, (2008), quienes definieron que una concentración eficaz de
 11 anestésico para la inducción debe ser menor o igual a 3 minutos, mientras que para la
 12 recuperación post-anestésica no debe sobrepasar los 10 minutos.

13

14 **Experimento 2**

15 ***Determinación de la concentración efectiva de Propofol para otocinelo (*Otocinclus**** 16 ***affinis*)**

17 Posterior a la aclimatación, se utilizaron 48 peces de la especie otocinelo (*Otocinclus*
 18 *affinis*), los cuales fueron expuestos a diferentes concentraciones de propofol (Propofol®, 2,
 19 4, 6, 8, 10 y 12 mg.L⁻¹), para cada concentración fueron utilizados un total de 8 animales ($n=8$).

1 En la inducción anestésica se empleó un acuario de cuatro litros, cada pez fue trasladado de
2 manera individual al acuario de inducción en el que se garantizaron las condiciones de
3 aireación y temperatura del agua (27°C a 30°C), se determinó el tiempo de inducción y el
4 tiempo de recuperación, el criterio empleado para la determinación del estado de profundidad
5 anestésica fue el descrito por (Schoettger y Julin, 1967; Griffith, 2000 Gressler *et al*, 2012).
6 Se determinó el tiempo de inducción y en el tiempo de recuperación por un máximo de 30
7 minutos, las etapas que se tuvieron en cuenta para la inducción son las descritas en la tabla 6.

8 Para determinar el estado anestésico se evaluó la respuesta la presión aplicada con una pinza
9 en el pedúnculo dorsal, considerando que la insensibilidad al estímulo es un estado de anestesia
10 4 como se describe en la tabla 6, posteriormente cada individuo fue pesado, medido y
11 fotografiado. La recuperación anestésica se realizó en un recipiente de 500 mL, el agua tomada
12 para este recipiente fue tomada del acuario de aclimatación, esto último con el objetivo de
13 mantener las condiciones para la recuperación post-anestesia.

14 El anestésico se renovó después de cada tratamiento para garantizar que las concentraciones
15 de exposición fueran las apropiadas, mientras que el agua del acuario de recuperación fue
16 renovada después de cada individuo. Después de la recuperación, los peces se trasladaron a un
17 acuario con seis divisiones en el cual se garantizó una temperatura $28 \pm 1^\circ\text{C}$ y oxigenación
18 constante, en donde se realizó la observación de los animales luego de la anestesia por un
19 periodo de 24 horas.

20 El criterio para determinar la concentración anestésica más efectiva fue establecido según
21 lo reportado por Olivera *et al*, (2008), quienes definieron que una concentración eficaz de
22 anestésico para la inducción debe ser menor o igual a 3 minutos, mientras que para la
23 recuperación post-anestésica no debe sobrepasar los 10 minutos.

24 Tabla 6

25 *Descripción de las etapas de inducción a la anestesia en Otocinelo.*

Estación	Descripción	Signos
1	Sedación leve	Pérdida parcial a la reacción a los estímulos externos.
2	Sedación profunda	Pérdida parcial de equilibrio.
3	Pérdida total del equilibrio	La capacidad de nadar se detiene pero responde a la presión del pedúnculo dorsal. Pérdida de reflejos, ninguna reacción a estímulos externos.
4	Anestesia	Se produce la muerte del animal.
5	Colapso medular	

1 *Tomado de: Schoettger y Julin, 1967; Griffith, 2000; Gressler et al, 2012.*

2 Tabla 7

3 *Descripción de las etapas de recuperación anestésica en Otocinelo.*

Estación	Signos
1	Recuperación movimiento de aletas.
2	Recuperación total del eje de nado.
3	Recuperación y capacidad de respuesta a los estímulos externos (reflejo de huida)

4 *Tomado de Walsh y Pease, 2002*

5

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

ANALISIS ESTADISTICO

Para cada experimento se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). El análisis estadístico se realizó con un ANAVA simple en el programa estadístico SPSS, para la comparación de medias se utilizó una prueba de Tukey, con el 95% de confianza.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} : Tiempo de inducción y/o recuperación que recibe el j-ésimo nivel de aceite de clavo

μ : \bar{X} de los 8 individuos de cada grupo tratado

α_j : Concentración de propofol en agua

ϵ_{ij} : Error experimental

La variable respuesta (Y_{ij}), fue el tiempo expresado en minutos.

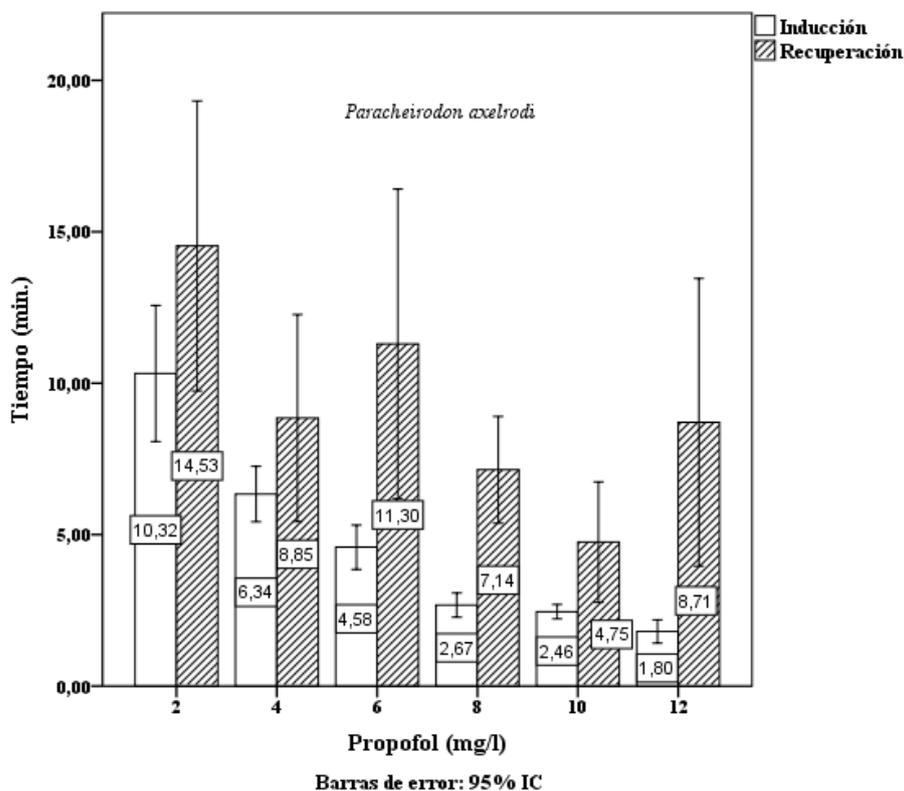
Los datos de mortalidad fueron expresados como porcentaje (%), con respecto a la población total evaluada.

RESULTADOS

Resultados Experimento 1: Tetra Cardenal (*Paracheirodon axelrodi*)

En la tabla 8, se observa los resultados obtenidos para cada tratamiento de acuerdo a las variables evaluadas: tiempo de inducción o tiempo de recuperación. Los tiempos de inducción mostraron una relación inversa respecto a las concentraciones anestésicas. Por otra parte, los tiempos de recuperación entre los tratamientos no mostraron la misma tendencia respecto a las concentraciones, el tiempo de recuperación para la concentración de 2 mg.L⁻¹, fue estadísticamente diferente respecto a los tratamientos de 8 mg.L⁻¹ y 10 mg.L⁻¹; mientras que entre los demás tratamientos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas como se puede observar en la tabla 8.

Los valores obtenidos en las tablas anteriormente presentadas, se encuentran resumidos en la grafica 1.



Gráfica 1. Tiempos de inducción y recuperación anestésica en tetra cardenal.

1 Tabla 8

2 *Inducción y recuperación en tetra cardenal*

Tratamientos	2 mg.l ⁻¹	4 mg.l ⁻¹	6 mg.l ⁻¹	8 mg.l ⁻¹	10 mg.l ⁻¹	12 mg.l ⁻¹
Media (min.)	10,31 _c	6,33 _b	4,58 _b	2,67 _a	2,45 _a	1,80 _a
Media (min.)	14,53 _b	8,85 _{ab}	11,29 _{ab}	7,14 _a	4,75 _a	8,70 _{ab}

3 *Prueba de comparación de medias Tukey, letras diferentes a, b, c = diferencia significativa p*

4 *< 0,05*

5 La mortalidad post-anestésica total en el tetra cardenal fue del 29,2 % (tabla 9)

6 Tabla 9

7 *Mortalidad a las 24 horas después de la anestesia en tetra cardenal*

Tratamientos	Mortalidad individual	Mortalidad acumulada (%)
2 mg.l ⁻¹	4 (50%)	50
4 mg.l ⁻¹	3 (37,5%)	37,5
6 mg.l ⁻¹	3 (37,5%)	37,5
8 mg.l ⁻¹	1 (12,5%)	12,5
10 mg.l ⁻¹	2 (25%)	25
12 mg.l ⁻¹	1 (12,5%)	12,5
Total	14	29,2

8

9 **Resultados Experimento 2: Otonciclo (*Otocinclus affinis*)**

10 En la tabla 10, se observan los resultados obtenidos por cada tratamiento de acuerdo a las
 11 variables evaluadas: tiempo de inducción o tiempo de recuperación. Los tiempos de inducción
 12 mostraron una relación inversa respecto a las concentraciones anestésicas. Por otra parte, los
 13 tiempos de recuperación entre los tratamientos no mostraron la misma relación respecto a las
 14 concentraciones, el tiempo de recuperación para la concentración de 8 mg.L⁻¹, fue

1 estadísticamente diferente respecto al tratamiento de 2 mg.L⁻¹; mientras que entre los demás
 2 tratamientos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas como se puede
 3 observar en la tabla 10. La gráfica 2, muestra el resumen de los resultados obtenidos en el
 4 experimento.

5 Tabla 10

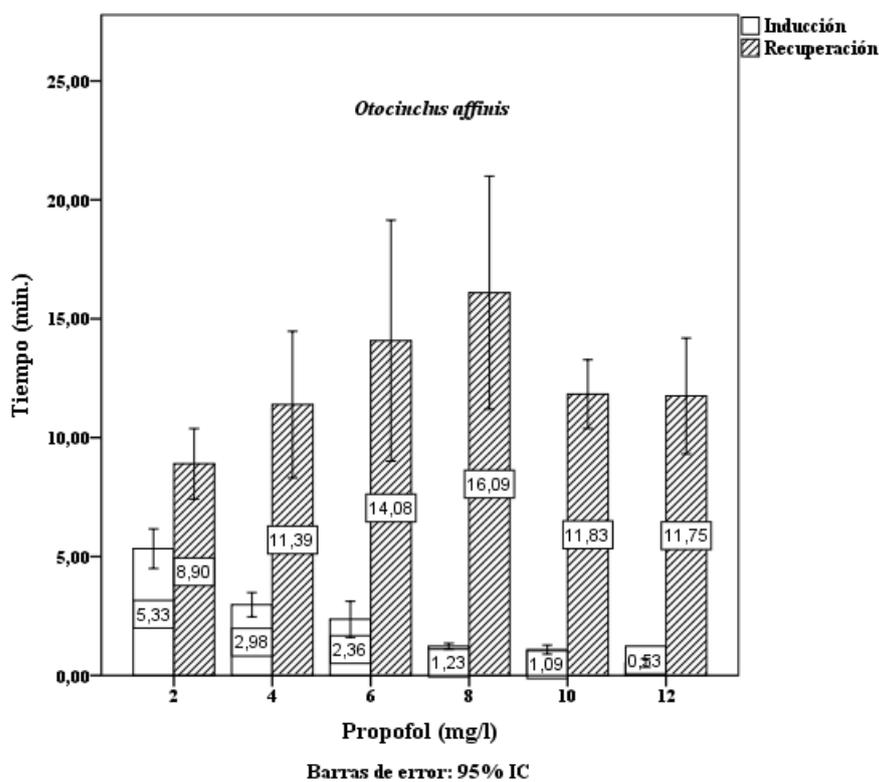
6 *Inducción y recuperación en otocinclo.*

Tratamientos	2 mg.l-1	4 mg.l-1	6 mg.l-1	8 mg.l-1	10 mg.l-1	12 mg.l-1
Media (min.)	5,32c	2,97b	2,36b	2,67b	1,08 ^a	0,52a
Media (min.)	8.9a	11,39ab	14,08b	7,14a	11,83ab	11,75ab

7 Prueba de comparación de medias Tukey, letras diferentes ^{a, b, c} = diferencia significativa

8 <0,05

9



10

11 *Gráfica 2. Tiempos de inducción y recuperación anestésica en otocinclo*

1 La mortalidad post-anestésica a las 24 horas para este experimento fue del 2,08%,
2 correspondiente a 1 individuo en la concentración de 10 mg.L⁻¹.

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

DISCUSIÓN

En la actualidad existen diversas alternativas anestésicas para peces nativos colombianos, algunos ejemplos son los reportados por Millán-Ocampo *et al.*, (2012), Marín-Mendez *et al.*, (2012), Suárez-Martínez *et al.* (2014), quienes usaron el eugenol como agente anestésico en escalara (*Pterophyllum scalare*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y el híbrido de bagre rayado x yaque (*Pseudoplatystoma sp. x Leiarius marmoratus*), respectivamente. Por su parte, Hinostroza y Serrano (2013), reportaron el uso del metasulfonato de tricaina como agente anestésico en juveniles de Pirarucú (*Arapaima gigas*).

Hasta el momento, en de la revisión realizada, no se encontraron reportes de anestesia con propofol para especies ornamentales nativas colombianas, constituyendo este trabajo como el primero que se realiza en esta materia en especies ornamentales nativas colombianas.

El propofol es un agente de acción corta, empleado principalmente como anestésico intravenoso, en especies terrestres como los equinos y caninos (Thibaut *et al.*, 2002; Argueta y Argueta, 2015). Para el caso de los peces, se ha reportado el uso del propofol vía intravenosa en especies como Esturión del Atlántico (*Acipenser oxyrinchus*), (Fleming *et al.*, 2003), en Tiburón Bambú (*Chylloscyllium plagiosum*), (Miller *et al.*, 2005); y la Carpa común (*Ctenopharyngodon idella*), (Peyghan *et al.*, 2008), implicando una restricción física para su aplicación. Cuando la anestesia se realiza a través de la inmersión del pez en el agua mezclada con el anestésico, como en el caso del presente trabajo, permite eliminar las desventajas a las que conlleva la restricción física, así como aquellas generadas por el tamaño del animal y que pueden limitar el uso de la vía intravenosa.

Las características de la presentación comercial del propofol facilitan su miscibilidad en el agua, no obstante, el uso de esta sustancia como alternativa anestésica de inmersión para los peces, viene siendo estudiada apenas recientemente dadas las fechas de los reportes

1 encontrados (Gressler, 2012; Gholipourkanani y Ahadzadeh, 2013; Gomulka *et al*, 2014;
2 Gomulka *et al*, 2015; Valentim *et al*, 2016).

3 Para el caso del presente trabajo, se considera que la concentración de propofol de 8 mg.l⁻¹,
4 es la más adecuada para la anestesia en el tetra cardenal (*Paracheiroduon axelrodi*), ya que fue
5 la menor de las concentraciones que permitió la inducción (2,67 +/- 0,48 min), y recuperación
6 anestésica (7,14 +/- 2,11 min.), acorde con los criterios adoptados para el experimento. Estos
7 últimos, definen como concentración efectiva a aquella que permita un tiempo de inducción
8 inferior a 3 minutos y de recuperación no mayor a 10 minutos. Aunque los tiempos de
9 inducción y recuperación con la concentración de 10 mg.l⁻¹ de propofol fueron inferiores a los
10 obtenidos con la concentración de 8 mg.l⁻¹, no se consideró dicha concentración debido a que
11 causó mayor porcentaje de mortalidad.

12 La mortalidad observada a las 24 horas posteriores a la anestesia (29 %) (T1: **4**, T2: **3**, T3:
13 **3**, T4: **1**, T5: **2** Y T6: **1**), demuestra la susceptibilidad de la especie al manejo. En este sentido,
14 es importante considerar que las especies tetra como el cardenal (*Paracheiron axelrodi*) y el
15 tetra neón (*Paracheiron innesi*), presentan un comportamiento gregario con tendencia a la
16 formación de cardúmenes o agrupaciones. La reducción o separación del cardumen genera
17 estrés en los animales con efectos directos frecuencia respiratoria y cardiaca, elevación de
18 cortisol en la sangre e incluso la muerte (Artiles, 2013). De acuerdo con el resultado, es
19 necesario realizar investigaciones posteriores referentes a determinar el posible efecto del
20 propofol en la especie.

21 En el otocinclo, se propone la concentración de 4 mg.l⁻¹ (2,98+/-0,61), como la más
22 apropiada para la anestesia, por ser la concentración con menores tiempos y que además
23 cumple con los criterios establecidos para la inducción en los animales, es decir en menos de 3
24 minutos, y que presenta a su vez el tiempo más corto de recuperación. Aunque los tratamientos
25 de 8, 10 y 12 mg.l⁻¹ (1,23+/-0,15; 1,08+/-0,23 y 22 0,52+/-0,21 min., respectivamente),

1 indujeron a los peces en menor tiempo, se prefiere la concentración de 4 mg.l⁻¹, debido a que
2 sus tiempos de inducción y recuperación fueron los más uniformes entre tratamientos. La
3 muerte de uno de los individuos en el tratamiento de 10 mg.l⁻¹, supone una reducción en el
4 margen de seguridad del producto por encima de esta concentración y por tal motivo no es
5 considerado.

6

7 Las concentraciones de propofol determinadas en el presente trabajo, se encuentran dentro
8 del rango de aquellas reportadas para ciprínidos como el goldfish (*Carassius auratus*; 7 mg.l⁻¹
9 ¹) y el pez Koi (*Cyprinus carpio*, 5–10 mg.l⁻¹), (Gholipour Kanani y Ahadizadeh, 2013; Oda *et*
10 *al*, 2014), sin embargo, difieren de lo reportado por Valentim *et al*, (2016), para el también
11 ciprínido, pez cebra (*Danio rerio*), en el que concentraciones de 2,5-7,5 mg.l⁻¹ de propofol no
12 fueron efectivas en producir analgesia, demostrando la idiosincrasia de cada especie en cuanto
13 al efecto del anestésico sobre el sistema nervioso.

14 En *Characiformes* como el *Astyanax altiparanae*, concentraciones entre 0,22-0,27 mg.l⁻¹ de
15 propofol, demostraron ser suficientes para la inducción anestésica (Ostrensky *et al*, 2016) esto
16 se puede ver evidenciada por el asimilación del anestésico que puede variar según la especie,
17 mientras que en *Siluriformes*, Gressler *et al*, (2012), reportaron concentraciones efectivas de
18 10 mg.l⁻¹ de propofol, coincidiendo con el rango reportado para el otocinelo.

19

20

21

22

23

24

25

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

CONCLUSIONES

- Este estudio corresponde a el primer reporte del uso de propofol como anestésico para especies ornamentales nativas colombianas como el *Paracheiroduon axelrodi* y el *Otocinclus affinis*.
- Las concentraciones 4 y 8 mg.l⁻¹ de propofol fueron las más adecuadas para el otocinco y el tetra cardenal respectivamente, ya que presentaron el mejor equilibrio entre los tiempos de inducción/recuperación y la mortalidad (seguridad para los peces).
- La respuesta de cada especie es idiosincrática, por lo tanto no se deben extrapolar resultados o posibles respuestas con base en aproximaciones taxonómicas, características externas o tamaño.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

RECOMENDACIONES

- Aunque se demostró la efectividad del tratamiento con propofol en el tetra cardenal, la mortalidad (29,2%), fue alta y por lo tanto se sugiere precaución en el uso de este anestésico para la especie hasta la realización de experimentos y de la manipulación de la especie con relación a su estado gregario o de cardumen que podría aumentar el estrés y por consiguiente el índice de mortalidad.
- Se recomienda realizar estudios del uso del propofol ya sea para transporte o manipulación para laboratorio con el fin de minimizar el estrés causado durante diversos manejos o manipulaciones con diversos fines en especies nativas, además implementar más protocolos que contribuyan en el bienestar de los peces.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

BIBLIOGRAFÍA

Argueta L. R., Argueta G. R. (2015). Uso de propofol, ketamina y tramadol como asociación polimodal en el mantenimiento bajo la modalidad TIVA en anestesia equina. Volumen 16 N° 12. *REDVET Rev. Electrón. vet.* <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Artilles-Lezcano, J.P. 2013. Efectos del tamaño del cardumen en el estrés de los individuos de tetra neón *Paracheiroduon innesi* (Myers, 1936). *Anales Universitarios de Etología*, 7:32-37. Disponible en:

<http://www.webs.ulpgc.es/etologia/revista2013/Juan%20Pedro%20Artilles%20Lezcano%2032-37.pdf>

Ayala - Soldado, N. (2014). Estudio comparativo de los efectos de los anestésicos metanosulfonato de tricaína (MS-222) y eugenol, para su uso en el pez Cebra (*Danio rerio*) como modelo experimental. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba*

Barandica, C. Tort, B. (2008). Neuroendocrinología e inmunología de la respuesta al estrés en peces. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.:* volumen xxxii, número 123-junio de 2008

Bleher, H. (2011). La ruta de los Tetra Cardenal (*Paracheiroduon axelrodi*), bleher s discus, volume 2, *aquapress-bleher*, italy, Disponible en: <http://wildfishaquarium.com/la-ruta-de-los-tetra-cardenal-paracheiroduon-axelrodi/>

Branson, E. (2008). *Fish welfare*. Oxford: Blackwell Publishing. Ltd, Pg 7- 78

Chandroo, K.P., Duncan, I.J.H., Moccia, R.D. (2004). Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Applied Animal Behaviour Science*, 86, 225–50.

Cortes, C., Galindo, F., Galicia, S., Flores, A. (2011). GABA: ¿dualidad funcional?, transición durante el neurodesarrollo. Disponible en:

1 <http://www.fisiologia.buap.mx/online/DraFloresUA/gaba-neurociencias.pdf> (Accedido 11
2 Oct. 2016).

3 Cunha, F. Rosa, I. (2006). Anaesthetic effects of clove oil on seven species of tropical reef
4 teleosts. *J Fish Biol* 69: 1504- 1512.

5 David Ruáles, C. (2014). Bienestar en peces y aspectos reglamentarios en Colombia para la
6 explotación de especies ícticas con fines experimentales y comerciales, *Revista Lasallista de*
7 *investigación* - Vol. 11 No. 1 - 2014 - 169•180, pg 1-9.

8 Fleminig. G.J., Heard DJ, Francis Floyd R, Riggs A. (2003). Evaluation of propofol and
9 medetomidine-ketamine for short-term immobilization of Gulf of Mexico sturgeon (*Acipenser*
10 *oxyrinchus de soti*). *Journal of Zoo and wildlife medicine*, v. 34, n. 2, p. 153-158.

11 Frenesius K. (2016). Propofol 1% MCT/LCT 20 mL. Descripción del producto. Disponible
12 en:http://www.frenesiuskabi.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=347:propofol-1-mctlct-20-ml&catid=49:anestesia&Itemid=186.

14 Galeotti, G. (2009). Farmacocinética del propofol en infusión. Vol 67 N° 2, pág. 157 – 180.
15 Disponible en: [https://es.scribd.com/doc/29027430/Farmacocinetica-del-propofol-en-](https://es.scribd.com/doc/29027430/Farmacocinetica-del-propofol-en-infusion)
16 [infusion](https://es.scribd.com/doc/29027430/Farmacocinetica-del-propofol-en-infusion).

17 Ganem, E.M., Fukushima, F.B., Silva, D.S.M., Nakamura, G., Castiglia, Y.M.M.,
18 Vianna,P.T.G. (2002). Eficácia do propofol e da associação de propofol e dexametasona no
19 controle da náusea e vômito no pós-operatório de laparoscopia ginecológica. *Revista Brasileira*
20 *de Anestesiología* 52, 394-401.

21 GholipourKanani, H., Ahadizadeh, S. (2013). Use of propofol as an anesthetic and its
22 efficacy on some hematological values of ornamental fish *Carassius auratus*. *SpringerPlus*, 2,
23 76. <http://doi.org/10.1186/2193-1801-2-76>.

- 1 Gomulka, P. Czerniak, E. Dagowski, S. Luczynski, M. Szczepkowski, M. Szkudlarek, M.
2 (2015). Effects of propofol and carbon dioxide on acid-base balance in Siberian sturgeon.
3 *Polish Journal of Veterinary Sciences* 18, (2).
- 4 Gomulka, P. Wlasow, T. Szczepkowski, M. Misiewicz, L. Ziamek, E. (2014). The Effect of
5 Propofol Anaesthesia on Haematological and Biochemical Blood Profile of European
6 Whitefish. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14: 331-337.
- 7 González-Mantilla JF. (2010). Farmacología, Terapéutica y Anestesia de Peces. Memorias
8 Conferencia Interna Medicina y Aprovechamiento de Fauna Silvestre y Exótica. 6. 50-62.
9 Disponible en:
10 [https://www.researchgate.net/publication/297224525_Farmacologia_Terapeutica_y_Anestesia](https://www.researchgate.net/publication/297224525_Farmacologia_Terapeutica_y_Anestesia_de_Peces)
11 [a_de_Peces](https://www.researchgate.net/publication/297224525_Farmacologia_Terapeutica_y_Anestesia_de_Peces).
- 12 Gressler, L. (2011). Anestesia de Jundias Cinzas e Albinos em Banho de Imersao com
13 Metanosulfonato de Tricaína ou Propofol. Maestria en Farmacologia. Universidad Federal de
14 Santa Maria. (Accedido 2 abril. 2017).
- 15 Gressler, L. T., Parodi, T. V., Riffel, A. P. K., DaCosta, S. T. and Baldisserotto, B. (2012).
16 Immersion anaesthesia with tricaine methanesulphonate or propofol on different sizes and
17 strains of silver catfish *Rhamdia quelen*. *Journal of Fish Biology*, 81: 1436–1445.
- 18 Griffith, S. P. (2000). The use of clove oil as an anaesthetic and method for sampling
19 intertidal rockpool fishes. *Journal of Fish Biology*, 57(6), pp.1453-1464.
- 20 Hill, J.V. and Forster, M.E. (2004) Cardiovascular responses of Chinook salmon
21 (*Oncorhynchus tshawytscha*) during rapid anaesthetic induction and recovery, *Comp. Biochem.*
22 *Physiol.* Pág 167–177.
- 23 Hinostroza M., E., Serrano M., E. (2013). Efecto anestésico del metasulfonato de tricaína
24 en Paiches (*Arapaima gigas*) juveniles. *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*;
25 24(4): 451-45.

1 ICA.gov.co. (2010). Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. (online) disponible en:
2 [http://www.ica.gov.co/Noticias/Pesca-y-Acuicultura/2010/Exigencias-sanitarias-para-](http://www.ica.gov.co/Noticias/Pesca-y-Acuicultura/2010/Exigencias-sanitarias-para-asegurar-la-exportacion.aspx)
3 [asegurar-la-exportacion.aspx](http://www.ica.gov.co/Noticias/Pesca-y-Acuicultura/2010/Exigencias-sanitarias-para-asegurar-la-exportacion.aspx) (Accedido 4 Mar. 2017).

4 La ley N° 84, Estatuto de Protección y Bienestar Animal, Colombia, 27 de diciembre de
5 1989.

6 Landines, P, M., Sanabria, O, A., Daza, V, P. (2007). Producción de peces ornamentales en
7 Colombia. Páginas 45 – 50.

8 Landines-Parra, M. (2007). Producción de peces ornamentales de la Orinoquía Colombiana.
9 *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola* año II, vol. 2, 2007. ISSN 1909 –
10 8138.

11 Legiscomex. (2012). Estudio de Mercado Peces Ornamentales en Colombia. Pág 6 – 10.
12 Disponible en:
13 [https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/estudio%20peces%20orna-](https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/estudio%20peces%20ornamentales%20completo3.pdf)
14 [mentales%20completo3.pdf](https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/estudio%20peces%20ornamentales%20completo3.pdf) (Accedido 20 Feb. 2017).

15 Ley no. 1774 (2016), Reglamenta a los animales como seres sintientes, Colombia, 6 de
16 enero del 2016

17 Marín - Mendez, G., Torres - Cortes, A., Naranjo -Suarez, L., Chacón - Novoa, R., Rondón
18 – Barragan, I. (2012). Concentración letal 50 a 96 horas de eugenol en cachama blanca
19 (*Piaractus brachypomus*). *Orinoquia*, 16(2), 62-66.

20 Martinez, S. (2009). Anestesia Quirúrgica, Fasciculo II: Transoperatorio, pp 111-136.
21 Disponible en:
22 [http://file:///D:/Nueva%20carpeta%20\(3\)/martinez_cirugia_4e_cap_muestra_08.pdf](http://file:///D:/Nueva%20carpeta%20(3)/martinez_cirugia_4e_cap_muestra_08.pdf)
23 (Accedido 11 Feb. 2017).

24 Millán-Ocampo, L., Torres-Cortés, A., Marín-Méndez, G., Ramírez-Duart, W., Vásquez-
25 Piñeros, M., Schroniltgen Rondón-Barragán, I. (2012). Concentración anestésica del eugenol

1 en peces Escalares (*Pterophyllum scalare*). *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*,
2 23(2), 171-181.

3 Miller, S.M.; Mitchell, M.A.; Heatley, J.J. (2005). Clinical and cardiorespiratory effects of
4 propofol in the spotted bamboo shark (*Chylloscyllium plagiosum*) *Journal of Zoo and Wildlife*
5 *Medicine* , v. 36, n. 4, p. 673-676.

6 Muñoz-Cuevas J., Cruz-Paz, M., Olivero-Vásquez, Y. (2005). Propofol ayer y hoy, *Revista*
7 *mexicana de anestesiología*, vol 28. N°3.pp148-158. Disponible en:
8 <http://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2005/cma053g.pdf> (Accedido 23 Feb. 2017).

9 Oliveira L, Branco R, Luscher A, Lira A, Rocha T, Santos G. (2008). Eugenol como
10 anestésico para a tilapia-do-nilo. *Pesq Agropec Bras* 43: Pág1069-1074.

11 Ortega-Lara, A., Cruz-Quintana, Y., Puentes, V. (2015). Dinámica de la Actividad Pesquera
12 de Peces Ornamentales Continentales en Colombia. Serie Recursos Pesqueros de Colombia –
13 AUNAP. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP ©. Fundación FUNINDES ©.
14 174 p.

15 Ostrensky, A., Pedrazzani, A. S., Vicente, A. L. (2016). Use of MS-222 (tricaine
16 methanesulfonate) and propofol (2,6-diisopropylphenol) as anaesthetics for the tetra *Astyanax*
17 *altiparanae* (Teleostei, Characidae). *Aquac Res*, 47: 3477–3488.

18 Pedrazzani, A (2014). Use of anesthetics during handling and transport of clown
19 anemonefish (*Amphiprion ocellaris*). *Federal University of Parana*. Disponible en:
20 [http://eprints.c3sl.ufpr.br/bitstream/handle/1884/36541/R%20-%20T%20-](http://eprints.c3sl.ufpr.br/bitstream/handle/1884/36541/R%20-%20T%20-%20ANA%20SILVIA%20PEDRAZZANI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
21 [%20ANA%20SILVIA%20PEDRAZZANI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://eprints.c3sl.ufpr.br/bitstream/handle/1884/36541/R%20-%20T%20-%20ANA%20SILVIA%20PEDRAZZANI.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

22 Peri. D. (2015). Peces ornamentales de agua dulce. *Macrotocinclus-affinis*. Generalidades.
23 El Acuario. (Online). Disponible en: <https://www.elacuario.org/pez/macrotocinclus-affinis>
24 (Accedido 23 Feb. 2017).

- 1 Peyghan,R. Ali, A., Nadaf, H., Ebadi, A. (2008). Anesthesia with Propofol in Grass Carp,
2 *Ctenopharyngodon idella*, and its Effects on Electrocardiogram, Blood Gases and pH. *Iranian*
3 *Journal of Veterinary Surgery* 03(4), 9-18.
- 4 Ramsay, J. Grant W. Feist, Zoltán, M. Varga, Monte Westerfield, Michael L. Kent, Carl B.
5 Schreck. (2006). Whole-body cortisol is an indicator of crowding stress in adult zebrafish,
6 *Danio rerio*, *Aquaculture* 258 (2006) pp.565–574.
- 7 Resolución 1924, Autoriza el aprovechamiento comercial de las especies ícticas
8 ornamentales, Colombia, 3 de noviembre del 2015.
- 9 Resolución 5239, Por medio de la cual se establecen los requisitos sanitarios para el registro
10 de los establecimientos de cuarentena y comercialización de peces ornamentales con destino a
11 la exportación, Colombia, 29 de diciembre de 2009, del ICA
- 12 Resolución 8430, Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en
13 salud. Colombia, 4 octubre de 1993.
- 14 Rodríguez, V. (2009). Bienestar Animal. Universidad de Córdoba. Disponible en:
15 http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/30_16_09_Binestar_Animal_VRE.pdf
16 (Accedido 23 Feb. 2017).
- 17 Rose, J.D. (2002). The neurobehavioral nature of fishes and the question of awareness and
18 pain. *Reviews in Fisheries Science*, 10, 1–38.
- 19 Ross, L., Ross, B., Ross, B. (2008). ” Anaesthetic and Sedative Techniques for Aquatic
20 Animals”, *Blackwell Publishing editorial*, Pg 78-96.
- 21 Schoettger, R. A., Julin, A. M. (1967). Efficacy of MS-222 as an anaesthetic on four
22 salmonids. *Investigation of Fisheries Contribution, U.S. Department of Interior* 13, 1–15.
- 23 SiB. Sistema Informativo de Biodiversidad. (2015). Cifras de biodiversidad en Peces.
24 Disponible en: <https://www.sibcolombia.net/> (Accedido 25 Nov. 2016).

- 1 Siebers.P. (2013). Ficha técnica *Otocinclus affinis*. Asociación de española de acuaristas
2 desde 1953. Disponible en:
3 <http://www.mundoacuafilo.org/index.php/fichas/item/otocinclo-dorado> (Accedido 16 Oct.
4 2016).
- 5 Thibaut, J., Rivera, T., & Ahumada, F. (2002). Anestesia endovenosa en perros mediante el
6 uso de propofol en dosis única, premedicado con acepromazina-atropina y xilazina-atropina.
7 *Archivos de medicina veterinaria*, 34(1), 25-35.
- 8 TradeMap. (2012). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las
9 empresas Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y
10 exportación, volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado. Principales Países
11 exportadores de peces ornamentales. 2012. Disponible en:
12 <http://www.trademap.org/Index.aspx?lang=es> (Accedido 05 Nov. 2016).
- 13 Valentim. M.A, Félix. L.M, Carvalho. L, Diniz. E, Antunes. M. L. A. (2016). New
14 Anaesthetic Protocol for Adult Zebrafish (*Danio rerio*): Propofol Combined with Lidocaine.
15 *Journal Plos one*, 11(1), p.e0147747. Disponible en:
16 <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0147747>.
- 17 Vásquez M, Piñeros.D, Ramirez.W, Eslava.P. (2012). Concentración óptima de sustancias
18 de bajo costo para mejorar el transporte de dos especies de peces ornamentales. Disponible en:
19 <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v16s1/v16s1a05.pdf> (Accedido 17 Feb. 2017).
- 20 Velasco, Y., Palacios, C., Cruz C. P. (2008). Eficiencia anestésica de 2-Fenoxietanol,
21 Benzocaina, Quinaldina y Metasulfonato de Tricaina en alevinos y juveniles de Cachama
22 Blanca (*Piaractus brachypomus*). *Rev.MVZ Córdoba* 13(3):1435-1445. Disponible en:
23 <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v13n3/v13n3a02.pdf> (Accedido 05 Nov. 2016).
- 24 Walsh CT, Pease BC. (2002). The use of clove oil as an anaesthetic for the longfinned eel,
25 *Anguilla reinhardtii* (*Steindachner*). *Aquac Res* 33: 627-635.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

ANEXOS

TABLAS DE RESULTADOS TETRA CARDENAL

Tabla 11

Resultados obtenidos con la dosis de (2mg/L).

PROPOFOL TETRA CARDENAL (2 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	6,3	378	5,4	324	0,25	2,8
2	10,4	624	10	600	0,35	2,6
3	9,5	570	12,19	731,4	0,3	2,5
4	8,2	492	20	1200	0,22	2,4
5	10,15	609	20	1200	0,27	2,2
6	11,22	673,2	18,23	1093,8	0,22	2,4
7	11,2	672	10,44	626,4	0,3	2,4
8	15,58	934,8	20	1200	0,34	2,5
PROMEDIO	10,32	619,13	14,53	871,95	0,28	2,48
DS	2,69	161,34	5,73	343,58	0,05	0,18

1 Tabla 12

2 *Resultados obtenidos con la dosis de (4mg/L).*

PROPOFOL TETRA CARDENAL (4 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	5,45	327	8	480	0,37	2,6
2	5,35	321	4,44	266,4	0,35	2,6
3	5,53	331,8	14,15	849	0,28	2,3
4	6	360	4,45	267	0,27	2,2
5	6,2	372	8,08	484,8	0,3	2,4
6	8,66	519,6	6,33	379,8	0,35	2,5
7	6,51	390,6	10,09	605,4	0,36	2,6
8	7	420	15,26	915,6	0,23	2,3
PROMEDIO	6,34	380,25	8,85	531,00	0,31	2,44
DS	1,10	65,77	4,09	245,50	0,05	0,16

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

1 Tabla 13

2 *Resultados obtenidos con la dosis de (6mg/L).*

PROPOFOL TETRA CARDENAL (6 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	4,05	243	16,15	969	0,18	2,2
2	5,35	321	6,4	384	0,34	2,5
3	4,29	257,4	19,27	1156,2	0,24	2,4
4	3,46	207,6	5,13	307,8	0,33	2,5
5	5,42	325,2	8,05	483	0,25	2,3
6	3,46	207,6	20	1200	0,19	2
7	5,15	309	7,29	437,4	0,25	2,3
8	5,5	330	8,1	486	0,27	2,3
PROMEDIO	4,59	275,10	11,30	677,93	0,26	2,31
DS	0,87	52,42	6,11	366,86	0,06	0,16

3

4

5

6

7

8

1 Tabla 14

2 *Resultados obtenidos con la dosis de (8mg/L).*

PROPOFOL TETRA CARDENAL (8 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	2,17	130,2	6,26	375,6	0,2	2,1
2	3	180	9,1	546	0,2	2,1
3	2,36	141,6	10,22	613,2	0,21	2,1
4	2,43	145,8	6,25	375	0,26	2,3
5	3,31	198,6	5,22	313,2	0,41	2,5
6	2,48	148,8	9,51	570,6	0,22	2,2
7	2,27	136,2	5,43	325,8	0,36	2,4
8	3,37	202,2	5,13	307,8	0,36	2,5
PROMEDIO	2,67	160,43	7,14	428,40	0,28	2,28
DS	0,48	28,76	2,11	126,59	0,09	0,18

3

4

5

6

7

8

9

10

1

2 Tabla 15

3 *Resultados obtenidos con la dosis de (10 mg/L).*

PROPOFOL TETRA CARDENAL (10 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	2,35	141	4,22	253,2	0,23	2,1
2	2,18	130,8	10,58	634,8	0,24	2,3
3	3,04	182,4	4,03	241,8	0,21	2,2
4	2,5	150	4,16	249,6	0,25	2,2
5	2,53	151,8	3,26	195,6	0,22	2,2
6	2,58	154,8	3,52	211,2	0,38	2,7
7	2,21	132,6	4,04	242,4	0,29	2,4
8	2,26	135,6	4,21	252,6	0,26	2,4
PROMEDIO	2,46	147,38	4,75	285,15	0,26	2,31
DS	0,28	16,82	2,38	142,83	0,05	0,19

4

5

6

7

8

9

1

2 Tabla 16

3 *Resultados obtenidos con la dosis de (12mg/L).*

PROPOFOL TETRA CARDENAL (12 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	1,15	69	4,03	241,8	0,21	2,2
2	2,04	122,4	10,47	628,2	0,25	2,5
3	2,11	126,6	6,53	391,8	0,25	2,3
4	2,24	134,4	13,45	807	0,24	2,3
5	2,19	131,4	4,02	241,2	0,28	2,3
6	2,07	124,2	4,06	243,6	0,38	2,6
7	1,4	84	7,09	425,4	0,18	2,1
8	1,21	72,6	20	1200	0,22	2,2
PROMEDIO	1,80	108,08	8,71	522,38	0,25	2,31
DS	0,46	27,80	5,68	340,87	0,06	0,16

4

5

1 **TABLAS RESULTADOS OTOCINCLO**

2

3 Tabla 17

4 *Resultados obtenidos con la dosis de (2mg/L).*

PROPOFOL OTOCINCLO (2 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	5,09	305,4	6,28	376,8	0,28	2,3
2	3,56	213,6	7,42	445,2	0,23	2,3
3	4,33	259,8	7,56	453,6	0,25	2,5
4	5,37	322,2	10,14	608,4	0,17	2,2
5	6,3	378	8,35	501	0,19	2,3
6	5,45	327	9,5	570	0,21	2,4
7	6,34	380,4	11,37	682,2	0,16	2,2
8	6,19	371,4	10,58	634,8	0,17	2,3
PROMEDIO	5,33	319,73	8,90	534,00	0,21	2,31
DS	0,99	59,60	1,77	106,31	0,04	0,10

5

6

7

8

9

10

11

12

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

Tabla 18

Resultados obtenidos con la dosis de (4mg/L).

PROPOFOL OTOCINCLO (4 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	2,4	144	11,08	664,8	0,22	2,4
2	3,15	189	12,3	738	0,19	2,3
3	3,42	205,2	19,53	1171,8	0,21	2,3
4	3,01	180,6	10,05	603	0,24	2,4
5	2,32	139,2	9,33	559,8	0,21	2,3
6	2,28	136,8	7,3	438	0,23	2,4
7	3,21	192,6	9,28	556,8	0,24	2,3
8	4,02	241,2	12,28	736,8	0,18	2,1
PROMEDIO	2,98	178,58	11,39	683,63	0,22	2,31
DS	0,61	36,71	3,69	221,26	0,02	0,10

1

2 Tabla 19

3 *Resultados obtenidos con la dosis de (6 mg/L).*

PROPOFOL OTOCINCLO (6 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	1,59	95,4	10,05	603	0,25	2,3
2	2,54	152,4	18,04	1082,4	0,21	2,3
3	2,13	127,8	27,13	1627,8	0,18	2,2
4	4,34	260,4	10,09	605,4	0,2	2,3
5	2,14	128,4	15,13	907,8	0,21	2,3
6	2,21	132,6	10,34	620,4	0,28	2,4
7	2,56	153,6	12,35	741	0,2	2,2
8	1,37	82,2	9,51	570,6	0,22	2,4
PROMEDIO	2,36	141,60	14,08	844,80	0,22	2,30
DS	0,90	54,09	6,06	363,63	0,03	0,08

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

Tabla 20

Resultados obtenidos con la dosis de (8mg/L).

PROPOFOL OTOCINCLO (8 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	2,17	130,2	6,26	375,6	0,2	2,1
2	3	180	9,1	546	0,2	2,1
3	2,36	141,6	10,22	613,2	0,21	2,1
4	2,43	145,8	6,25	375	0,26	2,3
5	3,31	198,6	5,22	313,2	0,41	2,5
6	2,48	148,8	9,51	570,6	0,22	2,2
7	2,27	136,2	5,43	325,8	0,36	2,4
8	3,37	202,2	5,13	307,8	0,36	2,5
PROMEDIO	2,67	160,43	7,14	428,40	0,28	2,28
DS	0,48	28,76	2,11	126,59	0,09	0,18

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

Tabla 21

Resultados obtenidos con la dosis de (10 mg/L).

PROPOFOL OTOCINCLO (10 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	0,56	33,6	13,3	798	0,22	2,4
2	1,24	74,4	12,01	720,6	0,27	2,5
3	1,07	64,2	9,44	566,4	0,22	2,2
4	1,11	66,6	12,46	747,6	0,24	2,4
5	1,3	78	13,52	811,2	0,25	2,3
6	1,08	64,8	13,46	807,6	0,21	2,3
7	1,22	73,2	9,23	553,8	0,21	2,2
8	1,1	66	11,22	673,2	0,18	2,2
PROMEDIO	1,09	65,10	11,83	709,80	0,23	2,31
DS	0,23	13,70	1,73	103,79	0,03	0,11

1

2 Tabla 22

3 *Resultados obtenidos con la dosis de (12mg/L).*

PROPOFOL OTOCINCLO (12 mg/L)						
INDIVIDUO	TIEMPO DE INDUCCIÓN (minutos)	TIEMPO DE INDUCCIÓN (segundos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (minutos)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (segundos)	PESO (g)	TALLA (cm)
1	0,4	24	18,03	1081,8	0,21	2,3
2	0,48	28,8	11,43	685,8	0,28	2,4
3	0,42	25,2	9,13	547,8	0,22	2,4
4	1,03	61,8	10,45	627	0,24	2,4
5	0,5	30	9,22	553,2	0,23	2,3
6	0,38	22,8	12,16	729,6	0,21	2,3
7	0,45	27	10,25	615	0,21	2,3
8	0,55	33	13,36	801,6	0,27	2,5
PROMEDIO	0,53	31,58	11,75	705,23	0,23	2,36
DS	0,21	12,66	2,92	174,94	0,03	0,07

4

1

2

ANEXO FOTOGRÁFICO.

3

4

Imagen 1. Fotografía de la aclimatación realizada en los peces *P. axelrodi*, la aclimatación fue

5

realizada por un periodo de una hora, para ser introducidos posteriormente al acuario.



6

7

Imagen 2. Fotografía de la aclimatación realizada en los peces *O. affinis*, la aclimatación fue

8

realizada por un periodo de una hora, para ser introducidos posteriormente al acuario.



1

2 **Imagen 3.** Acuario de los peces *P. axelrodi*, en este acuario se mantuvieron los peces durante

3 20 días previos a el experimento, se alimentaban dos veces al día (mañana y tarde), con

4 concentrado comercial Tetracolor, se hacía limpieza cada tres días y recambio de agua cada

5 semana con el fin de mantener las condiciones adecuadas de pH y T° adecuados para la especie.



6

7 **Imagen 4.** Acuario de los peces *O. affinis*, en este acuario se mantuvieron los peces durante 20

8 días previos a el experimento, se alimentaban dos veces al día (mañana y tarde), con concentrado

9 comercial Tetracolor, se hacía limpieza cada tres días y recambio de agua cada semana con el fin

10 de mantener las condiciones adecuadas de pH y T° adecuados para la especie.

11

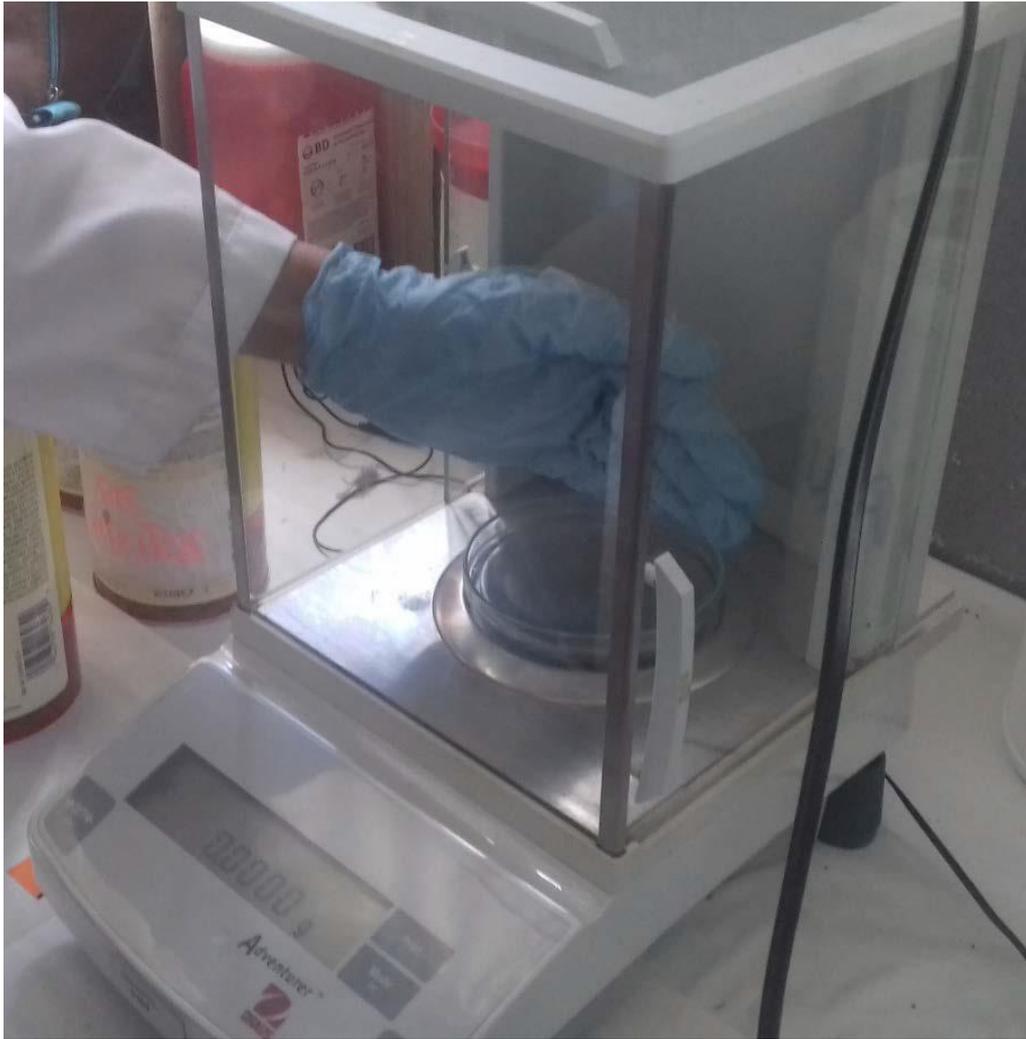


1

2

3

Imagen 5. Área experimental, la cual fue dividida en tres zonas: zona de inducción, zona de recuperación y zona de toma de talla.



1
2
3
4
5

Imagen 6. Área de pesaje, en este lugar se tomaba el peso de cada individuo con una balanza electrónica.



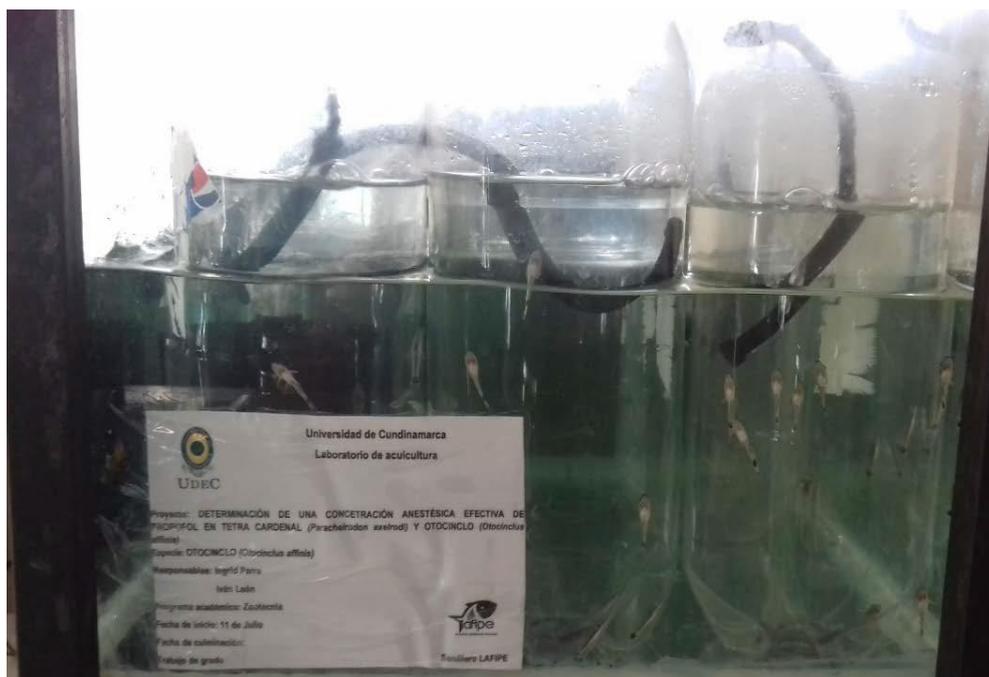
1

2

Imagen 7. Acuario de recuperación, el acuario en donde se tomaba el tiempo en que tardaba

3

cada animal, tras la exposición al anestésico.



4

5

Imagen 8. Acuario de observación pos-anestesia. (El acuario contenía seis botellas con las 6

6

mismas condiciones de oxigenación, temperatura y pH, cada botella correspondía a un

7

tratamiento, con el fin de observar la mortalidad tras la exposición del anestésico respecto a cada

8

tratamiento)

9

10