

**Pontificia Universidad Javeriana  
Facultad de Estudios Ambientales y Rurales  
Carrera de Ecología**



**Escenarios futuros de la diversidad de actores y los diferentes niveles de cumplimiento de las reglas asociadas al uso del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) y su efecto en la abundancia y estructura poblacional de la especie en la Bahía de Cispatá (Córdoba, Colombia)**

**Valeria Carolina Delgado Navarrete**

**Director: Sebastián Restrepo Calle**

**Bogotá DC, Colombia  
2019**

## Tabla de Contenido

1. Introducción .....	1
1.1. Problema de Investigación .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Propósito .....	2
2. Objetivos .....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos .....	3
3. Marco teórico y conceptual .....	4
3.1. Sistemas Socio-ecológicos.....	4
3.2. Recursos de uso común (RUC).....	5
3.3. Arreglos Institucionales .....	6
3.4. Sistemas extractivos.....	8
3.5. Ecología de poblaciones .....	8
3.5.1. Ecología del caimán aguja ( <i>Crocodylus acutus</i> ) .....	8
3.5.2. Ecología de manglares .....	10
3.6. Modelo Basado en Agentes (ABM) .....	11
4. Antecedentes .....	12
4.1. Temáticos.....	12
4.2. Contextuales .....	13
5. Área de Estudio .....	14
5.1. Contexto geográfico .....	14
5.2. Contexto biofísico .....	15
5.3. Contexto socioeconómico .....	15
6. Metodología .....	16
6.1. Procedimiento metodológico .....	16
6.2. Métodos de recolección de datos.....	18
6.2.1. Entrevistas semiestructuradas .....	18
6.2.2. Talleres Participativos.....	18
6.2.3. Revisión de literatura .....	19
6.3. Construcción del modelo basado en agentes (ABM) .....	19
7. Resultados .....	32
7.1. Estado poblacional del caimán aguja ( <i>Crocodylus acutus</i> ) .....	32

7.2. Reglas .....	39
7.3. Modelo Basado en Agentes (ABM) .....	47
7.3.1. Análisis de sensibilidad .....	47
7.3.2. Escenarios: media de abundancia total y por clases de tamaños.....	48
8. Discusión .....	52
8.1. Estado Poblacional.....	52
8.2. Reglas .....	53
8.3. Construcción Modelo Basado en Agentes (ABM) .....	55
9. Conclusiones y recomendaciones .....	56
10. Agradecimientos .....	57
11. Referencias.....	58
12. Anexos.....	67

## Resumen

El aprovechamiento sostenible del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) como un RUC responde a las diferentes dinámicas de uso, las reglas y la variedad de actores. En este sentido, los modelos basados en agentes (ABM) contribuyen al entendimiento de estas dinámicas y al uso sostenible de la especie mediante la simulación de diferentes escenarios. El propósito de la investigación es contribuir al manejo sostenible de la especie mediante la evaluación de cuatro escenarios alternativos de la abundancia y estructura poblacional de la especie en función de la relación entre los diferentes niveles de cumplimiento de reglas y la variedad de actores mediante la construcción de un ABM. Entre el 21 de agosto y el 2 de septiembre de 2019 se caracterizó el estado poblacional de la especie y las reglas de uso, mediante revisión bibliografía, la aplicación de entrevistas semiestructuradas y de talleres participativos como insumo para la elaboración del modelo. En la Bahía de Cispatá se evidencian dos momentos claves referentes al estado poblacional de la especie: un periodo caracterizado por la caza ilegal y un periodo dedicado exclusivamente a la conservación de la especie. En el primero se evidencia una disminución progresiva de la especie y en el segundo el establecimiento de las poblaciones silvestres. Respecto a las reglas de uso se observan tres momentos claves, el primero alude a la caza ilegal de la especie, donde la mayoría de los cazadores expresan la ausencia de reglas, no obstante, se evidencia que unos pocos cazadores se organizaron y establecieron reglas referentes a las áreas de caza y de anidación; el segundo momento hace referencia a la conservación de la especie, donde se establecen reglas asociadas a las diferentes actividades de recuperación de las poblaciones silvestre y el tercer momento alude al uso sostenible, aunque aún no ha iniciado, se exponen cuáles podrían ser las reglas, donde sobresale el uso sostenible del 50% de la especie. Se obtuvieron dos simulaciones relacionadas al análisis de sensibilidad, evidenciándose que el modelo es estable y sensible a cambios muy finos, donde la variable cantidad de cocodrilos es sensible a variaciones en el parámetro probabilidad de eclosión y proporción de caza anual, al igual se hicieron cinco simulaciones referentes a los 4

escenarios, a la diversidad de actores y los niveles de cumplimiento de las reglas durante 30 años y un análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de determinar si existían diferencias significativas entre los escenarios; la primera simulación asociada a la media abundancia total de la población, donde se observa que la magnitud es similar en los cuatro escenarios y las demás simulaciones relacionadas a la media abundancia total de cada uno de los grupos etarios, donde se evidencia diferencias significativas entre los escenarios y una disminución en las clases de tamaño. De este modo se identificó el efecto de la diversidad de actores y los niveles de cumplimiento de las reglas de uso en la abundancia y estructura poblacional de la especie después del levantamiento de la veda, donde la variedad de actores independientemente del cumplimiento de las reglas incide en la estructura y el estado poblacional de la especie.

## 1. Introducción

### 1.1. Problema de Investigación

La globalización, el crecimiento de la población humana y el agotamiento de los recursos naturales ha generado una mayor atención a la importancia de los recursos comunes (McCay, 2003). El estudio de estos recursos y las instituciones es de suma importancia debido a que desempeñan un papel significativo, en el manejo de los recursos naturales y en el sustento de las comunidades locales (Bray, 1991). En los espacios donde se comparten recursos de uso común (RUC), interactúan una multiplicidad de actores con diferentes intereses, preferencias de uso y distribución (Agrawal & Gibson, 1999), donde algunos se han autoorganizado para establecer reglas y normas de acceso y aprovechamiento (Ostrom, 1990; Sántiz & Rojas, 2014).

No obstante, existen algunos procesos globales que afectan la manera como estos distintos actores se relacionan alrededor de los recursos de uso común (RUC), incidiendo en las reglas y normas de uso, manejo, estado y sostenibilidad de los recursos naturales (Schlager, 2002). En este sentido, los Modelos Basados en Agentes (ABM), permiten simular y predecir estos sistemas mediante la exploración de estructuras sociales e institucionales (comportamientos individuales, motivaciones y relaciones entre los agentes), contribuyendo al manejo sostenible de RUC (Bankes, 2002; Bonabeau, 2002).

Históricamente, el caimán aguja (*Crocodylus acutus*), ha representado uno de los principales ejemplos de RUC en las comunidades locales del Caribe Colombiano; tradicionalmente estas comunidades se han dedicado a la caza y recolección de huevos para su consumo y comercialización; actividades que han contribuido al sustento de sus hogares y sus medios de vida (Ulloa-Delgado & Sierra-Díaz, 2012). Debido a la demanda de pieles finas, su valor en el mercado y la ausencia de reglas que controlaran su aprovechamiento entre 1930-1970 colapsan sus poblaciones. Adicionalmente la degradación del hábitat, la destrucción de zonas de anidación, el aumento de las temperaturas y el aumento de la salinidad del agua también han contribuido a la disminución de la población (Castaño Mora, 2002; Rueda-Almonacid et al., 2007).

Estas dinámicas de uso han generado que el caimán aguja se encuentre categorizado como una especie en peligro crítico (CR) en Colombia (Balaguera-Reina et al., 2015) y que a partir de 1969 mediante la resolución 573 el INDERENA vede de forma indefinida la caza y captura de la especie (Resolución N° 573, 1969). En 1985 la especie se encontraba enlistada en el "Apéndice I" según los criterios y categorías de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres-CITES, donde se prohíbe el comercio internacional de especímenes, salvo cuando se realizara con fines no comerciales (Apéndice I, CITES).

Debido al declive de la población en el año 2003 la autoridad regional CVS (Corporación Autónoma Regional de los Valle del Sinú y del San Jorge) da inicio al proyecto de recuperación, conservación y manejo sostenible de la especie en la Bahía de Cispatá, Córdoba, donde los miembros de Asocaiman; una asociación formada por un grupo comunitario de 18 personas principalmente ex cazadores, se involucra activamente en

actividades de investigación, monitoreo, manejo y educación ambiental dirigidos a la recuperación y conservación de la especie (Ulloa-Delgado & Sierra-Díaz, 2012).

Dada la recuperación de la población silvestre del caimán aguja, en el año 2018 mediante una solicitud de enmienda se transfiera del Apéndice I al Apéndice II la población de *Crocodylus acutus* en el acuerdo CITES, del Distrito de Manejo Integrado de los Manglares de la Bahía de Cispatá, Tinajones, La Balsa y sectores aledaños, en el departamento de Córdoba. A partir de la resolución 2298 de 2018 se levanta parcialmente la veda establecida en 1969, permitiendo el uso sostenible de la especie y el comercio internacional de pieles (Resolución N° 2298, 2018). Para ello se deben definir responsabilidades, mecanismos de regulación y estrategias de conservación y de aprovechamiento, puesto que las poblaciones del caimán aguja responden a las decisiones e interacciones de los usuarios (cumplimiento de reglas y/o normas de uso) (Ulloa-Delgado & Sierra-Díaz, 2012).

## **1.2. Justificación**

Existe conocimiento del estado de conservación del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en contextos de no utilización en la Bahía de Cispatá (Ulloa & Sierra, 2012). Pero se desconoce con precisión la relación entre la variedad de actores y los diferentes niveles de cumplimiento de las reglas de uso y su efecto en la sostenibilidad de la especie.

## **1.3. Propósito**

Puesto que el estado poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) depende de las decisiones de los usuarios, es importante analizar como la relación entre la variedad de actores y los diferentes niveles de cumplimiento de las reglas y/o normas de uso podrían afectar la sostenibilidad del recurso. El propósito de la investigación es contribuir al manejo sostenible de la especie después del levantamiento de la veda mediante la evaluación de cuatro escenarios alternativos de la abundancia y estructura poblacional del caimán aguja en función de la relación entre los diferentes niveles de cumplimiento de las reglas y/o normas de uso y la variedad de actores a través de la construcción de un Modelo Basado en Agentes (ABM).

De acuerdo con lo anterior, se plantean las siguientes preguntas. Pregunta General ¿Cómo la diversidad de actores y los distintos niveles de cumplimiento de las reglas de uso podrían afectar la abundancia y estructura poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en la Bahía de Chipatá, Córdoba? Preguntas específicas ¿Cómo ha sido el estado poblacional del caimán aguja? ¿Cuáles han sido las reglas de uso del caimán aguja? Y ¿Cómo respondería la abundancia y estructura poblacional del caimán aguja a las diferentes reglas de uso? Conforme a esto se propone la siguiente hipótesis: La sostenibilidad en el tiempo del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) reflejado en la abundancia y estructura poblacional depende de la variedad de actores y de los diferentes niveles de cumplimiento de las reglas de uso de la especie.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Desarrollar un modelo analítico con el propósito de entender cómo la diversidad de actores y los distintos niveles de cumplimiento de las reglas de uso podrían afectar la abundancia y estructura poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en la Bahía de Cispatá, Córdoba.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Conocer cuál ha sido el estado poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en la Bahía de Cispatá, Córdoba.
- Identificar las diferentes reglas de uso del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en la Bahía de Cispatá, Córdoba.
- Evaluar escenarios alternativos de la abundancia y estructura poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en función del impacto causado por las reglas de uso y la diversidad de actores.

### 3. Marco teórico y conceptual

El marco teórico y conceptual se compone de seis componentes que se exponen a continuación y en la figura 4.

#### 3.1. Sistemas Socio-ecológicos

Los sistemas socio ecológicos (SES) son sistemas ecológicos vinculados a uno o más sistemas sociales (Aderies, Janssen, & Ostrom, 2004). Se caracterizan por ser dinámicos, no lineales, adaptativos y complejos, donde los agentes sociales y biofísicos interactúan a múltiples escalas temporales y espaciales; incorporan mecanismos de retroalimentación y se encuentran delimitados por límites espaciales o funcionales (Berkes & Folke, 1998; Glaeser et al., 2009; Janssen & Ostrom, 2006; Campanhola & Pandey, 2018).

El conocimiento, las instituciones, los actores y la gobernanza son instrumentos que vinculan los sistemas sociales y ecológicos, por lo que constituyen una característica esencial de los SES (Janssen & Ostrom, 2006; Campanhola & Pandey, 2018). Una mejor comprensión de las interacciones de los sistemas sociales y ecológicos que impulsan diferentes dinámicas es crucial para el desarrollo de estrategias de gestión sostenible (Schlüter et al., 2014). Por ello, se han desarrollado diferentes marcos, dentro de los cuales se encuentra el marco de referencia de SES (Sistemas Socio ecológico), el cual se basa en los cimientos del marco IAD (Análisis y Desarrollo Institucional) (McGinnis & Ostrom, 2014).

El marco de SES consiste en el análisis de sistemas socio ecológicos, este incorpora niveles, es decir, conjunto de variables que caracterizan las dimensiones ecológicas del sistema, el primer nivel incluye: sistemas de recurso, unidades de recurso, sistemas de gobierno y usuarios, los niveles inferiores (segundo, tercero, cuarto, etc.,) descomponen los conceptos y variables de nivel superior en variables más detalladas (Fig. 1) (Schlüter & Madrigal, 2012; Ostrom, 2009; Binder et al., 2013).

El marco IAD se basa en una visión dinámica de los procesos de políticas como sistemas. Los factores sociales, institucionales y biofísicos son entradas a las decisiones tomadas por los individuos. Las decisiones individuales se agregan para constituir patrones de interacción (McGinnis & Ostrom, 2014). El marco IAD distingue explícitamente tres niveles de análisis en los que se llevan a cabo diferentes tipos de procesos de elección: operativo, colectivo y constitucional (McGinnis & Ostrom, 2014; Cole, Epstein & McGinnis, 2014). En el centro del marco IAD se encuentra la “situación de acción”, una abstracción de entornos de decisión en las que los individuos y actores interactúan entre sí, tomando decisiones que determinan conjuntamente resultados que son valorados de manera diferente por los actores, las decisiones están determinadas por las condiciones contextuales agrupadas en tres categorías: condiciones biofísicas, atributos de la comunidad y reglas en uso (Fig. 2) (Cole, Epstein, & McGinnis, 2014; McGinnis & Ostrom, 2014). Al igual “La situación de acción” aparece como una pieza central del marco de SES, que comparte ostensiblemente el concepto de situaciones de acción focal, interacciones y resultados con el marco IAD (Cole, Epstein, & McGinnis, 2014).

Si bien el marco SES diagnostica las condiciones sociales y ecológicas con un buen nivel de detalle, no puede explicar cómo interactúan los distintos atributos para generar resultados y mucho menos predecir cambios en las condiciones socio ecológicas a lo largo del tiempo. Por lo cual Cole, Epstein, & McGinnis (2014) proponen la combinación del marco SES y el marco IAD, puesto que los acuerdos del marco IAD se tornan más en sintonía con la complejidad institucional y ecológica y el marco SES se convierte en parte de un conjunto de procesos verdaderamente dinámicos.

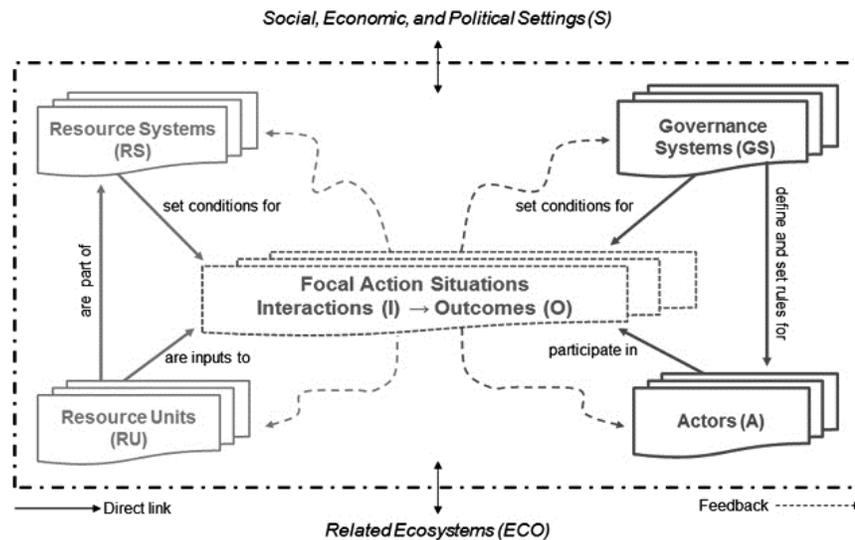


Figura 1. Marco de referencia de Sistemas socio-ecológicos. Tomado de McGinnis & Ostrom (2014)

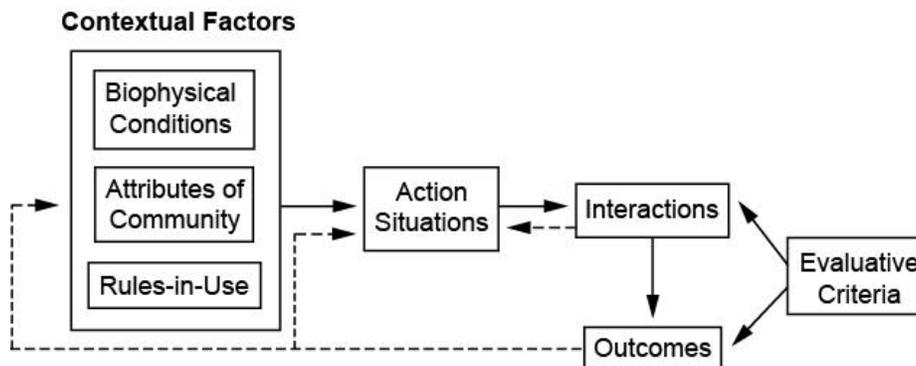


Figura 2. Marco de Análisis y Desarrollo Institucional. Tomado de Cole, Epstein & McGinnis (2014)

### 3.2. Recursos de uso común (RUC)

Los recursos de uso común (RUC) aluden a un sistema de recursos naturales o artificiales que son lo suficientemente grandes que hace costoso, pero no imposible, excluir a destinatarios potenciales de los beneficios de su uso (Ostrom, 1990). Para el análisis de los procesos de organización y de autogestión de los RUC es importante distinguir entre el sistema de recurso y el flujo de unidades de recurso producidas por el sistema. El sistema de recurso hace referencia a beneficios a lo largo del tiempo (áreas de pesca, cuencas subterráneas, áreas de pastizales, etc.) mientras que el flujo de unidades de recurso a los elementos que los individuos se apropian o usan de los sistemas de recurso

(toneladas de pescado, metros cúbicos de agua que se extraen, etc.) (Ostrom, 1990; Ostrom, 2001). El acceso a un RUC puede limitarse a un solo individuo o a múltiples individuos o grupos de individuos que usan el sistema de recurso al mismo tiempo (Ostrom, 1990).

Los RUC se caracterizan por los siguientes atributos (1) la exclusión de los beneficiarios a través de medios físicos e institucionales es especialmente costoso y (2) la sustractibilidad por parte de un usuario reduce la disponibilidad de recurso para otros usuarios (Ostrom et al., 1994; Ostrom et al., 1999). Estos dos atributos, la dificultad de la exclusión y la capacidad de la sustractibilidad, generan posibles dilemas, donde los usuarios que siguen sus propios intereses a corto plazo producen resultados que no son de interés a largo plazo para nadie. Cuando los usuarios interactúan sin el beneficio de reglas efectivas que limitan el acceso y definen derechos y deberes, es probable que se realicen actividades libres en dos formas: el uso excesivo de recursos sin preocuparse por los efectos negativos en los demás y la falta de recursos contribuidos para mantener y mejorar en sí mismos los RUC (Ostrom et al., 1999).

La noción de la “tragedia de los bienes comunes” propuesta por Hardin en 1968 describe como comportamientos individuales generan pérdidas a largo plazo en un grupo y ganancias individuales a corto plazo. Aplica cuando los usuarios usan en exceso o abusan de los recursos comunes limitados sobre la base de sus propias necesidades (Ostrom et al., 2002; Higgins, 2014). Cada usuario se enfrenta a una decisión sobre la cantidad de recurso a utilizar. Si todos los usuarios se limitan, entonces el recurso puede ser sostenido. Pero existe un dilema. Si un usuario limita el uso de los recursos y los otros no lo hacen, el recurso podría colapsar y se podrán perder los beneficios a corto plazo (Hardin, 1968; Ostrom et al., 2002). Sin embargo, esta lógica parece inexorable. Depende de un conjunto de supuestos sobre la motivación humana, sobre las reglas que rigen el uso de los bienes comunes y sobre el carácter del recurso, pero la motivación humana es compleja, las reglas que gobiernen los bienes comunes no siempre permiten el acceso gratuito a todos, y los sistemas de recurso en sí mismos tienen dinámicas que influyen en la respuesta del uso humano (Ostrom et al., 2002).

Algunos autores como Vayda y Rappaport (1968) argumentan que la “tragedia de los bienes comunes” podría evitarse mediante mecanismos que generen que los individuos actúen en interés del bien colectivo en vez del interés propio. Por su parte Ostrom et al., (2002) argumenta que la tragedia se puede evitar mediante la comunicación, la confianza, la anticipación de interacciones futuras y la capacidad de construir acuerdos y reglas que controlen el comportamiento lo suficientemente bien.

### **3.3. Arreglos Institucionales**

Las instituciones son el conjunto de reglas y normas en uso, que dan forma a las interacciones humanas, donde las personas pueden cambiar sus relaciones con otras, sus comportamientos y estrategias (Janssen & Ostrom, 2006; Rammel, Stagl & Wilfing, 2007). Se componen de restricciones informales (sanciones, tabúes, costumbres, tradiciones y códigos de conducta) y de restricciones formales (constituciones, leyes, derechos de propiedad) (North, 1991). Se utilizan para determinar quién tiene derecho a

tomar decisiones en ciertas áreas, que acciones están permitidas o prohibidas, que procedimientos deben seguirse, que información debe o no facilitarse y que retribuciones se asignaran a los individuos según sus acciones (Ostrom, 1990).

Los individuos que interactúan regularmente usan reglas designadas por las autoridades gubernamentales como relevantes para situaciones particulares. Pero también pueden desarrollar y hacer cumplir sus propias reglas. Los individuos que interactúan dentro de una situación particular estructurada por reglas vinculadas a un entorno específico también puede adoptar normas con respecto a su comportamiento, dados los demás involucrados y sus acciones a lo largo del tiempo (Ostrom, 2008).

Las prácticas de gestión de recursos naturales están vinculadas a la diversidad de mecanismos e instituciones sociales. Las instituciones como reglas en uso pueden incidir en la capacidad de los usuarios de gestionar RUC (Tang, 1991), puesto que proporcionan medios por los cuales las sociedades pueden actuar sobre su conocimiento ecológico y utilizarlo para producir un sustento de los recursos y sus servicios en su entorno (Folke, et al., 2007).

Según Ostrom (1990) El éxito de las instituciones para sostener los RUC y obtener el cumplimiento de las reglas en la autogestión de organizaciones se basa en:

1. Definición de límites: Los usuarios como los límites deben estar definidos.
2. Coherencia entre las reglas de apropiación y provisión con las condiciones locales: Las reglas de apropiación que restringen el tiempo, el lugar, la tecnología y la cantidad de unidades de recursos se relacionan con las condiciones locales.
3. Arreglos de elección colectiva: La mayoría de los usuarios afectados por las reglas pueden participar en su modificación.
4. Acciones de supervisión: Los usuarios que vigilan de manera activa las condiciones del RUC son responsables de ellos.
5. Sanciones graduales: Los usuarios que violen las reglas reciben sanciones (dependiendo de la gravedad y del contexto de la infracción).
6. Mecanismos para la resolución de conflictos: Los usuarios tienen sus propios mecanismos locales para resolver conflictos.
7. Reconocimiento mínimo de derechos de organización: Los derechos de los usuarios a construir sus propias instituciones no pueden ser cuestionadas por las autoridades gubernamentales externas.

Es importante entender los arreglos institucionales y los regímenes de gestión de RUC creados por los usuarios, (Tang, 1991; Schlager & Ostrom, 1992), al igual los problemas que enfrentan en cuanto a la reducción o eliminación de las externalidades (Agrawal, 2001).

### **3.4. Sistemas extractivos**

La importancia potencial de los recursos naturales para el sustento de los hogares ha sido reconocida durante mucho tiempo, donde algunas actividades extractivas como la caza, la pesca, la captura y recolección de áreas boscosas han sido relevantes para la subsistencia, los medios de vida y la autosuficiencia económica de las comunidades locales (Hecht, 1992; Antunes et al., 2019). Su seguridad implica el acceso adecuado y sostenible a los recursos e ingresos para satisfacer las necesidades básicas. Los medios de vida sostenibles pueden proporcionar sustento, viabilidad económica, sentido de identidad, estatus social y medios para producir y distribuir recursos y servicios (Manion, 2015).

En el Caribe colombiano, los manglares representan fuentes importantes de recursos para el aprovechamiento forestal, hidrológico y la obtención de productos requeridos en la construcción industrial y doméstica, así como para la producción de leña y carbón (Medio Ambiente, 1999). Y el caimán aguja (*Crocodylus acutus*) una fuente alimenticia y económica que contribuye a la subsistencia y medios de vida de las comunidades costeras. Pero la degradación de los manglares y el declive de las poblaciones del caimán aguja han generado efectos negativos en el bienestar de las comunidades que dependen en gran medida de los bienes y servicios que ofrecen (Duke et al., 2014).

### **3.5. Ecología de poblaciones**

#### **3.5.1. Ecología del caimán aguja (*Crocodylus acutus*)**

El caimán aguja (*Crocodylus acutus*) es una especie de la familia Crocodylidae (Fig. 3), considerado como una de las mayores especies de cocodrilidos del mundo (Castaño Mora, 2002). Se encuentra ampliamente distribuido en las regiones costeras de los neotrópicos (Waitkuwait et al., 1989) y en humedales continentales en áreas del sur de la Florida (Estados Unidos), Centro América, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú, (Rueda-Almonacid et al., 2007; Thorbjarnarson, 2010). En Colombia se localiza en áreas hidrográficas del Caribe, Magdalena-cauca y el Pacífico; en el Caribe en zonas como la Ciénaga Grande de Santa Marta, en Bahía Portete en la Guajira y la Bahía de Cispatá en Córdoba, en hábitats costeros de agua salobre, como las secciones de agua saladas de los ríos, lagunas costeras y de manglares (Thorbjarnarson, 2010; Castaño Mora, 2002).

Es una especie relativamente grande, los machos alcanzan una longitud total entre los cinco y seis metros y las hembras una longitud hasta de cuatro metros. Se caracteriza por tener un hocico puntiagudo, más aguzado en individuos jóvenes y más ancho en individuos viejos, una elevación preocular más pronunciada en la línea sagital del hocico en individuos adultos (Medem, 1981a) y una armadura dorsal reducida e irregular (osteodermos) a comparación de otras especies del género (Ross & Mayer, 1983; Thorbjarnarson, 1992). Presenta una coloración gris clara que a medida que va creciendo se torna más oscura, al igual bandas oscuras tanto en el cuerpo como en la cola (Medem, 1981a).

Es adaptable en términos de ecología de anidación, suele anidar en agujeros, pero en áreas donde el acceso es limitado las hembras crean montículos elevados de sustrato en

los que se depositan los huevos (Thorbjarnarson, 1989; Campbell, 1972). Este ovíparo monoestral de fecundación interna (Castaño Mora, 2002), anida durante la estación seca anual, y los huevos se incuban alrededor del comienzo del período de lluvias anual (Thorbjarnarson, 1989). El tamaño de puesta suele ser entre 15 y 47 huevos, que requieren entre 70 y 90 días de incubación. Bajo el cuidado materno después de la eclosión, las crías permanecen agrupadas en lugares de agua poco profundas (Castaño Mora, 2002).

Al ser organismos ectotérmicos, durante las épocas críticas de sequía presentan un comportamiento de estivación, se entierran en el fango o bajo pilas de hojarasca donde sobreviven de sus reservas hasta cuando vuelven las lluvias (De la Ossa, 2002). Se caracteriza por ser un carnívoro cazador activo principalmente en horas de la tarde entre las 5:30 hrs. hasta las 22:00 hrs, nadando a lo largo de las orillas de su territorio (Medem, 1981b). Existe una marcada diferencia entre la dieta de los neonatos y los adultos, predominantemente insectívora en los neonatos y en los adultos piscívora. Los neonatos y juveniles se alimentan de insectos acuáticos, anfibios, cangrejos y diminutos peces (Rueda-Almonacid et al., 2007) y de adultos de moluscos, crustáceos, peces, tortugas iguanas, babillas, aves marinas y mamíferos (Castaño Mora, 2002; Rueda-Almonacid et al., 2007).

El caimán aguja (*Crocodylus acutus*) al ser un depredador tope, con una amplia variedad de presas ejerce una considerable influencia en las redes tróficas (Mazzotti & Brandt, 1994), actuando como un factor clave (especie ingeniera y transformadora) en el control poblacional, contribuyendo al mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas (Fittkau, 1970; Thorbjarnarson, 1992), al igual proporcionando hábitat para especies de plantas y animales. Es usado como indicador del estado de conservación de los ecosistemas en los que habita (Mazzotti, et al., 2009).

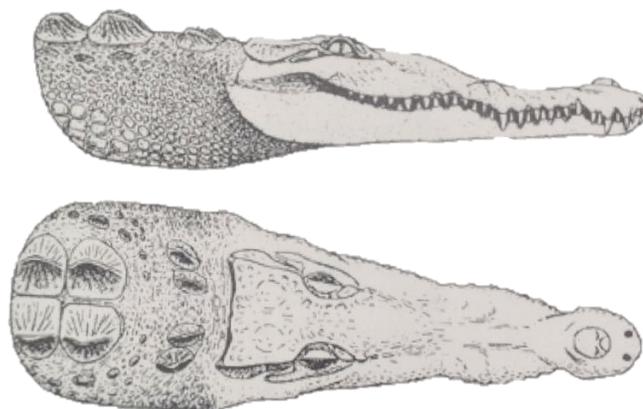


Figura 3. Caimán aguja (*Crocodylus acutus*). Tomado de Castaño-Mora (2002)

### 3.5.2. Ecología de manglares

Los manglares son uno de los ecosistemas costeros más dominantes del mundo, se componen de formaciones de plantas vegetales que se desarrollan en las regiones estuarinas intermareales de las costas tropicales y subtropicales, son funcionalmente diversos y complejos (Hutchings & Saenger, 1987; Gil & Ulloa, 2001; Nagelkerken et al., 2008; Saenger, 2013; Sivaperuman et al., 2018). La vegetación de los manglares incluye una variedad de formas funcionales, que incluyen árboles, arbustos, palmeras y helechos, que generalmente superan los 0,5 m de altura y normalmente crecen por encima del nivel medio del mar (Duke, Ball, M & Ellison, 1998). Las especies de mangle poseen adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas que contribuyen a su colonización, puesto que pueden tolerar ambientes salinos y salobres, intercambiar gases en substratos con bajas concentraciones de oxígeno y reproducirse por embriones capaces de flotar, que se dispersan transportados por el agua (Gil & Ulloa, 2001).

Se encuentran entre los ecosistemas más productivos del mundo con una importancia ecológica, económica y cultural (Faridah-Hanum et al., 2019). Desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la integridad biológica y de los ecosistemas marinos adyacentes, contribuyendo a la pesca comercial y otros servicios reguladores y de aprovisionamiento (Curran et al., 2002). Dentro de sus principales funciones se encuentran (1) la captura y almacenamiento de carbono, (2) el control de inundaciones, (3) la estabilización de la línea costera y el control de la erosión, (4) la regulación del agua, (5) la regulación de nutrientes, (6) la exportación de biomasa, (7) la protección contra corrientes, (8) la estabilización de microclimas y (9) el aprovisionamiento de leña, carbón, materiales de construcción y alimentos (Dugan, 1992; Sheppard, 2018), contribuyendo significativamente a los medios de vida, el bienestar y seguridad de las comunidades costeras (Duke et al., 2014).

Crean ambientes ecológicos únicos que albergan conjuntos de especies marinas y terrestres. Los sedimentos fangosos o arenosos albergan una gran variedad de canales de invertebrados epibentónicos, infaunales y meiofaunales. Las raíces aéreas, troncos, hojas y ramas albergan otros grupos de organismos como insectos, reptiles, anfibios, aves y mamíferos (Kathiresan & Bingham, 2001; Nagelkerken et al., 2008). Los cocodrilos, caimanes y gaviales son componentes integrales de los ecosistemas acuáticos, de humedales, marinos y estuarinos de las regiones tropicales y subtropicales (Hutton & Webb, 1990). Como hábitat de peces y otros organismos marinos de los que se alimentan los cocodrilos, los manglares proporcionan una gran cantidad de fuentes de alimento para todas las etapas de su vida (Nagelkerken et al., 2008).

El ecosistema de manglar es uno de los más amenazados del planeta, se están destruyendo a tasas de 3 a 5 veces mayores que las tasas promedio de pérdida de bosques, más de una cuarta parte de la cubierta original de los manglares ha desaparecido, impulsado por actividades antrópicas como la acuicultura, la agricultura, el desarrollo costero, la contaminación y la sobrexplotación, incidiendo en la pérdida de biodiversidad; afectando las interacciones de las especies y el bienestar de las comunidades costeras (McNally, Uchida & Gold, 2011; Duke et al., 2014).

### **3.6. Modelo Basado en Agentes (ABM)**

Los sistemas sociales y naturales manifiestan diversas complejidades, como la heterogeneidad, la no linealidad, múltiples interacciones (retroalimentaciones, aprendizajes y adaptaciones) y comportamientos autoorganizados y emergentes (Cardoso, 2011; Miller & Page, 2007). Los seres humanos desempeñan un papel relevante en la afectación de los sistemas y del entorno, lo cual a su vez incide en las decisiones y el comportamiento humano futuro. En este sentido, los Modelos Basados en Agentes (ABM) constituyen un método de modelado y simulación para la comprensión de sistemas complejos y su evolución a lo largo del tiempo (Cardoso, 2011; An, 2012).

Un modelo basado en agentes es una representación de la realidad, de los diferentes componentes y procesos que forman parte de un sistema (Cardoso, 2011). Permite entender patrones y predecir fenómenos a partir de la simulación computarizada de varios tomadores de decisiones (agentes) e instituciones, que interactúan en un entorno dinámico a través de reglas prescritas (Bankes, 2002; Farmer & Foley, 2009). Los agentes tienen recursos propios (tierra, capital, etc.), objetivos y capacidades sensoriales (inteligencia, dinamismo, autonomía, información y conocimiento sobre atributos y estado de otros agentes y del ambiente) (Parker et al., 2003; Cardoso, 2011).

A través de sus decisiones los agentes reaccionan, aprenden y se adaptan en respuesta a los cambios en los otros agentes y en su entorno (An, 2012). El entorno proporciona información sobre la ubicación espacial de un agente en relación con otros agentes o un amplio conjunto de información geográfica. La ubicación de un agente, como atributo dinámico, permite rastrear agentes a medida que se mueven en un paisaje, compiten por el espacio, adquieren recursos o se encuentran en otras situaciones (Macal & North, 2005). Los modelos basados en agentes pueden modelar la toma de decisiones individuales al tiempo que incluyen la heterogeneidad, las interacciones y las retroalimentaciones, puede incorporar procesos sociales, ecológicos, estructuras, normas y factores institucionales (An, 2012).

De acuerdo con Macal & North (2005) un ABM, se compone de tres elementos principalmente:

- 1) Un conjunto de agentes, sus atributos y comportamientos.
- 2) Un conjunto de relaciones entre los agentes y métodos de interacción
- 3) El entorno de los agentes: los agentes interactúan con su entorno y otros agentes

A pesar de que los ABM son una herramienta ampliamente utilizada por diferentes disciplinas, no existe un protocolo estándar que los describa, lo que puede dificultar su comprensión y duplicación (Grimm et al., 2006). Por ello, en el 2006 se creó el protocolo ODD (Visión general, Conceptos de diseño y Detalles) con el fin de que las descripciones de los modelos fuesen más comprensibles y completas, lo que hace que los modelos basados en agentes estén menos sujetos a críticas por ser irreproducibles (Grimm et al., 2006; Grimm et al., 2010).

## Diagrama conceptual

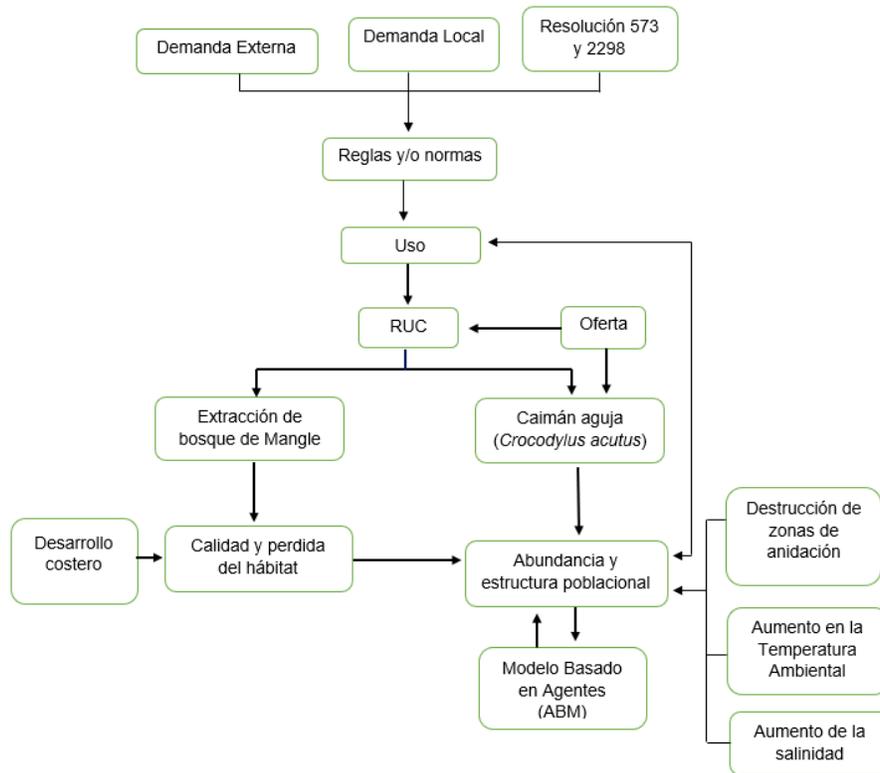


Figura 4. Diagrama general de componentes y relaciones pertinentes

## 4. Antecedentes

### 4.1. Temáticos

A nivel internacional se han realizado estudios que abordan la importancia de los arreglos institucionales para la gestión y manejo de recursos naturales como bosques forestales y recursos hídricos (Waterbury, 1987; Campbell et al., 2003; Kayambazinthu, 2003; Acharya, 2005; Tan, 2006; Nielsen et al., 2013; Chen & Zhu, 2015). Otros comprenden los arreglos institucionales en el manejo de invasiones biológicas, en la gestión de ecosistemas marinos y en el turismo de parques naturales (Maconachie et al., 2009; Wang et al., 2014; Badola et al., 2018). Al igual, algunos estudios enfatizan la importancia de realizar Modelos Basados en Agentes (ABM) para la gestión sostenible de recursos de uso común (RUC) y la resolución de conflictos, a partir de la simulación de comportamientos, decisiones e interacciones entre los agentes y su entorno en diferentes escenarios (Akhbari & Grigg, 2013; Akhbari & Grigg, 2015).

Acharya (2005), se centra en el estudio del estado de la silvicultura comunitaria y de los arreglos institucionales de 3 grupos de usuarios de bosques comunitarios (CFUG) en la región de Mid Hill, el Churiya y Terai, Nepal, donde encuentra que CFUG han desarrollado reglas y normas alternativas de sistemas privados y centralizados, al igual que existen tres factores responsables de la formulación de estos como (1) la naturaleza de los recursos forestales, (2) la naturaleza de la dinámica de la comunidad y (3) el tipo de ocupación. Por su parte, Badola et al., (2018) analizan el papel de las reglas y normas,

tanto formales como informales, en cuatro Parques Nacionales del Himalaya occidental, en India. Sus resultados sugieren que es necesario instituciones locales fuertes con un vínculo espacial intrínseco para garantizar mayores beneficios. De igual forma un arreglo institucional que involucre las comunidades locales y las organizaciones de la sociedad civil para lograr un turismo sostenible, la conservación de la biodiversidad y la distribución equitativa de los beneficios de las ganancias entre los diversos interesados.

En la región del Delta Sacramento-San Joaquín de California, Estados Unidos, Akhbari & Grigg (2013), encuentran mediante una simulación basada en agentes, (simulación de los comportamientos de diferentes usuarios o partes interesadas del agua, así como de sus relaciones en diferentes escenarios de gestión), la importancia de la cooperación de las partes para la disminución de daños y la gestión de agua, donde es importante generar mejoras sociales e institucionales mediante incentivos, sanciones y nuevas regulaciones.

A nivel nacional algunos estudios abordan los diferentes arreglos institucionales y su incidencia en el estado de conservación de especies marinas (*Anadara tuberculosa*, *Anadara similis*) en Bahía Málaga, Valle del Cauca, donde los arreglos institucionales (normas y reglas) influyen positivamente en el estado de las especies (Fernanda, 2014) (Aldana, 2014). Otros estudios realizan un análisis de las reglas y normas internas y externas y sus efectos sobre el manejo y uso de áreas de bosque de mangle en la Bahía de Cispatá, Córdoba, encontrando reglas débiles e inconclusas que conllevan a que no estén dadas las condiciones para alcanzar el éxito, la autoorganización y autogestión en el uso y manejo del manglar (Salcedo-Hernández, 2012).

Castañeda et al., (2017) estudiaron en la Bahía de Cispatá y Orocué la valoración de la biodiversidad por parte de las comunidades usuarias de los ecosistemas y los conflictos socioambientales derivados del uso y la conservación de la biodiversidad, donde evidencian la importancia de tener en cuenta en el diseño de políticas públicas ciertas amenazas como las dinámicas de mercado y las dinámicas institucionales.

Por otro lado, Villegas et al., (2016), realizan un modelo basado en agentes para la planificación y apoyo a los procesos de toma de decisiones relacionados con la gestión de recursos hídricos en la ecorregión de la Mojana.

## **4.2. Contextuales**

En la Bahía de Cispatá, Ruiz et al., (2008) estudiaron la influencia del río Sinú y del mar Caribe a través del análisis anual, interanual y de tendencia de las series hidrológicas (precipitación y caudal) y marinas (TSM, nivel), concluyendo la incidencia del comportamiento de la precipitación, la acción del mar por el aumento de mareas y oleaje y el aporte de la parte alta del caudal. Palacios et al., (2012) estudiaron los cambios en el clima y en la vegetación de los ambientes estuarinos, donde obtienen mediante una reconstrucción paleológica un evento contrastante que puede asociarse con una transgresión marina relacionada a cambios en el clima.

Otros estudios realizaron una caracterización desde un gradiente de salinidad de la vegetación según la composición florística, donde se obtiene la riqueza florística de los manglares, la cual se expresa en 40 especies, 38 géneros y 23 familias (Cortés-Castillo

& Rangel-Ch, 2011). Ulloa & Sierra (2012) caracterizaron las poblaciones del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) y de su hábitat natural, donde se evidencia la recuperación de la especie. Guillén et al., (2016) realizaron una valoración integral del servicio de erosión que presta en manglar en el DMI en la Bahía de Cispatá, a partir de una caracterización del sistema socio-ecológico mediante una valoración económica, ecológica y socio-cultural, donde obtienen que desde la dimensión social y economía el servicio de control de erosión costera no resulta ser uno de los servicios más importantes en relación a la generación de beneficios para la comunidades locales, lo cual puede estar asociado a un bajo conocimiento sobre la función que cumple este ecosistema

## 5. Área de Estudio

### 5.1. Contexto geográfico

La Bahía de Cispatá, se encuentra localizada en el litoral del Caribe Colombiano, en el suroeste del golfo de Morrosquillo, región del bajo Sinú, en jurisdicción de los municipios de San Antero y San Bernardo del Viento en el departamento de Córdoba. Su extensión es de aproximadamente 11.513 ha, de las cuales 1.436 ha (12%) están identificadas como ciénagas o cuerpos de agua (Cabrera, 2004; Ulloa-Delgado & Sierra-Diaz, 2012) (Fig. 5).

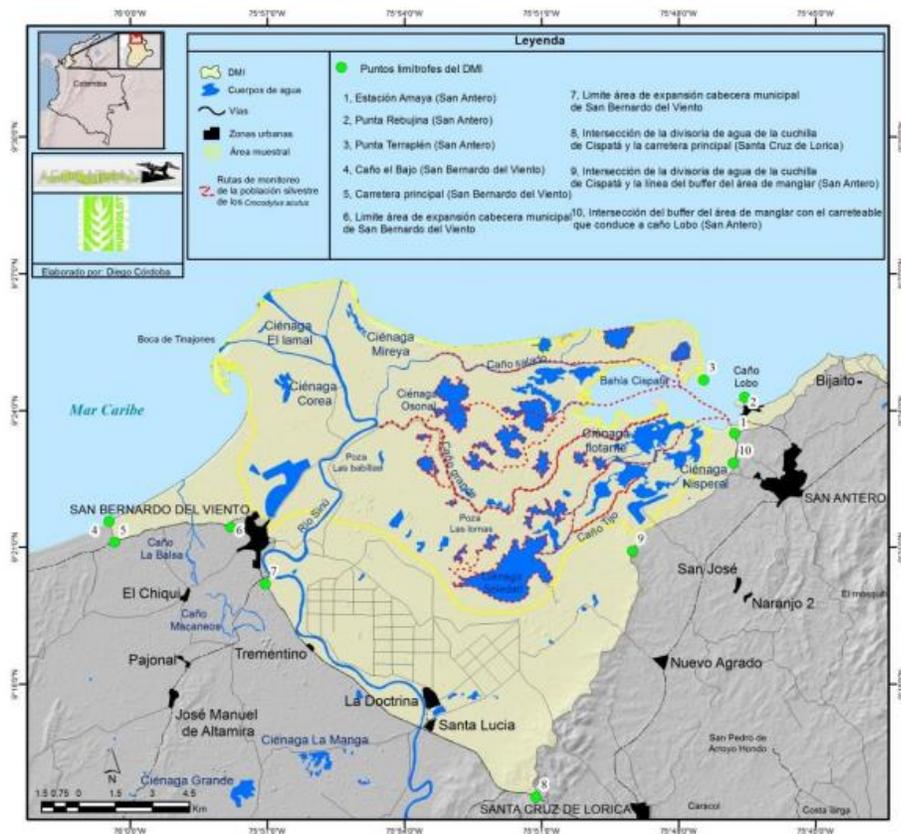


Figura 5. Mapa del área de estudio. Mapa realizado por Diego Cardona del Instituto Von Humboldt como herramienta para representar el Plan de Manejo de la zona.

## 5.2. Contexto biofísico

Se caracteriza por tener un clima subhúmedo seco, con una temperatura promedio de 27°C. La precipitación media anual es de 1.425 mm, con un régimen de lluvias que se ajusta medianamente al Bimodal-tetraestacional, aunque no existe una estación seca marcada ni extensa a mediados de año. Las lluvias se inician en abril y se extienden hasta diciembre con dos picos en abril-mayo y octubre-Noviembre (Ulloa-Delgado & Sierra-Díaz, 2002). Respecto al relieve, se ubica en el área plana del departamento de Córdoba, haciendo parte de la llanura del Caribe, con una altura menor a los 100 msnm y una latitud de 9.4 (Cabrera, 2004).

Es un estuario rodeado por un vasto sistema de manglares y ciénagas conectados al río Sinú por una serie de pequeños canales y pantanos. Dentro de su vegetación predominan los manglares rojos (*Rhizophora mangle*), los cuales ofrecen hábitat, protección y actúan como un área de cría para una variedad de organismos acuáticos (CVS, 2008). La salinidad de las aguas manglárnicas está relacionada con las lluvias locales y regionales y varía a lo largo del año, con máximos valores en la época seca y una disminución significativa durante la temporada de lluvias (Ulloa-Delgado & Sierra-Díaz, 2002). Las mareas se presentan en dos ciclos en 24 horas y son catalogadas de tipo semidiurno, donde la amplitud promedio es cercana a los 40 cm. Este fenómeno es uno de los más importantes para el mantenimiento de las condiciones ecológicas de los manglares de la Bahía de Cispatá hábitat de los caimanes (Ulloa-Delgado & Sierra-Díaz, 2012).

Entre las especies icticas de la zona se encuentran: el robalo (*Centropomus undecimalis*), la mojarra (*Eugerres plumieri*), la mojarra peña (*Eugerres sp*), la sierra (*Scomberomorus sierra*), el pargo mulato (*Lutjanus spp*), el barbuo (*Bagre sp*), carito (*Scomberomorus sp*), cojinúa (*Carans sp*), sábalo (*Tarpon atlanticus*), sable (*Trychurus lepturus*), pámpano (*Trachinotus sp*), barracuda (*Sphyraena barracuda*), lucio (*Sphyraena guachancho*), anchova (*Anchovia sp*), lebranche (*Mugil sp*), corvinata (*Cynoscion sp*) sietecueros (*Oligoplites saurus*) (Ulloa-Delgado & Sierra-Díaz, 2002). Al igual se encuentra una gran variedad de especies de mamíferos, aves y reptiles como: el delfín costero (*Sotalia guianensis*), la nutria (*Lontra longicaudis*), el manatí (*Trichechus manatus*), el mico de noche (*Aotus lemurins*), el zorro de monte (*Cersocyon thous*), la babilla (*Caiman crocodylus fuscus*), la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), la caguama (*Caretta caretta*), el caimán aguja (*Crocodylus acutus*), la icotea (*Trachemys scripta callirostis*), el morrocoy (*Geochelone carbonaria*), la tortuga de río (*Podocnemis lewyana*), el pato caribeño (*Anas bahamensis*), el águila arpía (*Harpia harpyja*), la garza colorada (*Agamia agamí*), el chamón del caribe (*Molothrus aeneus*), el atrapamoscas (*Aphanatriccus audaz*) (Rojas & Sierra-Correa, 2010).

## 5.3. Contexto socioeconómico

Las condiciones socioeconómicas de los mangleros, agricultores y pescadores son precarias, con necesidades básicas insatisfechas. La prestación de los servicios básicos domiciliarios es inadecuada y la mayoría de bajo cubrimiento (Ulloa-Delgado & Sierra-Díaz, 2002). Cerca del 40% de pescadores y mangleros no recibieron educación formal y tan solo el 10% terminaron la educación básica secundaria (Ulloa-Delgado & Sierra, 2012). La extracción de los recursos naturales es la actividad más importante en la

subsistencia familiar en la bahía de Cispatá. Existe una diversificación de actividades económicas, donde las principales actividades se basan en la pesca y en la extracción y comercialización de mangle. Gran parte de los mangleros o pescadores se dedican a actividades como: la agricultura de subsistencia, el turismo, la construcción y la recolección de leña (Ulloa-Delgado & Sierra, 2012).

## **6. Metodología**

La investigación realizada es de carácter descriptivo-analítico, se basa en describir la relación entre la variedad de actores, los diferentes niveles de cumplimiento de reglas de uso y su efecto en la abundancia y estructura poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en la Bahía de Cispatá, Córdoba, mediante la construcción de 4 escenarios futuros a partir de un modelo basado en agentes (ABM). Para ello, se recolectó información cualitativa y cuantitativa en el mes de agosto y septiembre. A continuación, se explicará el procedimiento metodológico, los métodos de recolección de datos y los métodos de análisis.

### **6.1. Procedimiento metodológico**

La investigación se compone de tres fases (preliminar, campo, análisis y construcción del modelo). Las fases y los métodos se muestran a continuación y en la figura 6.

#### **Fase 1: Preliminar**

1. Revisión bibliográfica de información disponible sobre la implementación de vedas, las acciones de manejo y conservación del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en la Bahía de Cispatá, al igual de las dinámicas poblacionales de la especie y de los registros de la abundancia y estructura poblacional.
2. Diseño de un Modelo Basado en Agentes: determinación de algunas variables, agentes, entorno y escenarios (An, 2012).
3. Diseño metodológico participativo cualitativo: diseño de talleres participativos y elaboración de entrevistas semiestructuradas (Bonilla & Rodríguez, 1997; Geilfus, 2002).

#### **Fase 2: Campo**

4. Realización de 16 entrevistas semiestructuradas a los miembros de Asocaiman
5. Matriz de acciones individuales y colectivas con la finalidad de identificar las actividades que han desarrollado los usuarios de manera individual y colectiva para el manejo, uso y conservación de la especie (Maya, 2004; Ramos, 2006)
6. Matriz de reglas formales e informales, con el propósito de identificar cuáles han sido las reglas y/o normas que influyeron en el uso del caimán aguja y cuales podrían ser con el levantamiento de la veda (Maya, 2004; Ramos, 2006).
7. Gráfico histórico de las reglas y/o normas de uso del caimán aguja y de la abundancia y estructura poblacional de la especie (Geilfus, 2002).

#### **Fase 3: Análisis y construcción del modelo**

8. Triangulación Metodológica del estado poblacional de la especie y de las diferentes reglas
9. Construcción de un Modelo Basado en Agentes (ABM) que reproduzca las dinámicas poblacionales de la especie, la variedad de actores y los diferentes niveles de cumplimiento de las reglas de uso en cuatro escenarios (An, 2012), usando como referencia un modelo de depredador-presa.
10. Análisis de sensibilidad con el fin de identificar qué tan sensible es el modelo y si se asemeja con datos y patrones observados en sistemas reales (Thiele et al., 2014) y análisis de los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios.

**Fase 1: Preliminar**

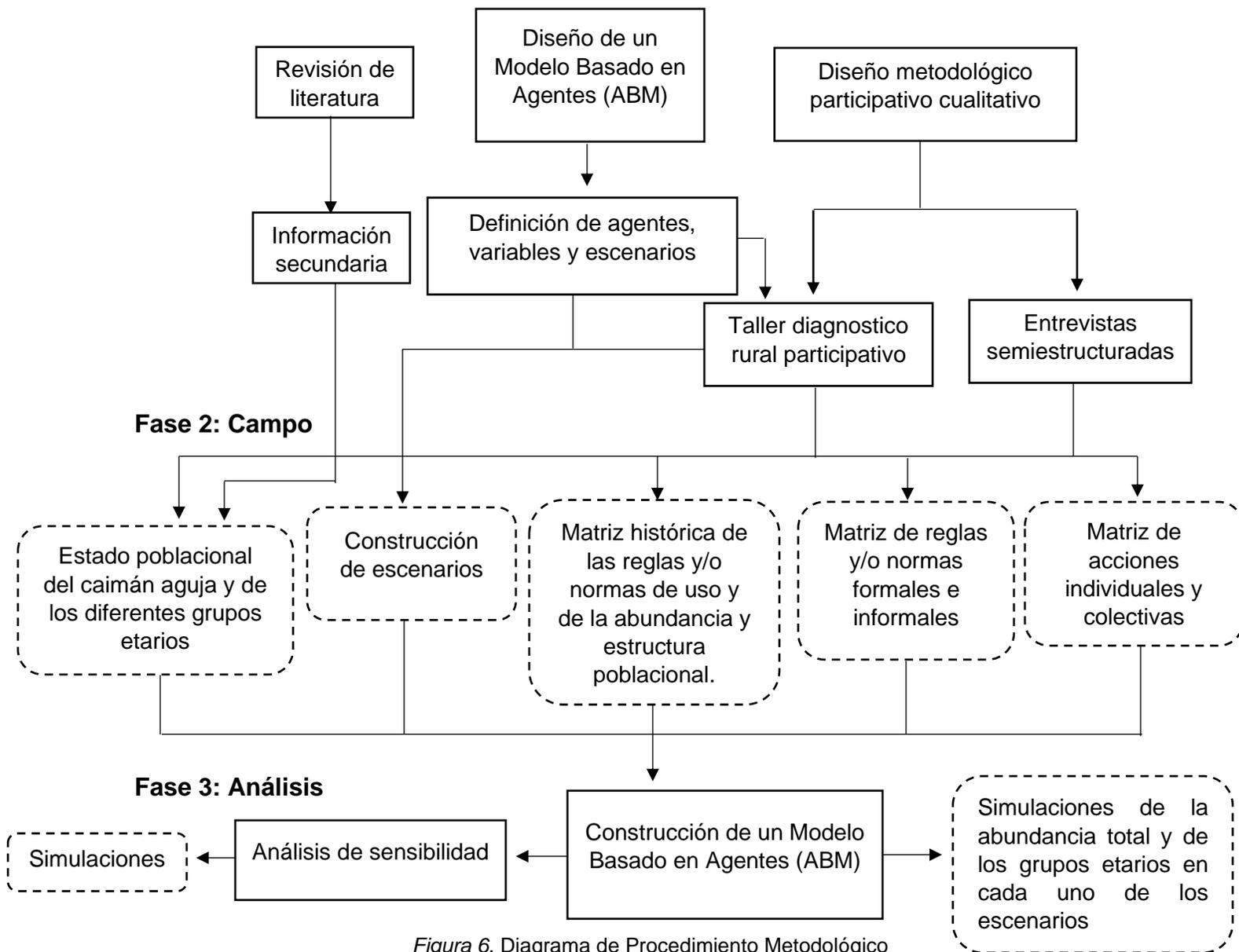


Figura 6. Diagrama de Procedimiento Metodológico

## **6.2. Métodos de recolección de datos**

Para la construcción de los escenarios y el modelo basado en agentes (ABM) se utilizaron herramientas participativas, cualitativas y cuantitativas, como talleres participativos, entrevistas semiestructuradas, revisión de literatura y registros poblacionales del caimán aguja, que permitieron identificar los diferentes actores, los distintos niveles de cumplimiento de las reglas y/o normas de uso, las dinámicas poblacionales y la abundancia y estructura poblacional de la especie ,cuando se hacía uso ilegal del recurso, durante el periodo de conservación y con el uso sostenible (que piensan que pasará).

### **6.2.1. Entrevistas semiestructuradas**

Se realizaron 16 entrevistas semiestructuradas entre el 21 de agosto y el 2 de septiembre de 2019 a los miembros de Asocaiman en la Bahía de Cispatá, Córdoba (Anexo 1). Estas permitieron recolectar información específica acerca de las diferentes reglas y/o normas de uso del caimán aguja, de la abundancia y estructura poblacional de la especie y de las diferentes practicas realizadas cuando se hacía uso ilegal del recurso, en el periodo de conservación de la especie y con el uso sostenible (que piensan que pasará) (Geilfus, 2002). Tal formato fue ajustado durante la fase de campo.

### **6.2.2. Talleres Participativos**

Los talleres participativos permitieron obtener información relevante a partir de las experiencias y conocimientos de los usuarios del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) acerca de las diferentes reglas y/o normas de uso, los diferentes niveles de cumplimiento y su efecto en la abundancia y estructura poblacional de la especie cuando se hacía uso del recurso y con el uso sostenible, al igual que acciones colectivas e individuales se han desarrollado para el manejo, uso y conservación de la especie (Bonilla & Rodríguez, 1997; Geilfus, 2002).

Se realizaron tres talleres participativos (matriz de acciones individuales y colectivas, gráfico histórico y matriz de reglas y/o normas formales e informales) el 1 de septiembre de 2019 en horas de la mañana y de la tarde, con la participación de 14 miembros de Asocaiman en la mañana y 12 en la tarde. Se dividió en dos horarios puesto la duración de los talleres y las responsabilidades laborales de los miembros.

#### Matriz de acciones individuales y colectivas

Con el fin de identificar las actividades que han desarrollado los miembros de Asocaiman de manera individual y colectiva para el manejo, uso y conservación de la especie, se construyó una matriz de acciones individuales y colectivas con la participación de 14 miembros, donde cada uno señalo con una calcomanía de color dorado las acciones individuales y colectivas en las que participó o ha participado (Anexo 2).

#### Gráfico Histórico

Con el propósito de reconocer la relación entre las reglas y/o normas de uso y la abundancia y estructura poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) a través del tiempo, se construyó un gráfico histórico entre el año 1970 y 2015 (cada 5 años) con la participación de 12 miembros, donde manifestaron si existía alguna regla y/o norma

relacionada al uso de la especie y su relación con la abundancia y estructura poblacional (Anexo 3).

### Matriz de reglas y/o normas formales e informales

Con el motivo de identificar cuáles han sido y cuales podrían ser las reglas y/o normas de uso del caimán aguja (*Crocodylus acutus*), se construyó una matriz de reglas y/o normas formales e informales, cuando se hacía uso del recurso y con el uso sostenible (que piensan que pasará) con la participación de 12 miembros, donde expresaron que reglas y/o normas tenían y tendrán para la extracción, si se cumplían y se cumplirán y que tanto (mucho, poco o nada), si no se cumplían y por qué y si tenían o tendrán alguna sanción al incumplimiento de estas (Anexo 4).

Para determinar el estado poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) y las reglas y/o normas, se triangulo las diferentes metodologías para complementar los resultados y determinar los hallazgos más importantes. Al utilizar en la triangulación diferentes métodos se busca analizar un mismo fenómeno, a través de diferentes acercamientos (Benavides & Gómez-Restrepo, 2005).

### **6.2.3. Revisión de literatura**

Se realizo una revisión bibliográfica acerca de los registros de los individuos observados durante los monitoreos entre el año 2002-2017 por clases de tamaño (grupos etarios) y en su totalidad (Ulloa-Delgado & Sierra-Diaz, 2012; Resolución No 2298, 2018). De igual forma de algunas dinámicas poblacionales del caimán aguja como el tamaño y la edad de madurez sexual (Ulloa-Delgado & Sierra-Diaz, 2002), el porcentaje de eclosión de los huevos y la supervivencia de los neonatos (Balaguera et al., 2015), la mortalidad de los adultos y el crecimiento de los individuos (García, Buenrostro & Charruau, 2012), como insumo para la elaboración del modelo basado en agentes (ABM).

### **6.3. Construcción del modelo basado en agentes (ABM)**

Para la construcción del ABM se depuro la información obtenida durante la fase de campo y la revisión de literatura con la finalidad de establecer las reglas de uso, los actores y las dinámicas poblacionales de la especie. De acuerdo con la información recolectada se definieron 4 escenarios para determinar la abundancia y estructura poblacional de la especie durante 30 años de acuerdo a la variedad de actores y los diferentes niveles de cumplimiento de las reglas de uso:

1. Primer Escenario: Baja diversidad de actores (Asocaiman) + Bajo cumplimiento de las reglas (un 10% de los miembros no cumplirá las reglas de uso y extraerá el 70% de los huevos encontrados).
2. Segundo Escenario: Baja diversidad de actores (Asocaiman) + Alto cumplimiento de las reglas de uso (se extraerá el 50% de los huevos encontrados).
3. Tercer Escenario: Alta diversidad de actores (Asocaiman y cazadores furtivos) + Bajo cumplimiento de las reglas (un 10% de los miembros de Asocaiman no cumplirá las reglas de uso y extraerá el 70% de los huevos encontrados).

4. Cuarto Escenario: Alta diversidad de actores (Asocaiman y cazadores furtivos) + Alto cumplimiento de las reglas (se extraerá el 50% de los huevos encontrados).

La elaboración del modelo se realizó en el software NetLogo (Anexo 5) y tuvo como referencia el protocolo ODD (Overview, Design concepts and Details) propuesto por Grimm, V et al., 2010, el cual se presenta a continuación:

### Protocolo ODD:

#### 1. Propósito

Entender cómo la diversidad de actores y los distintos niveles de cumplimiento de las reglas de uso podrían afectar la abundancia y estructura poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en la Bahía de Cispatá, Córdoba.

#### 2. Variables de estado o atributos y escalas

El modelo tiene seis tipos diferentes de agentes: cocodrilos, asociaman, cazadores, huevos, nidos y áreas de postura, con sus respectivas variables de estado, descripción y decisión (Tabla 1). Las interacciones ocurren en un mundo bidimensional.

Tabla 1. Agentes, variables de estado, descripción y definición

Agente	Variables de estado	Descripción	Definición
Cocodrilos	Sexo	Determina si es hembra o macho (0 es macho y 1 es hembra)	Variable aleatoria uniforme, de valores 0 y 1
	Edad	Registro de tiempo de existencia del cocodrilo contado en horas	Edad = edad + 1 cada que avanza una hora
	Tamaño	Tamaño acumulado del cocodrilo en centímetros	Tamaño = tamaño + crecimiento-por-día ± variación-crecimiento
	Preñada	Define si la hembra esta preñada o no	TRUE = preñada FALSE = si ya paso el tiempo de poner huevos
	Reloj	Determina el día aproximado de postura	Aleatorio de 25 a 90
	Objetivo	Lugar donde los cocodrilos de sexo tipo 1 se dirigen si la variable preñada está en verdadero	Aleatorio entre todas las áreas de postura

	Crecimiento-por-día	Crecimiento por día de cada uno de los grupos etarios	$0 < \theta < 1$
	Variación-crecimiento	Definición del rango mínimo y máximo que van a crecer por día los cocodrilos	$0 < \theta < 1$
	Numero-de-yearling	Cantidad inicial de neonatos	$0 < \theta < 100$
	Numero-de-juveniles	Cantidad inicial de juveniles	$0 < \theta < 100$
	Numero-de-subadults	Cantidad inicial de subadultos	$0 < \theta < 100$
	Numero-de-adults	Cantidad inicial de adultos	$0 < \theta < 100$
	Numero-tam-máximo	Cantidad inicial de los individuos más grandes	$0 < \theta < 100$
	Probabilidad-supervivencia-neonatos	Probabilidad de supervivencia de los neonatos	$0 < \theta < 100$
	Relación-edad-supervivencia	Proporción que determina la probabilidad de morir respecto la edad	$0 < \theta < 100$
	Fracción-visible	Representa el porcentaje de la población observada	$5 < \theta < 10$
Asocaiman	Sectorx y Sectory	Rango en el cual se desplazan los miembros de la asociación (coordenadas espaciales)	Aleatorio en cualquier posición del mapa
	Cantidad	Conteo de huevos que ha recolectado a través del tiempo	Cantidad = cantidad + huevos/2
	Ingreso-por-recolección	Ingresos obtenidos por cada huevo recolectado	$0 < \theta < 1000000$
	Costo-por-recolección	Costos por la recolección de los huevos	$0 < \theta < 100000$
	Huevos-recolectados-cumple	Porcentaje de huevos que se va a recolectar en cada una de las camadas si todos los miembros cumplen las reglas de uso	$0 < \theta < 100$
	Huevos-recolectados-incumple	Establece que porcentaje de los huevos se va a recolectar por cada una de las camadas si no todos miembros cumplen las reglas de uso	$0 < \theta < 100$
	Probabilidad-incumplir	Probabilidad de incumplimiento de las reglas de uso	$0 < \theta < 100$

Cazadores	Cazo	Determina si el cazador en el día capturo un cocodrilo para no cazar más	TRUE = cazo False = No cazo
	Cantidad	Conteo de cocodrilos que ha capturado a través del tiempo	Cantidad = cantidad + 1 si cazo Cantidad = cantidad + 0 si no cazo
	Costo-por-caza	Costos por la caza de los cocodrilos	$0 < \theta < 100000$
	Ingreso-por-caza	Ingresos obtenidos por cada uno de los individuos cazados	$0 < \theta < 10000000$
	Proporción-caza-anual	Probabilidad de que salgan un día a cazar	$0 < \theta < 100$
Huevos	Probabilidad-eclosión	Probabilidad de que eclosionen los huevos	$0 < \theta < 100$
	Días de eclosión	Establece los días de eclosión	Aleatorio entre 70 y 90
Nidos	Visitado	Si algun miembro de la asociación ya recolecto huevos en ese nido	TRUE = si recolecto la mitad del nido FALSE = si no recolecto la mitad del nido
Áreas de postura	No tiene	No aplica	No aplica

### Extensiones temporales y espaciales

- Extensión temporal: 30 años.
- Extensión espacial: Es un espacio limitado de 80 x 40 retículas, donde ocurren procesos reproductivos de la especie y en el que diferentes usuarios extraen huevos e individuos.

### 3. Resumen del proceso y programación

En este modelo basado en agentes, cada iteración o paso de tiempo es equivalente a un día. Cada subproceso es ejecutado una vez por iteración y es explicado en detalle en la sección de submodelos. El primer submodelo "Movimiento de cocodrilos" se encarga de controlar el movimiento de los cocodrilos según sus variables de estado: sexo y preñada. El submodelo "Mover asociados" se encarga de controlar el movimiento de los asociados según sus variables de estado sectorx y sectory. El submodelo "Poner huevos" se encarga de controlar la postura de los huevos de los cocodrilos según el ambiente y sus variables de estado: sexo, tamaño, reloj y preñada. El submodelo "Eclosionar huevos" se encarga de controlar la creación de cocodrilos

por la eclosión de los huevos según el ambiente e inicializar sus variables de estado. El submodelo "Recolectar huevos" se encarga de controlar la recolección de huevos por parte de los asociados, según las variables de estado de los huevos y los nidos. El submodelo "Cazar cocodrilos" se encarga de controlar la recolección de cocodrilos por parte de los cazadores, según sus variables de estado: cazo y las variables de estado de los cocodrilos: tamaño y además controla el movimiento de los cazadores y el submodelo "Aumentar la edad" que se encarga de actualizar la variable de estado edad de los cocodrilos por cada iteración. Cada iteración termina con una actualización de variables de estado y control de los agentes como la variable tamaño y preñada de los cocodrilos; la activación y desactivación de los asociados y cazadores; y la muerte de los cocodrilos según sus variables de estado: edad (Fig. 7).

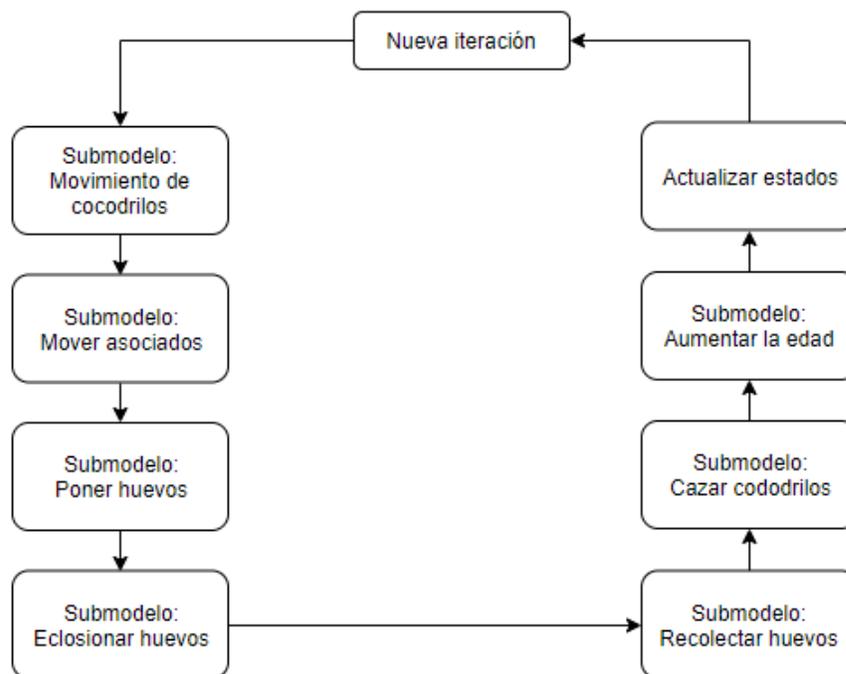


Figura 7. Resumen del Proceso y Programación del Modelo Basado en Agentes

## 4. Conceptos de diseño

### 4.1. Principios básicos

El Modelo subyace a el Modelo depredador-presa de Lotka Volterra, este describe la dinámica depredador-presa mediante la aplicación de unas ecuaciones diferenciales (Begon et al., 1996):

$$dx/dt = \alpha x - \beta xy$$

$$dy/dt = \delta xy - \gamma y$$

x = Número de presas

y = Número de depredadores

dx/dt y dy/dt = Tasa de crecimiento de cada una de las poblaciones

t = Tiempo

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  = Parámetros

Realiza los siguientes supuestos:

- 1) La población de presas crecerá exponencialmente cuando el depredador este ausente
- 2) La población de depredadores morirá de hambre en ausencia de la población de presas
- 3) Los depredadores pueden consumir cantidades infinitas de presas

El modelo reconoce a los cazadores y a la asociación como los depredadores y a los cocodrilos y los huevos como la presa, en el modelo se establece la cantidad de cazadores y asociados, la cantidad inicial de presas, el tiempo y el crecimiento de las presas.

Su alcance es a nivel del sistema puesto que la caza y recolección de huevos afectara la población de cocodrilos y la ausencia de estos los ingresos de los cazadores y a la asociación. El modelo proporciona información sobre su alcance y utilidad puesto que nos permite entender que pasara con la abundancia y estructura poblacional de la especie, lo cual puede contribuir al uso sostenible de la misma.

## 4.2. Emergencia

### Resultados Emergentes

- Abundancia por las diferentes clases de tamaños (yearlings o neonatos, juveniles, subadults, adults y max)
- Abundancia total
- Ingresos de los cazadores y de Asocaiman
- Cantidad de huevos recolectados

**Resultados no Emergentes:** No hay nada impuesto

### **4.3. Adaptación**

**Rasgos adaptativos:**

- Las hembras se mueven más rápido cuando están preñadas
- Los asociados recolectan un porcentaje de huevos si del nido no se ha recolectado nada
- Las hembras solo depositan los huevos en los nidos vacíos
- La mortalidad

### **4.4. Objetivos**

Los agentes no buscan maximizar o minimizar ninguna métrica, son modelos como agentes autónomos que toman decisiones basadas en procesos estocásticos (distribuciones de probabilidad uniformes).

### **4.5. Aprendizaje**

No se modela el aprendizaje, las reglas de decisión que usan los agentes son basadas en procesos estocásticos y son fijos durante toda la simulación. La respuesta varía a través del tiempo basado solo con los datos observados por estos.

### **4.6. Predicción**

No se modela la predicción en la toma de decisiones de los agentes para este modelo

### **4.7. Percepción**

Todas las percepciones descritas a continuación son programas, es decir, son impuestas.

- Los cocodrilos pueden saber si un área de postura tiene un nido
- Los cazadores pueden ver el tamaño de los cocodrilos
- Los asociados pueden ver la cantidad de huevos de los nidos

### **4.8. Interacción**

- Los cocodrilos interactúan directamente con los nidos, los cocodrilos crean nidos.
- Los cocodrilos interactúan directamente con los huevos, los cocodrilos crean huevos.
- Los asociados interactúan directamente con los huevos, los asociados recolectan o remueven los huevos
- Los cazadores interactúan directamente con los cocodrilos, los cazadores cazan o remueven los cocodrilos
- Los huevos interactúan directamente con los cocodrilos, los huevos crean o generan cocodrilos

No hay comunicación entre los agentes

#### **4.9. Estocasticidad**

Todos los submodelos tienen presente algún componente estocástico; las fechas de las posturas de huevos, la cantidad de huevos que pone cada cocodrilo, las fechas de eclosión de huevos, el crecimiento de los cocodrilos, el movimiento de los cocodrilos, los asociados y los cazadores, la muerte de los cocodrilos. Se utiliza para producir variabilidad.

#### **4.10. Colectivos**

- Cocodrilos -> se representan en clases de tamaños (yearlings o neonatos, juveniles, subadults, adults, max)
- Asociados (Asocaiman) -> se representa mediante una asociación compuesta por 16 ex cazadores
- Cazadores -> se representan por un grupo de 16 cazadores

Los colectivos son definidos por el modelador, con sus propiedades y comportamientos específicos.

#### **4.11. Observación**

Los datos que se registran en la simulación son:

1. La cantidad de huevos recolectados
2. La abundancia total de los cocodrilos
3. La abundancia de los cocodrilos por clases de tamaño (yearlings, juveniles, subadults, adults y max)

Estos se recopilarán mediante la simulación de 4 escenarios, se utilizarán todos los datos de salida.

## 5. Inicialización

El estado inicial del modelo de una ejecución de simulación es el  $t = 0$ . Esta puede variar entre simulaciones. Al inicio, se determinaron 100 áreas de posturas, la cantidad de cazadores, asociados y cocodrilos. A los cocodrilos se les asigno un sexo de manera aleatoria (hembra 1 o macho 0), y un tamaño de acuerdo a la clasificación (yearlings o neonatos, juveniles, subadults, adults y max), a las hembras preñadas un objetivo (área de postura donde dirigirse) y una fecha de postura aleatoria. A los asociados se les asigno un sector y si cumplen o no las reglas de uso (porcentaje de recolección de huevos) y a los cazadores si han cazado. Estos valores iniciales son basados en datos.

## 6. Datos de entrada

No se usan datos de entrada externos aparte de los valores de inicialización

## 7. Submodelos

A continuación, se detalla cada uno de los submodelos:

### Mover cocodrilos:

Se encarga de controlar el movimiento de los cocodrilos según sus variables de estado: sexo y preñada. Si el cocodrilo es macho se mueve y gira entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$  avanzando un paso, si es hembra y no esta preñada se desplaza igual que el macho, pero si esta preñada gira hacia el área de postura y avanza dos pasos (Fig. 8).

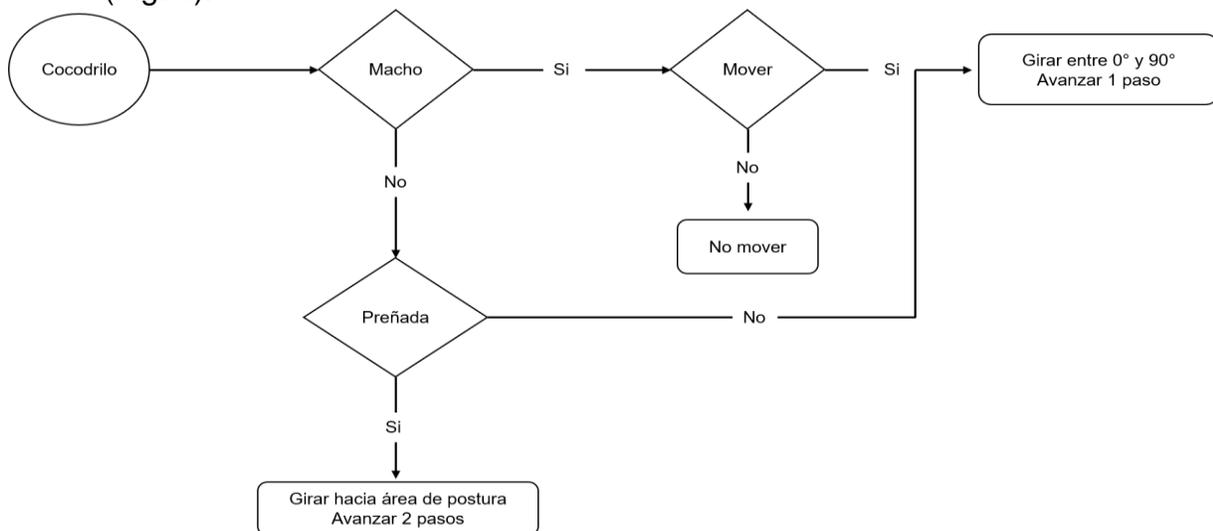


Figura 8. Submodelo movimiento de cocodrilos

### Poner huevos:

Se encarga de controlar la postura de los huevos de los cocodrilos según el ambiente y sus variables de estado: sexo tamaño, reloj y preñada. Si el cocodrilo es hembra, tiene la talla reproductiva y esta preñada pone los huevos durante el periodo de postura en los nidos que se encuentran libres (pone entre 10 y 60 huevos) y su estado se actualiza a no preñada (Fig. 9).

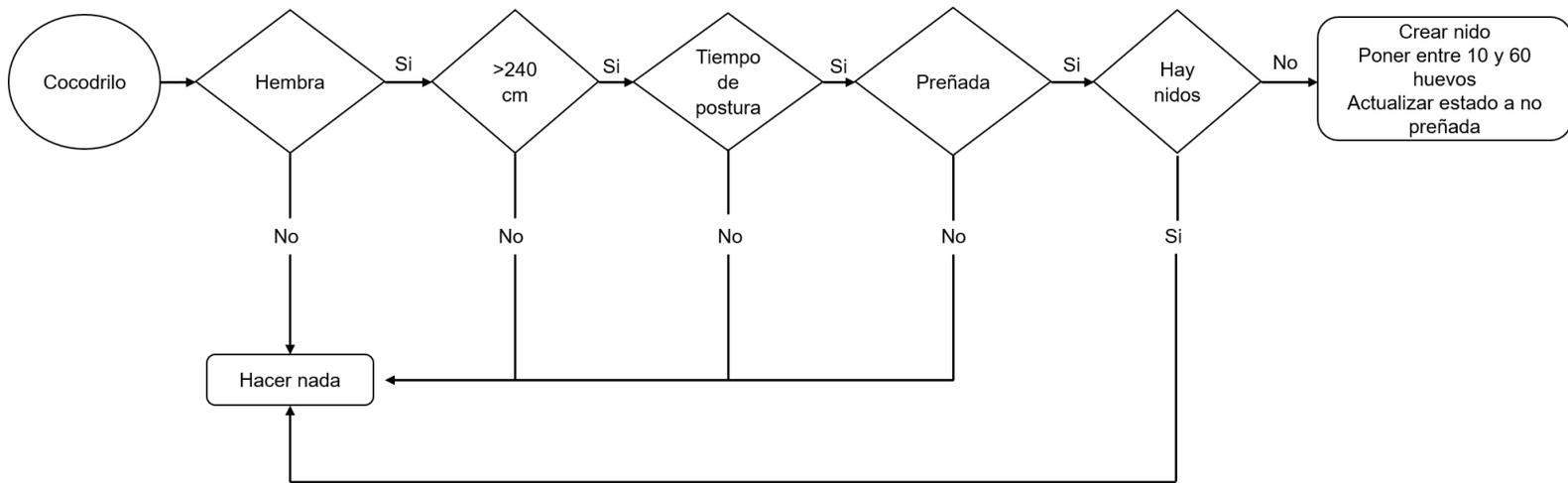


Figura 9. Submodelo postura de huevos

### Aumentar edad:

Se encarga de actualizar la variable de estado edad de los cocodrilos por cada iteración. Al pasar el tiempo cada cocodrilo aumenta su edad, pasa a la siguiente clase de tamaño (Fig. 10)

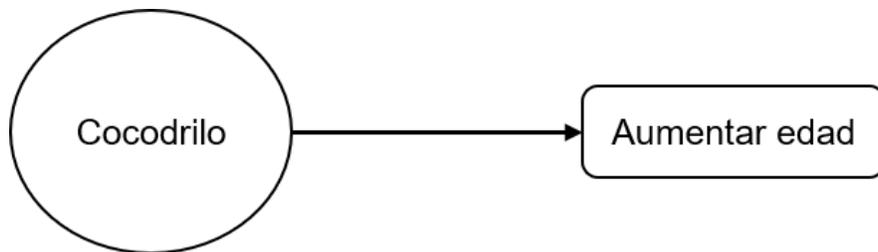


Figura 10. Submodelo aumento de edad

### Eclosionar huevos:

Se encarga de controlar la creación de cocodrilos por la eclosión de los huevos según el ambiente e inicializar sus variables de estado. Una vez la hembra haya puesto los huevos, se establece un porcentaje de eclosión, si los huevos eclosionan se crea un cocodrilo con las siguientes variables de estado: sexo (aleatorio entre macho y hembra), reloj (aleatorio entre 20 y 85 días), preñada (falso), objetivo (aleatorio entre las áreas de postura) y tamaño (entre 20 y 30) (Fig. 11).

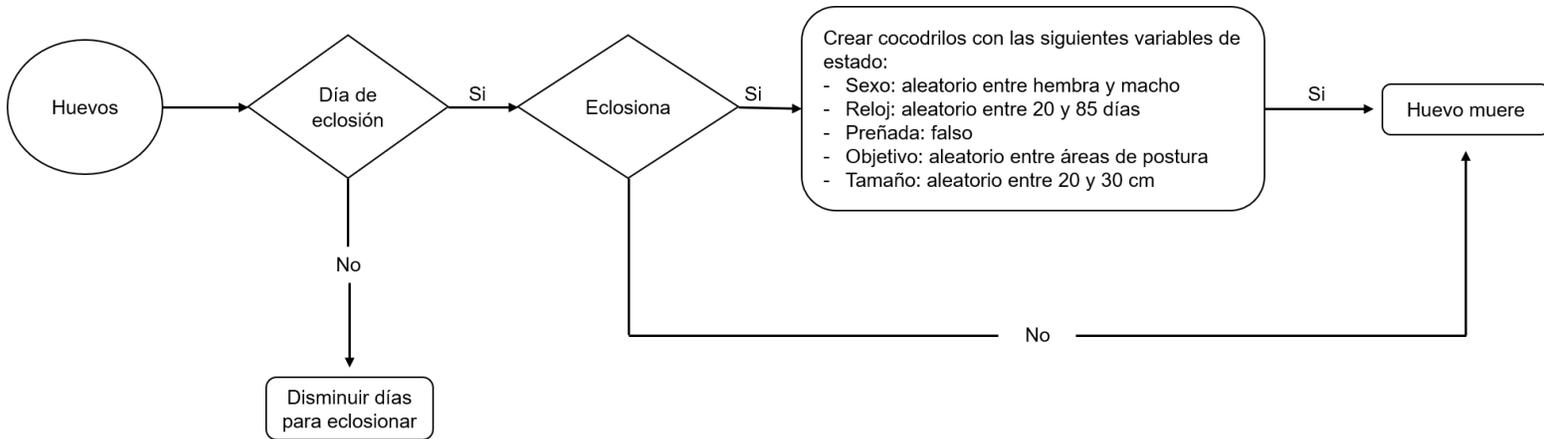


Figura 11. Submodelo eclosión de huevos

### Mover asociados:

Se encarga de controlar el movimiento de los asociados según sus variables de estado sectorx y sectory. Giran entre 0° y 360°, se mueven un paso y giran 180° y avanzan un paso (Fig. 12).

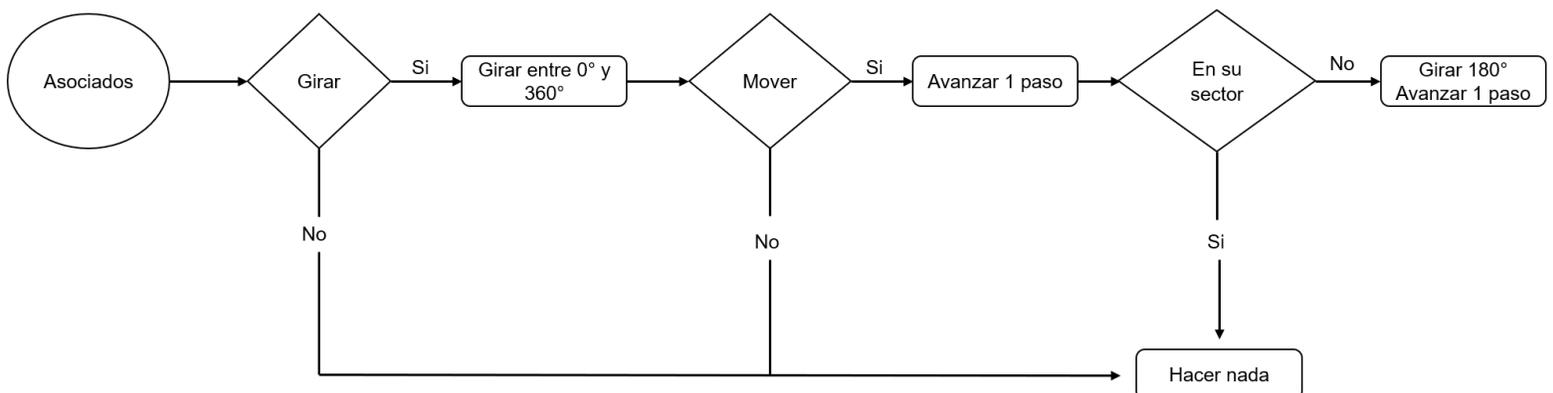


Figura 12. Submodelo movimiento de asociados

### Recolectar huevos:

Se encarga de controlar la recolección de huevos por parte de los asociados, según las variables de estado de los huevos y los nidos. Si los asociados encuentran un nido y hay huevos y ese nido aún no ha sido recolectado, calculan y recolectan la mitad del número de huevos, actualizan la variable de nido como visitado y la variable de estado del asociado como  $\text{cantidad} = \text{cantidad} + \text{la mitad de los huevos}$  (Fig. 13).

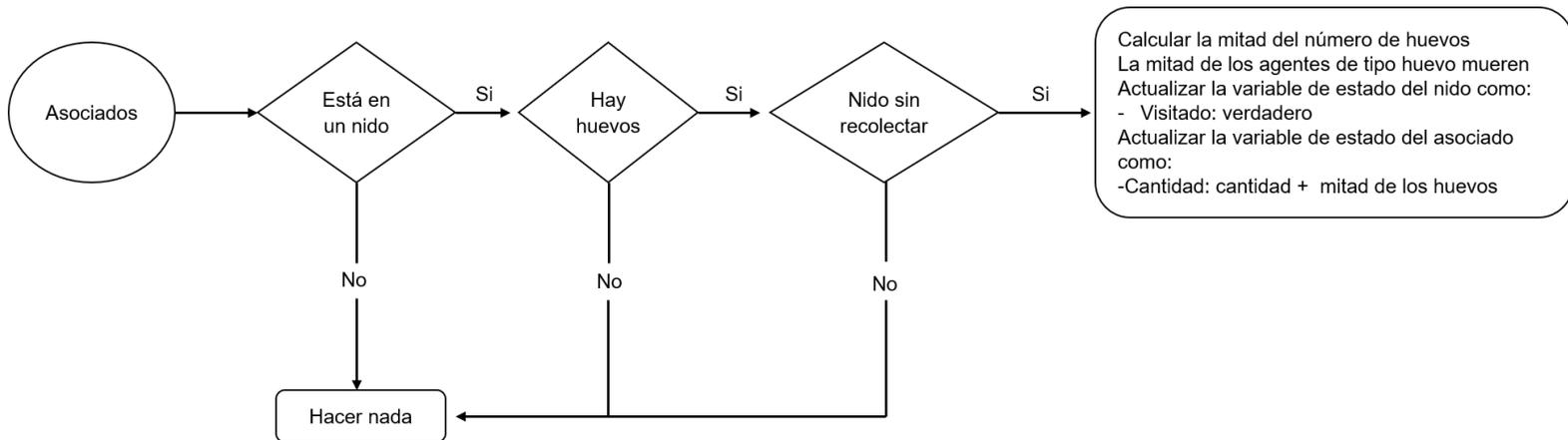


Figura 13. Submodelo recolección de huevos

### Cazar cocodrilos:

Se encarga de controlar la caza de cocodrilos por parte de los cazadores, según sus variables de estado: cazo y las variables de estado de los cocodrilos: tamaño. Además, controla el movimiento de los cazadores y el submodelo. Si es día de caza los cazadores giran entre  $0^\circ$  Y  $360^\circ$  y se desplazan un paso, cazan si encuentra un cocodrilo de tamaño de clase II (entre 60 cm y 120 cm), el cocodrilo encontrado muere y se actualizan las variables de estado del cazador:  $\text{cantidad} = \text{cantidad} + 1$ ,  $\text{cazo} = \text{true}$  (Fig. 14).

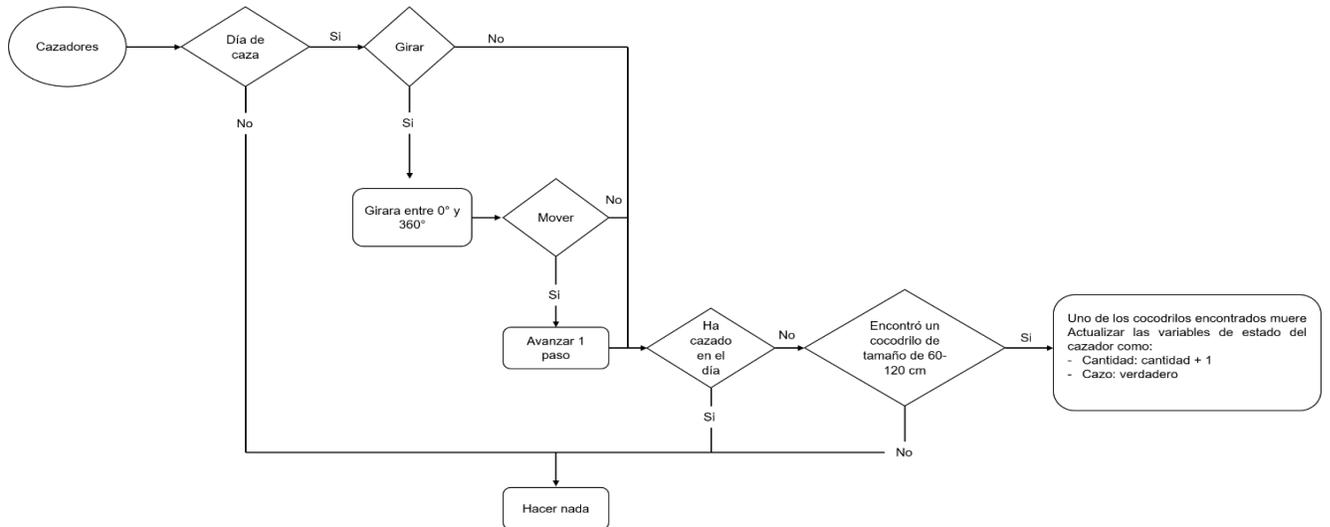


Figura 14. Submodelo caza de cocodrilos

### Actualizar estados:

Cada iteración termina con una actualización de variables de estado y control de los agentes como la variable tamaño y preñada de los cocodrilos; la activación y desactivación de los asociados y cazadores; y la muerte de los cocodrilos según sus variables de estado: edad (Fig.15).

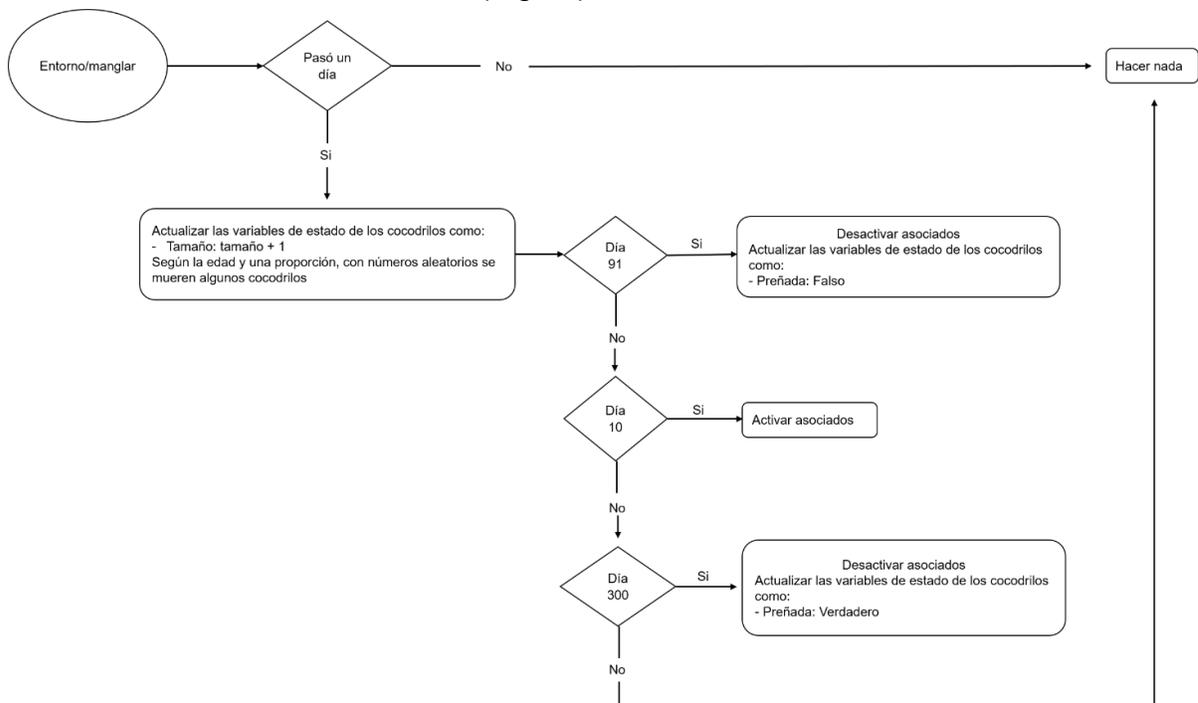


Figura 15. Submodelo actualización de estados

Posteriormente para determinar qué tan sensibles son las variables a las modificaciones de un parámetro se realizó un análisis de sensibilidad (AS) para la variable abundancia total (cuenta cocodrilos) de la población a partir de modificaciones en dos parámetros: probabilidad de eclosión y probabilidad de caza. Finalmente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las clases de tamaño con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre los escenarios por cada uno de los grupos etarios.

## 7. Resultados

### 7.1. Estado poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*)

De acuerdo a lo obtenido en las entrevistas semiestructuradas, los talleres participativos y la revisión de literatura en la Bahía de Cispatá se evidencian dos momentos claves relacionados al estado poblacional (*Crocodylus acutus*): un periodo caracterizado por la caza ilegal y un periodo dedicado exclusivamente a la conservación y recuperación de la especie.

A pesar de la veda implementada en 1969 y el conocimiento de esta, la cacería ilegal continuo hasta el año 2000, incidiendo en la disminución de la población.

*"Sí, si sabíamos que había la veda, sí, pero aquí decíamos "aquí hay mucho cocodrilo eso no se va a acabar" y eso que en ese tiempo o se pensaba, pero es mentira, si no hay un control se acaba, es que todo se acaba si no lo preservamos, si nosotros queremos usar un recurso natural hay que cuidarlo porque si uno no lo cuida se acaba. Esa regla la puso el ministerio, pero eso hace muchos años, eso fue en los años 50 cuando entraban los gringos por el río Magdalena a cazar cocodrilo, a matar cocodrilo, entonces se prohíbe, porque completamente quedo agotado *Crocodylus acutus* en el magdalena y acá había una población muy considerable, pero cuando se empieza a entrar el mercado negro ya ahí empieza la gente a aprender a cazar cocodrilo y fuimos acabando, acabando, hasta llegar a un punto que estaba muy amenazado. Es cuando llega el doctor Giovanni y la doctora Clara, que nos habla de esa conservación, nos habla del uso sostenible, nos hablan de la educación ambiental, que tendríamos que hacer para mejorar, que no nos íbamos a volver ricos, pero que si íbamos a cambiar, entonces ahí empezamos a entender esa parte, cuando ya empezamos a conocer la biología de los cocodrilos y de todo lo que estaba ahí ya ahí si fue el freno total para acabar con eso, entonces ahí fue cuando empezamos a socializar con los demás y ahí fue donde ya, desde el año 2000, en el 2002 hicimos las primeras incubadoras y nos consolidamos como asociación en el 2005" (G. Pacheco, miembro de Asocaiman, 22 de agosto de 2019).*

*"Ya estaba prohibida la caza, pero la hacíamos ilegal. Siempre nosotros anduvimos mal. No podíamos amanecer porque la policía estaba pendiente, entonces, el comprador también estaba pendiente, tenía su espía "no se vengan porque está la policía ahí". Nunca nos dejamos agarrar, siempre era uno o dos días, ya al amanecer llegaba la policía. Nunca me deje pillar, yo era muy inteligente en esa parte. Coger cocodrilo de 9-8 de la noche ya tengo, una vez cogí una*

*hembra de tres metros, la entregaban" (R. Correa, miembro de Asocaiman, 27 de agosto de 2019).*

*"Toda la vida era prohibida cazar, toda la vida, no es de ahora, toda la vida, desde que yo tengo uso de razón; yo ya tengo 60 años ya y toda la vida ha sido prohibida la pesca del caimán o cogerlo y matarlo, venderlo y yo creo que tú, no sé, yo tengo entendido pues, que nadie en el mundo tiene permiso de comercializar la carne del caimán aguja o de ninguna especie en la bahía, eso es prohibido, acá donde estamos es prohibido" (P. Berrio, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).*

*"Si, ya era prohibido, ya cuando Rosember también era prohibido, eso era ilegal, eso era prohibido, como la corporación no tenía nada aquí, cuando el INDERENA ya eso era prohibido, cuando el INDERENA puso esa ley, eso ya era prohibido, después llegó aquí el departamento de Córdoba, llegó las corporaciones, corporaciones de Valle del Sinú qué es la CVS, ya eso era prohibido, no más que nosotros era que escondido y eso" (L. Díaz, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).*

### Caza ilegal

Desde 1975 se empieza a evidenciar una disminución progresiva de la población hasta el año 2000 (Anexo 6).

En 1970 la población del caimán aguja era abundante, la cantidad de machos y hembras era igual, aunque había más presencia de neonatos que de juveniles y adultos. Entre el año 1975 y 1980 la población de la especie disminuye en hembras y en machos, con mayor presencia de neonatos.

*"Había disminuido completamente, ya era una competencia que había porque ya todos con todos iban a cazar. El cocodrilo en ese entonces era cazado tanto con arpones, de noche, con lazo, con el anzuelo y otros que se metían a las cuevas y los amarraban hay dentro de la..., toda esa cacería la hubo. En ese tiempo el neonato era mayor porque no era casi perseguido, el juvenil era perseguido, pero el neonato no" (R. de la Rosa, miembro de Asocaiman, 1 de septiembre de 2019).*

Entre 1985-1990 disminuye la población en igual medida y en el año 1995 disminuye la población en hembras y en machos, con mayor presencia de adultos que de neonatos y juveniles.

*"Estaba totalmente disminuida la población de juveniles, la población de neonatos, solamente se encontraban animales totalmente grandes. Todo lo que se encontraba era grande porque los comercios que había eran de huevos, neonatos, juvenil" (R. de la Rosa, miembro de Asocaiman, 1 de septiembre de 2019).*

La población del caimán aguja era abundante y su disminución está asociada a la caza indiscriminada de la especie, puesto que cazaban de todas las clases de tamaños, desde los huevos hasta los adultos.

*"Recuerdo que anteriormente cuando yo pescaba con mi papá, tenía ahí aproximadamente como unos 10 añitos; en la orilla de Caño salado habían*

*muchas ramas secas tiradas en el agua y eso se veían de 30, 15 caimanes pequeños en las ramitas, incluso conseguíamos muchos nidos en los palos que se caían, que alzaban mucho barro orgánico, conseguíamos nido ahí, entonces yo cuando llegaba la comida, echaba 3 o 4 huevitos a cocinarlos, pero casi no me gustaban, tenían un saborcito raro, no sé, se cogían 2 o 3 y me los traía solamente por traérmelos. Eso que anteriormente no se perseguía el caimán, había mucho caimán, incluso teníamos que andar por la mitad del caño porque si cogíamos la orilla fácilmente nos hundía un caimán, ¿cuál era la forma en la que ellos podían hundir un caimán? porque las canoas son pequeñas, las canallas, entonces son animales muy grandes que cuando se tiran de los palos, de los palos secos, están tomando el sol, hacen una ola muy grande y las canoas como van bastante bajitas comprometidas, entonces fácilmente se va hundiendo la embarcación” (B. López, miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).*

*"En épocas de caza, si claro. Ahora nosotros nos metemos por un caño, por ejemplo, Caño Salado y nosotros podemos enfocar o alumbrar unos 20 caimanes, y llegó un tiempo que nosotros salíamos y habían veces, que ni una vez, en el tiempo que ya no los estábamos acabando, por ejemplo, si yo iba y me agarraba uno y yo iba de tres canoas tan siquiera que salían, que cogieran uno todos los días durante 4 años más o menos, se estaba acabando y cogíamos los huevos, porque si nosotros no cogíamos los huevos, podíamos vender el grande y los pequeños se iban reproduciendo. Ya el grande dejaba cría. Pero, vendíamos los grandes y vendíamos los huevos" (F. Guerrero, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).*

*"El cocodrilo aquí se acabó cuando se vino a mirar la zona, cuando se vinieron a dar cuenta no había y los que había eran muy pocos. Bueno, la población de caimán disminuye por el motivo de que ya los grandes cazadores, los viejos. Hubieron otros que ya se dedicaron todo el tiempo al cocodrilo y... el cocodrilo es un animal que también hay veces que cuando él en la forma de alimentarse es muy fácil por los anzuelos, lo pueden recolectar con carnada, también lo pescaban ¿Cómo lo llamaban ellos?, en las cuevas, en las madrigueras, tú sabes que él hace un... por debajo del agua en las barrancas hace una madriguera, hubieron cazadores que ya se dedicaron a buscarle la madriguera, las cuevas, entonces se metía y lo amarraba, bueno, antes decían que tenían secretos, pero si eso es como riesgoso meterse en una cueva de un cocodrilo y amarrarlo, había un tipo especializado en eso, si ninguna clase de nada, sino que simplemente se metía, buscaban el cocodrilo lo amarraban y lo cogían y lo sacaban, en eso si hubo bastantes que se dedicaron a eso y por ese motivo fue que acabamos con él. Lo que fue, fue que yo nunca trabaje eso" (R. de la Rosa, miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).*

Se evidencian la disminución de la especie por los largos periodos de búsqueda, sin obtener éxito. Y si llegaban a encontrar alguno durante su larga búsqueda, estos eran difíciles de capturar dado su comportamiento esquivo.

*"Aquí cuando cogíamos los cocodrilos, disminuyo bastante, bastante, que después que íbamos a coger un cocodrilo durábamos meses, meses para coger un cocodrilo, uff bastantes, nos daban hasta un millón, dos millones para coger, nosotros nos perdíamos días, noches, buscando, ya hasta uno por ahí lo veía, pero ya estaba muy arisco y se acabó bastante, bastante bajo, que cuando iniciamos este proyecto comenzamos con 17 camadas, ¿imagínate tú?, cuando en una noche uno cogía hasta 6, 7 camadas" (E. Díaz, miembro de Asocaiman, 21 de agosto de 2019).*

*"Completamente, llego casi a desaparecer, por ahí quedaron unos animalitos y quedaron como te digo brutaemente por acá jubilados, jubilado es que ya nos colocábamos la linterna en la frente y cuando lo alumbrábamos cambiamos, allá se les ve los ojos como una brasa de candela, allá esta uno, ya listo, cuando íbamos llegando se iba a la superficie al fondo y ahí no salía mas ¿Qué hacíamos nosotros? unas trampas para ver, una trampa de esta forma que apagábamos la linterna y tirábamos el blanco ahí para ver si salía, perdíamos la noche ahí anclados, no sé si salía por debajo o estaba ahí al fondo, ellos podían durar toda la noche ahí en el fondo y respirar también sin ningún problema" (G. Flórez, miembro de Asocaiman, 22 de agosto de 2019).*

*"Sí, disminuyó bastante, de doce íbamos hasta 3, 4, 5 noches y no capturábamos ni 1, ya estaba agotándose, totalmente agotado. Y si con los que conseguíamos ya estaban muy ariscos muy jubilados que ya eso no se dejaban, así que de uno los alumbraba y ellos se perdían. Estaban muy guapos" (A. Yáñez, miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).*

## Conservación

A partir del año 2005 hasta el año 2015 se observa un aumento de la especie hasta su establecimiento dadas las acciones de recuperación y conservación (Anexo 6).

En el año 2000 se da inicio al proceso de asociación, iniciando con la incubación de las camadas, para este año la población disminuyo en igual medida. En el año 2005 se continua con la recolección de huevos y se inician los monitoreos, para este año la población de la especie se establece, aumentando la cantidad de neonatos, juveniles y adultos. En el año 2010 aumenta la población de la especie, se evidencia la presencia de más hembras que machos, y disminuyen los neonatos y los juveniles, aumenta la cantidad de adultos.

*"Hembras hay más ahorita mismo porque ha sido incubación artificial, entonces siempre ha salido más hembra y casi todas las que uno sexa cuando va a liberar es hembra" (N. Rosales, miembro de Asocaiman, 1 de septiembre de 2019).*

Entre el año 2010-2012 disminuye la población por el cierre de las camaroneras y en el año 2015 aumenta evidenciándose más hembras que machos.

“Hubo un bajón en el 2010, en el 2012, un bajón por eso porque hubo resequedades completamente, secaron las ciénagas de las camaroneras y hubo mucha repoblación, entonces así completamente también se da eso” (L. Díaz, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).

“Hubo un bajón entre 2010-2012 más o menos, pero fue por el cierre de las camaroneras. La camaronera era una parte muy productora con los cocodrilos, encerrar eso, entro mucha gente a cazar por allá y más que todo en postura de huevos, neonatos y cocodrilos disminuyo. Fue que cerraron la camaronera y como esa era zona protegida por medio de la gente que no aceptaba que cogiera cocodrilo y en ese momento bajo la población de posturas y por allá sacaban muchos animales de ese lado y esa es una de las áreas más productivas, o sea, que tenía mucho cocodrilo y de postura de huevo” (N. Rosales, miembro de Asocaiman, 1 de septiembre de 2019).

Desde el 2002 al 2017 se evidencia un incremento de la población, relacionada al programa de liberación que se ha llevado a cabo en la zona. En el año 2012 se evidencia una disminución de la población relacionada al cierre de las camaroneras (Fig. 16). Los datos recolectados en la figura 7 y 8 se obtuvieron mediante el método de fracción visible, es decir, se cuenta la cantidad de cocodrilos observados los cuales representan el 5% de la población total (No fue posible acceder a los datos detallados de las tendencias poblacionales).

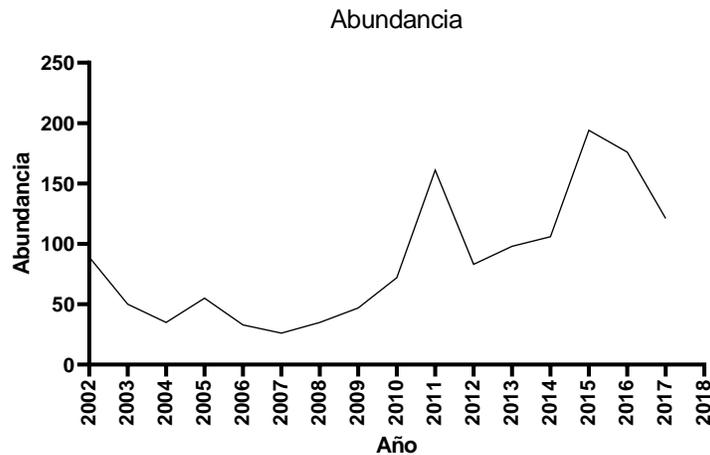


Figura 16. Abundancia poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) durante 15 años de muestreo (2003-2017) bajo metodologías estandarizadas (fracción visible) en la Bahía de Cispatá, Córdoba. Elaborada a partir de los datos expuestos en la Resolución 2298.

Respecto a la abundancia por clases de tamaño se observa un aumento de todos los grupos etarios entre el 2003 y 2017. Entre el año 2002-2010 todas las clases de tamaño se comportan de manera constante. Se observa la ausencia de neonatos durante el periodo de 2003-2006 debido a la incubación y recolección de huevos y un aumento de juveniles entre 2002-2013 dadas las liberaciones; durante este periodo de tiempo la población de adultos se mantiene constante (Fig. 17) (No fue posible acceder a los datos detallados de las tendencias poblacionales).

“Los neonatos no se veían tanto así de aumentar en el medio porque estaban acá, estaban acá, acá se liberan de un metro en adelante, por eso se veía más juvenil, los neonatos estaban aquí. Se mantuvo los adultos en ese momento” (N. Rosales, miembro de Asocaiman, 1 de septiembre de 2019).

Al igual se evidencia un aumento de los neonatos en el 2011, que pueden estar relacionada a las hembras reproductoras liberadas y una disminución de estos en el año 2012, asociada al cierre de las camaroneras representada en la disminución de las camadas. Entre el año 2012-2015 se observa un aumento de subadultos, adultos y adultos mayores (Fig. 17).

“A medida que la liberación que se hizo, ya las primeras empezaron a ser reproductoras, ahí fue donde aumento todo porque hay una población liberada que es reproductora allá” (N. Rosales, miembro de Asocaiman, 1 de septiembre de 2019).

“Se vio la disminución por medio de las camadas, los huevos, porque si uno tenía establecido unas 64 camadas y al parecer cogíamos 55-50, eso era un bajón grande, porque si uno registra 70 camadas acá en la incubación,; los compañeros que van llevan la información que si ven que se cogen una camadas ellos traen la información, si ven que los lobos se comen o los machines se comen unos huevos, ellos traen la información y a eso es lo que se le dice una camada. A veces uno llega a las 85 con esa información con todo eso no se ha llegado ni a los 60, o sea, ahí hubo un bajón” (N. Rosales, miembro de Asocaiman, 1 de septiembre de 2019).

Abundancia por clases de tamaños 2002-2017

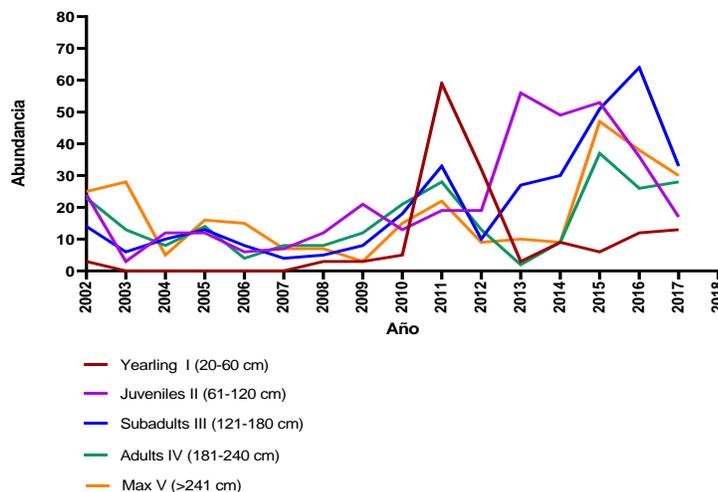


Figura 17. Abundancia poblacional por clases de tamaño durante 15 años de muestreo (2003-2017) bajo metodologías estandarizadas (fracción visible) en la Bahía de Cispatá, Córdoba. Elaborada a partir de los datos expuestos en la Resolución 2298.

Actualmente la especie del caimán aguja está totalmente recuperada, dadas las liberaciones. Aunque los miembros de la asociación mencionan cantidades diferentes de cuantos individuos puede haber en el medio.

*"Con las liberaciones ya debe de haber más de 10.000 cocodrilos, porque es que quedan, hay unas que nacen allá en su hábitat. Hay partes que están metidas por dentro de los manglares que uno no da con eso, hay mangles que se caen y cuando se caen con las raíces levantan mucha tierra, levantan un peñón de tierra muy grande, las matas de mangle y ahí es donde a ellos más les gusta de anidar, en esa tierra que arranca la mata cuando el peñón, ahí es donde más a ellos les gusta anidar" (A. Yáñez, miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).*

*"Uy yo creo que puede haber unos 2.500, 3.500 por ahí, más o menos. Sí de lo que hemos liberado y con lo que hay allá en el medio, que no han sido, sino que han nacido allá. Digo, como esta es un área grande, nosotros ahora mismo entramos, por ejemplo, a el Caño ese El Tapado, ese es un caño larguísimo y hay otro que se llama la Angostura y podemos encontrar unos 15 o 20 caimanes, nada más en el caño eso sin contar ciénaga y otros caños, y donde hay más o menos unos 30 caños aquí, sin inventariar los túneles pequeños" (F. Guerrero, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).*

*"Bueno, se puede decir que por ahí hay, puede haber unos 20.000, porque nosotros acá vamos y buscamos los huevos en el medio, pero también hay animales que nacen en su hábitat natural, hay veces que usted llega y dice cocodrilos pequeñitos ¿De dónde salieron? nacen allá también porque el cocodrilo es muy escurridizo, ahí el cocodrilo, algunas montan el montículo que nosotros hacemos, pero hay otras que no, en los manglares como son tan extensos hay caños que uno no los conoce por todo eso hay cocodrilos metidos y allá adentro hacen sus nidos y allá nacen los animalitos, por eso se puede decir, de pronto pueden haber más de 20.000 animales en el medio porque es que están naciendo bastantes cocodrilos." (N. Mendoza, miembro de Asocaiman, 21 de agosto de 2019).*

*"Hay cantidades más o menos quince mil animalitos. Como este año no se recolecto huevos, o sea los que alcanzaron a nacer en los montículos naturales por ahí, entonces hay una población de pequeñitos por allá por lo que no se recolecto huevo este año...bastantes, puede haber unos 7.500 hembras y 7.500 machos. A veces tratamos de sacar más hembras que machos que son las que dan la reproducción, o sea los dos dan la reproducción porque la hembra sin el macho no va a dar la producción" (L. Garcés, miembro de Asocaiman, 21 de agosto de 2019).*

Es evidente que la población del caimán aguja presentó una disminución entre el año 1975-2000 debido a la caza indiscriminada de la especie, pero a partir del año 2000 y la formación de Asocaiman se establece la población hasta lograr la recuperación de la especie.

## 7.2. Reglas

Se evidencian tres momentos clave relacionados a las reglas (formales e informales): un periodo caracterizado por la caza ilegal, un periodo dedicado exclusivamente a la conservación y recuperación de la especie y un periodo de uso sostenible que aún es incierto (Tabla 2).

Tabla 2. Reglas formales e informales en cada uno de los periodos (caza ilegal, conservación y uso sostenible)

<b>Año</b>	<b>Periodo</b>	<b>Actividad/Practica</b>	<b>Reglas Formales</b>	<b>Reglas Informales</b>
1970-2000	Caza ilegal	División de áreas		Respeto del área de caza
		Adecuación de posturas		Respeto de las áreas de anidación artificial
2000-2017	Conservación	Adecuación de áreas de postura	Correcta restauración de las áreas de anidación	
		Recolección de huevos	Manipular adecuadamente los huevos	
			Dividir y rotar las zonas de recolección	
			Recolectar todas las camadas encontradas	
			Registrar las camadas	
		Liberación	Liberar individuos que tengan un tamaño mayor a un metro (que se puedan defender en su hábitat natural)	
			Registrar los individuos liberados	
Ingresos	División de los ingresos			

			Dejar un porcentaje en el fondo	
		Ecoturismo	Manejar adecuadamente los cocodrilos	
			Ofrecer una buena charla a los turistas	
Se desconoce cuándo se iniciará el uso sostenible	Uso sostenible	Adecuación de áreas de postura		Restaurar las áreas de anidación cada año
				Adecuar los nidos de acuerdo a la altura establecida
		Recolección de los huevos		Manipular adecuadamente los huevos
				Solo se hará uso del 50% de los huevos recolectados
				Puntualidad (llegar a las 5 o a más tardar a las 5:30 am)
		Comercialización de pieles		No dañar la piel
		Ingresos		Se repartirá una parte entre los miembros
				Un porcentaje quedara para la asociación (capitalización)
				Se debe apoyar económicamente a la comunidad

### Caza Ilegal

Durante la caza ilegal de la especie no había reglas, cada quien extraía la cantidad que deseara, en el área donde más le apeteciera.

*"Eso no había reglas, uno se metía por aquí, venía el otro por allá, nos vamos por allá, por aquel lado, nos vamos pa otra parte" (L. Garcés, miembro de Asocaiman, 21 de agosto de 2019).*

*"Siempre la caza del cocodrilo fue cada quien. Por lo menos en caso de que tu fueras una cazadora de cocodrilo tu salías por aquí y yo llegaba aquí y cogía por aquí, luego me venía por aquí por donde tu pasaste y así, no había un límite... entonces en ese tiempo no había reglas". (R. de la Rosa, miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).*

*"No, cada quién cogía su ruta, donde era libre, a veces que nos encontrábamos, íbamos nosotros por una parte y encontrábamos a otros, ya tocaba devolvernos para otro lado, para otro sector" (A. Yáñez, miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).*

*"No, no, no, nunca, nunca, nunca hubo, si no el primero que llegaba ese era el que hacía, que hacía, si había uno que como estábamos 3-4 personas que éramos los que salíamos de un lado y así patrullábamos y entre más temprano uno fuera ya la gente no, pero acá no nos respetábamos, nunca, ahora es que respetan, pero anteriormente no. Ahora si respetan porque uno hace los nidos, entonces ya la gente no se mete, pero anteriormente si, ya hace más o menos unos años atrás había una guerra campal que teníamos acá por ese lado" (P. Berrio, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).*

*"No, cada quien cogía lo que quería, donde quería, no teníamos control, el que llegaba primero ese ganaba, si ellos llegaban primero que usted, y llegaban primero ahí ganan y hay veces habíamos hasta 3, hasta 2, 3 así en el mismo caño, uno arriba, otro acá y otro acá..." (R. Correa, miembro de Asocaiman, 27 de agosto de 2019).*

Sin embargo, algunos de los miembros expresan que una parte de los cazadores se organizaron para establecer reglas dado los conflictos entre ellos. Las reglas consistían en respetar las áreas de caza y de anidación, específicamente los montículos artificiales realizados para la recolección de los huevos (Tabla 1). No existía una sanción para el incumplimiento de las reglas, pero si la advertencia de que si no se respetaban se invadiría el territorio del otro (Anexo 5).

*"Respetamos el terreno, que nosotros si hacíamos un montículo, yo te respetaba tu área, el área donde tú lo hacías, bueno, si tú lo hacías en, como aquí hay muchas ciénagas, van a ver tú lo hacías en la Soledad, qué es la parte donde más desovan son los cocodrilos, porque hay una camaronera, tú hacías tú montículo allá, yo te respetaba su territorio, porque tú andabas para allá, pero si tú andabas pa Caño salado mi territorio, tu tenías que respetarlo porque yo trabajaba para allá, y cada quien tenía su área donde trabajaba, el otro trabajaba para el Navío, el otro pa Garzales, cada uno buscaba su parte" (E. Díaz, miembro de Asocaiman, 21 de agosto de 2019).*

*"Bueno nosotros antes lo hacíamos así, aquí era Caño salado y había un grupo que era de cuatro personas y habían por decir, nosotros empezamos a hacer nuestros propios montículos para que ellas anidaran ahí, íbamos y teníamos 10 montículos y esos son de nosotros, yo no fabrique 10 más adelante, bueno esos eran del otro grupo, pero había veces que los otros compañeros, como en este sector había más producciones se volaban y se nos iban adelante, haciendo la discordia entre los compañeros porque cuando uno quería llegar ya estaban allá". (N. Mendoza, miembro de Asocaiman, 21 de agosto de 2019).*

*"En un tiempo dividimos la bahía porque había muchos problemas entre nosotros los cazadores, incluso hubieron muchas amenazas hasta de muerte y así, muchos problemas, entonces dividimos los sitios, bueno ustedes no violen la ley cogiendo para este sitio y nosotros tampoco la violamos cogiendo para este otro sitio, para que no sigan los problemas" (B. López, miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).*

*"Las reglas las pusimos entre todos los cazadores, porque la regla era lo del más fuerte porque digamos que les decíamos "si ustedes invaden nuestro espacio nosotros les vamos a invadir el de ustedes", así que como algunos tenían presencia en la parte sur, otros en el centro y nosotros éramos en la parte oeste y norte, entonces ahí nos respetábamos un poco esa parte porque el uno decía: no, si y allá me invaden mi territorio, entonces ambos se cuidaban de eso". (G. Pacheco, miembro de Asocaiman, 22 de agosto de 2019).*

*"Una vez que sí. Ya, mejor dicho, nos repartimos por grupos, este Gabriel con Benjamín y David tenían la zona de Caño salado, pero que va se le metían escondido y yo andaba con Lascario, teníamos pa acá, pa la otra zona, pa Caño grande y el Caño el garzal y nos metíamos también en el Soldado que hay un terreno que hicieron como forma de unas camaroneras, que están abandonadas y ahí saltan a poner también". (J. Díaz, miembro de Asocaiman, 24 de agosto de 2019).*

*"No, eh... cuando cazamos a veces nos íbamos juntos uno, dos. Uno se repartía pa allá, el otro cogía pa acá y eso completamente. Las reglas hubieron fue cuando los huevos, cuando nosotros comenzamos hacer los nidos, que cada uno hacía nido porque los nidos que se hicieron, porque nosotros las plataformas, eso fue idea de nosotros, de nosotros acá los caimaneros que ya lo habíamos hecho, entonces ahí se comenzaron a hacer reglas porque por ejemplo, el ñato me decía "yo no cojo tu área ni tú coges la mía porque tú trabajaste allá tus nidos y yo trabaje los míos", entonces ya así, pero como siempre existe la competencia, era que el chacho a veces se ponía, chacho, chacho le decía yo "usted a quién le dijo qué vende hasta tamal de huevos", el chacho. A veces que ellos se iban y el chacho les madrugaba, qué les iba más temprano, entonces se les iba para allá, pero el chacho se los escondía y cuando se les escondía se les meten los vídeos que ellos pasaban porque les pasaban de largo pa revisar cuando ya venían para acá, pero cuando venían de allá para acá encontraban era los huecos porque ya el chacho los sandeaba". (L. Díaz, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).*

## Conservación

Dado el declive de la población del caimán aguja en el año 2000 los cazadores se organizan en una asociación y se involucran activamente en la conservación y recuperación de la especie. En el año 2005 el grupo entra en forma legal en cámara y comercio, donde se empiezan a establecer las primeras reglas (Anexo 6)

*“Entro el grupo en forma legal porque de ahí para abajo era de forma ilegal, de ahí pa delante de forma legal. Había reglas, primero se puso la regla del que encontráramos cogiendo huevos y vendiendo a otro ya lo podíamos sancionar, ya fue cuando empezó la regla, que empezamos a trabajar con la recolección de huevos de noche, nos íbamos para, desde las 3 y 4 de la tarde arrancamos para el manglar y regresábamos al día siguiente. Ya empezamos con los monitores, los nidos, la recolección de los huevos, la incubación artificial, el manejo de las tanquillas. Se empieza de forma legal, empieza la marcación de los cocodrilos, luego empiezan las liberaciones, ahí para acá ya todo fue formalidad, lo empírico con lo científico”. (N. Rosales, miembro de Asocaiman, 24 de agosto de 2019).*

A partir de ese momento las reglas se basan en las diferentes actividades realizadas por los miembros de la asociación como la adecuación de las áreas de postura, la recolección de los huevos, las liberaciones, el manejo de ingresos y el ecoturismo. Las reglas consisten en hacer una correcta adecuación de las áreas de postura, en manipular adecuadamente los huevos, dividirse y rotarse las áreas de recolección, en recolectar todas las camadas encontradas, registrar las camadas, en liberar individuos que obtengan una talla mayor a un metro, en registrar los individuos liberados, en dividir los ingresos y dejar un porcentaje en el fondo, en tener un adecuado manejo de los cocodrilos y en dar una buena charla a los turistas (Tabla 1).

*"Eh si, esas reglas van basadas a las áreas, entonces la idea es repartirnos para poder abarcar todas las áreas, entonces lo hacemos ahora en la madrugada, en la mañana, vamos en una lancha, repartimos el personal y por ahí tipo 10 de la mañana nos estamos encontrando en un sitio, entonces cada quien debe de cumplir esas reglas porque o si no se queda. Lo interesante es informar que se consiguió una camada, no importa que haya estado comida de los lobos polleros, de las nutrias o de los machines, lo importante es registrarla y registrar las cascaras también, le sacamos fotos. En cuanto a las liberaciones llevamos un registro y es una información científica que va quedando ahí, la regla es no liberar animales menos de un metro". (G. Pacheco, miembro de Asocaiman, 22 de agosto de 2019).*

*"Las reglas si por lo menos, si los trabajos sean en comunidad, que las ganancias sean divididas como en todos los socios, por lo menos que no haya la competencia y que se cumplan los tratos que se hacen, porque tú sabes que si no se cumplen los tratos que se hacen siempre se va a dejar todo lo que es la organización, cuando no hay acuerdos y no se trabaja pa una sola ".(R. de la Rosa, miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).*

"Bueno las reglas que tenemos es cuando vamos hacerle mantenimiento a las áreas de postura, pues las reglas es hacerlo bien, en un nivel más o menos después de la superficie, un nivel que uno vea o reconozca de que los huevos no van a correr riesgo de pronto por humedad, hacerla bastante amplia y limpiarle bien alrededor, que la reproductora de pronto cuando se vaya a subir o se vaya a tirar se vaya a causar daño, esa es una de las recomendaciones que siempre hacemos. Cuando vamos a las recolecciones de huevos, darle un buen manejo a los huevos, ya que ellos requieren de tanto movimiento, si la mamá cocodrila lo coloca atravesado así mismo hay que traerlo atravesado, si lo coloca paradito hay que traerlo paradito, como lo coloque ella, si mismo hay que tener mucho cuidado para traerlo en las cavas, entonces pues esa es una de las recomendaciones y aquí en este sitio donde estamos aquí con el turismo ¿Cuáles son las recomendaciones? darle una buena charla para que ellos se lleven una buena imagen, capturar el animal, dárselo seguro que no vaya de pronto a haber un accidente porque, aunque nosotros sabemos y estamos dando a demostrar que ellos no son agresivos, pero hay que entender que ellos son animales silvestres, que en cualquier momento pueden tomar alguna reacción, igual que un perro, igual que cualquier animal, incluso hasta nosotros los humanos, a veces reaccionamos mal". (B. López, Miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).

"Si, claro las reglas, que cuando iban ya sabían dónde no había camadas ahí, ya eso lo reportan, como eso cada vez que iban van marcando los huevos y van enseguida marcando, entonces hay unas reglas de eso, si no encontraban, pues es que no encontraban. Bueno, hay un porcentaje para la asociación y un porcentaje para los que vamos a hacer, para nosotros mismos". (W. Berrio, miembro de Asocaiman, 24 de agosto de 2019).

"Si, la regla es esa, la regla es de reportar, reportar si se ve, la que se comía el lobo pollero, pero siempre para eso no era reportarla por reportarla, sino que tenía que traer la evidencia uno ya, por decir la cascara y eso, pa poder tener la evidencia que es cierto que se la habían comido allá, porque fácilmente de pronto podía decir el compañero no es que en tal parte se comieron en tal, tal parte, se llevaron una y se la comió el lobo pollero, pero aja si no traía la evidencia no se podía reportar ¿ya?". (L. Díaz, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).

"Si claro, o sea por ejemplo, un día vamos unos allá a Caño salado, ya ese que fue a caño salado otro día se va para otra parte, entonces el otro que se fue al otro sitio se va para Caño Salado y así porque hay zonas que son más productivas que otras, entonces para que uno no este, un solo grupo no esté cogiendo más y más y más porque la zona es más productiva, si usted va todos los días allá, coge más cantidad, entonces los rotamos así de esa forma, para que todos cojan. Si acá en esta zona acá son poquitos, pues, entonces acá viene un día viene dos, se presta si cogen una o dos, pero allá. Pero en Caño salado siempre van, traen 3-4 camadas, entonces ese caño salado lo echan pa otra zona donde sea menos, para los que estén cogiendo menos, entonces allá cojan. Si, si encontramos 30, 30 se recolectan, si encontramos 50, 50 se recolectan, se recogía con una clara, a veces

*que ponen 3-4, como hay que veces que no ponen ni una. También depende de la tierra, entonces uno dice no guardemos una que ya desovo porque ya reventó, ya cavo, o sea nosotros tenemos que coger 10 camadas o 8, vamos juntando hasta 60 y 70". (E. Díaz, miembro de Asocaiman, 21 de agosto de 2019).*

### Uso sostenible

A causa de la recuperación de la especie, se permite el uso sostenible en la Bahía de Cispatá a través del rancheo. Aunque aún no se ha iniciado, los miembros de Asocaiman exponen cuales creen que podrían ser las reglas de acuerdo a las siguientes actividades: adecuación de las áreas de postura, recolección de los huevos, comercialización de pieles y manejo de ingresos, expresan que solo habrá sanciones si se realiza un manejo inadecuado de los ingresos (Anexo 5). Las reglas consisten en que cada año se deberá restaurar las áreas de postura de acuerdo a una altura establecida, se deberán manipular de forma adecuada los huevos, solo se hará uso del 50% de los huevos recolectados (esto puede variar según los monitoreos), se deberá obtener piel de buena calidad, se repartirán los ingresos, un porcentaje de estos deberán quedar en la asociación ya que se debe capitalizar y deberán brindar apoyo a la comunidad costera (Tabla 1).

*"Primeramente, regla número uno, sería apoyar a la comunidad, que no vamos a pensar que eso es de nosotros porque eso tiene que ser de la comunidad, entonces ayudar como a las instituciones que lo requieran, bienestar familiar o el ancianato o algún recurso que se necesite para una obra social, entonces habría varios, como le diría, como rulos que se podrían llamar". (G. Pacheco, miembro de Asocaiman, 22 de agosto de 2019).*

*"Pa mi modo de pensar sería que nos repartiéramos algo, una parte, y siquiera la tercera parte, dejarla en un fondo, nosotros aquí tenemos algo que hemos hecho nosotros mismos: un seguro. Eso el Estado no nos ha dado seguro, nos lo hemos dado nosotros mismos, hicimos una reunión y por enfermedad se le da un incentivo, o por muerte del papá o la mamá se les regala y se le presta y así llevamos en esa dinámica, más o menos, unos 10 años". (F. Guerrero, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).*

*"No vamos a acabar los que están allá, porque si acabamos los que están allá no lo podemos hacer, entonces vamos a traer los huevos, recolectamos allá. Entonces ahí vamos a aprender más porque si uno coge y mata a los que tenemos allá, el año que viene, que vamos a recolectar huevos, no tenemos opción, entonces es recolectar los huevos que están allá, devolverle el 50% y el otro pa el uso si nos dan la veda, si nos dan la veda todavía, porque la veda esta puesta, pero no tenemos presupuesto para eso". (E. Díaz, miembro de Asocaiman, 21 de agosto de 2019).*

*"Bueno sí, si claro. Cuando el doctor Giovanni nos reunió a nosotros él dijo que, para hacerles aprovechamiento al ecosistema, por ejemplo, devolverle 50% a la ciénaga y 50% hacia el uso sostenible. No si claro, nunca puede haber*

sobrepoblación en ninguna de las especies”. (G. Flórez, miembro de Asocaiman, 22 de septiembre de 2019).

“La forma que nosotros vamos, no vamos a sacrificar a los que están allá en su hábitat, las ideas de nosotros es traer los huevitos acá que nazcan acá, entonces, con el 50% para aportárselo a la ciénaga y el 50% para el uso sostenible de nosotros”. (A. Yáñez, miembro de Asocaiman, 23 de agosto de 2019).

“Eso es lo que nosotros aquí, miramos de que fácilmente aquí algún día podamos tener el uso sostenible de los animales, que por ejemplo, aquí los tenemos, sí los vamos a tener para el uso sostenible, no es exterminarlos todos, si no coger el 50% para la ciénaga y el otro 50% para uso sostenible, pero como todavía no se ha llegado, no ha firmado aquí, allá afuera sí ya vieron el pacto CITE ya dio la orden que sí se puede ya, pero aquí en Amaya nada más”. (L. Díaz, miembro de Asocaiman, 26 de agosto de 2019).

“Hacer la recolección, devolverle a su hábitat natural un 50% para que no se extinga la especie”. (N. Rosales, miembro de Asocaiman, 24 de agosto de 2019).

“Por ejemplo, ahí ese 50% lo va a decidir el monitoreo, porque si uno no hace todos los años y no hay la necesidad”. (J. Díaz, miembro de Asocaiman, 24 de agosto de 2019).

“Ahorita para el aprovechamiento, sí claro. Me imagino que las reglas que impondrán acá de la puntualidad, el buen uso de las herramientas, el que le dé mal uso a las herramientas, me imagino que tendrá sanciones, entonces, hay que empezar por ahí por la responsabilidad, por la puntualidad, porque son un poco desordenados en ese tema de la puntualidad, entonces, me imagino que se van a haber reglas sobre eso”. (W. Berrio, miembro de Asocaiman, 24 de agosto de 2019).

“La regla es hacer todos los años, reestructurar los nidos de postura, hacer la restauración de nidos y hacer nuevos”. (N. Rosales, miembro de Asocaiman, 24 de agosto de 2019).

“Establecer una regla de altura de nido porque hay situaciones en que se hacen muy bajito, establecer la regla de una medida que no vaya a ser muy bajo”. (G. Pacheco, miembro de Asocaiman, 22 de agosto de 2019).

“Establecer una altura dependiendo la marea, el tiempo del agua, hay épocas que son lluvioso y épocas que son verano”. (E. Díaz, miembro de Asocaiman, 21 de agosto de 2019).

“La regla que todo, primero es la manipulación de los huevos, o sea, bien recolectados”. (G. Pacheco, miembro de Asocaiman, 22 de agosto de 2019).

“El horario es que, si vamos a salir a las 6 de la mañana, todos tienen que estar a las 5 a más tardar a las 5:30, el que no, le pasa como en anzuelo, se queda”. (N. Rosales, miembro de Asocaiman, 24 de agosto de 2019).

“Obtener la piel sana, lo mejor que se debe. El comercio internacional si es exigente, entonces es una calidad, tener piel de buena calidad”. (G. Pacheco, miembro de Asocaiman, 22 de agosto de 2019).

### 7.3. Modelo Basado en Agentes (ABM)

#### 7.3.1. Análisis de sensibilidad

Se pudo observar que el modelo es sensible a cambios muy finos puesto que la variabilidad en la probabilidad de eclosión y caza afectan levemente el desempeño del modelo. La variable abundancia total (cuenta cocodrilos) es sensible a las modificaciones en la probabilidad de eclosión (68,73,78,83,88) y en la probabilidad de caza (10,25,40,55,70,85). Al igual presenta una magnitud similar en cada una de las modificaciones en ambos parámetros (Fig. 18 y Fig. 19).

Tabla 3. Desviación estándar y media parámetro proporción de caza

Valor Parámetro	Desviación Estándar	Media
68 (A)	1178.79	1537.39
73 (B)	1150.79	1558.45
78 (C)	1131.39	1582.95
83 (D)	1116.51	1621.05
88 (E)	1108.38	1663.39

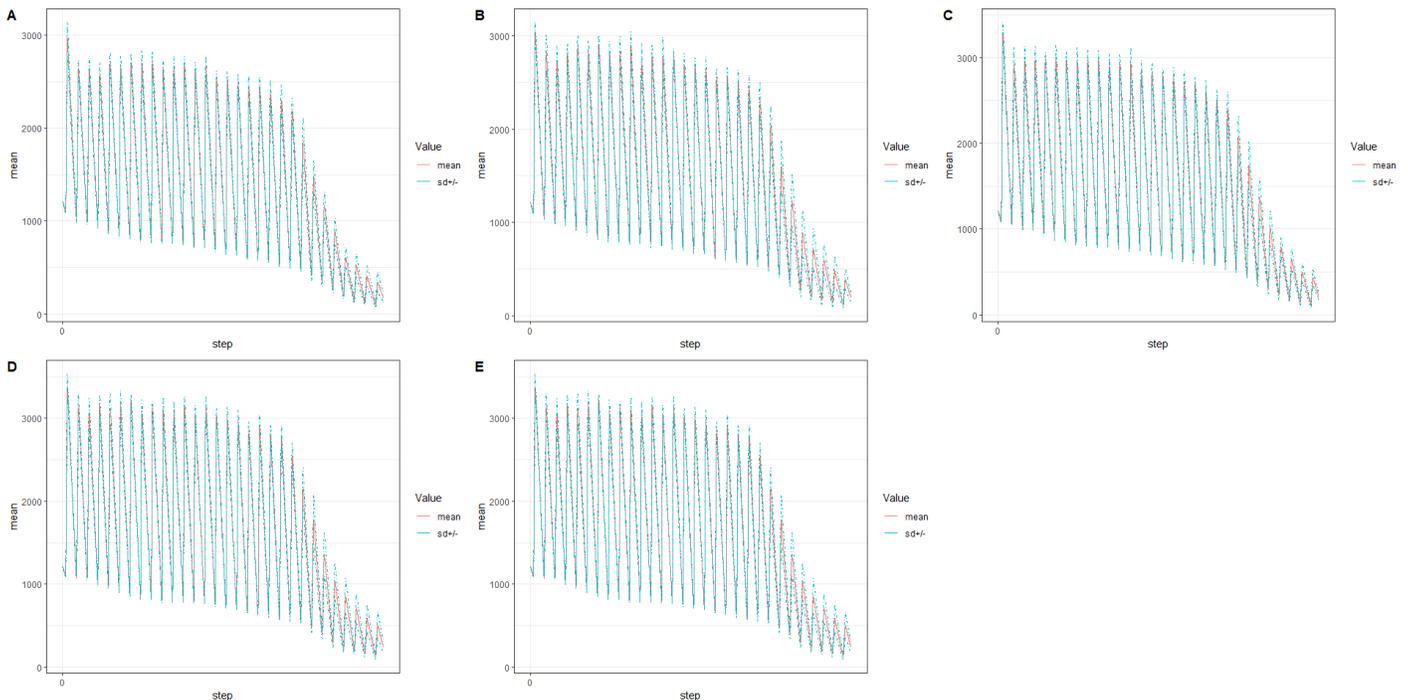


Figura 18. Análisis de sensibilidad parámetro probabilidad de eclosión

Tabla 4. Desviación estándar y media parámetro proporción de caza

Valor Parámetro	Desviación Estándar	Media
10 (A)	1165.91	1691.57
25 (B)	1157.72	1686.04
40 (C)	1152.71	1669.59
55 (D)	1158.07	1662.22
70 (E)	1162.06	1658.76
85 (F)	1167.82	1652.71

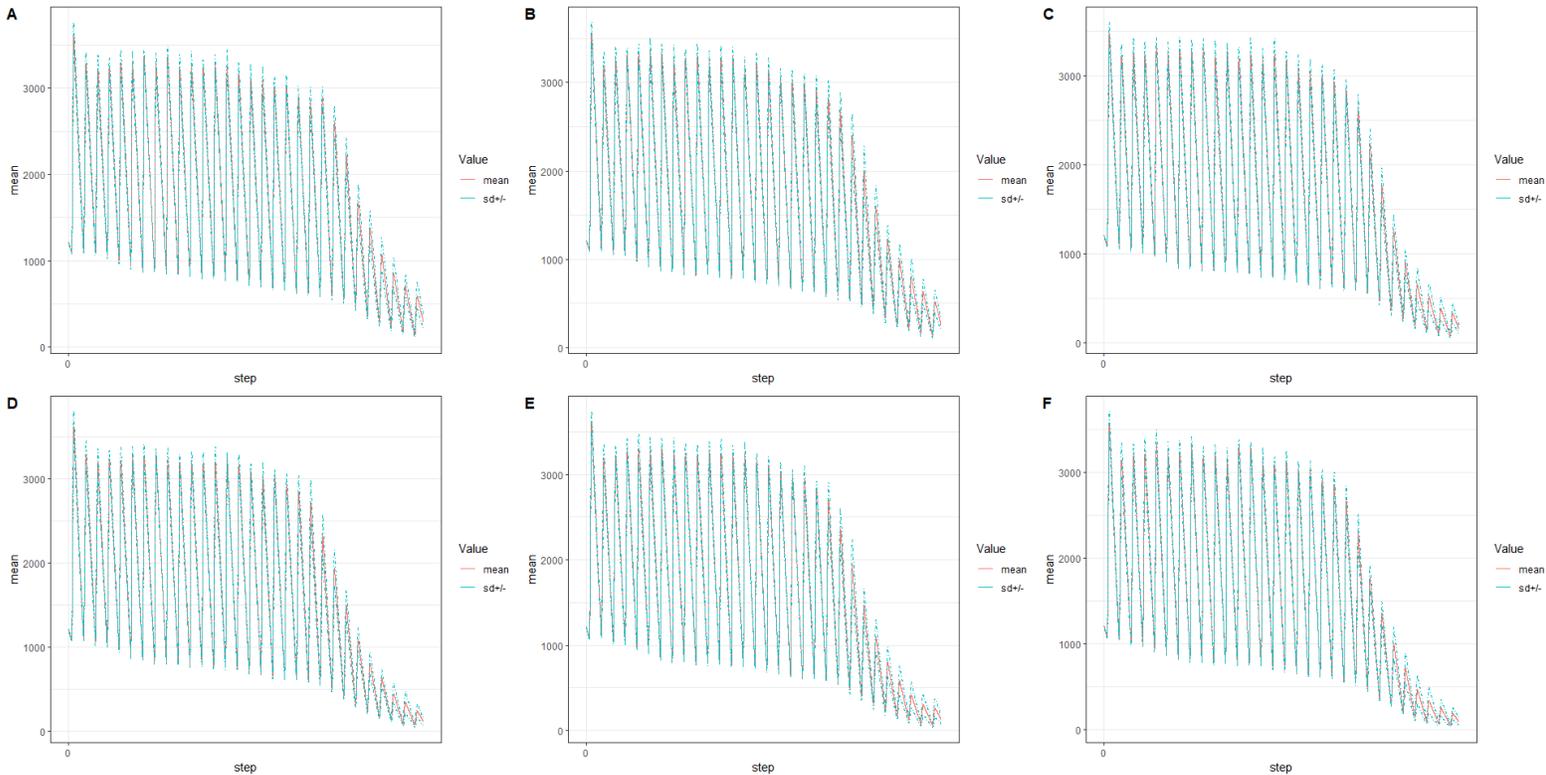


Figura 19. Análisis de sensibilidad parámetro proporción caza

### 7.3.2. Escenarios: media de abundancia total y por clases de tamaños

Para las simulaciones se determinó los siguientes valores iniciales de los parámetros y de las variables en cada uno de los escenarios (Tabla 5):

Tabla 5. Valores iniciales de los parámetros y variables en cada uno de los escenarios

Valores Iniciales Parámetro/variable	1 escenario	2 escenario	3 escenario	4 escenario
Huevos-recolectados-cumple	50%	50%	50%	50%
Huevos-recolectados-incumple	70%	0%	70%	0%
Probabilidad de incumplir	10%	0%	10%	0%
Probabilidad de eclosión	88%	88%	88%	88%
Probabilidad de supervivencia neonatos	1%	1%	1%	1%

Relación edad supervivencia	0%	0%	0%	0%
Proporción caza anual	0%	0%	40%	40%
Fracción visible	5%	5%	5%	50/
Crecimiento-por-día	0.062 cm/d	0.062 cm/d	0.062 cm/d	0.062 cm/d
Variación crecimiento	0.058 cm/d	0.058 cm/d	0.058 cm/d	0.058 cm/d
Número de neonatos	13	13	13	13
Número de juveniles	17	17	17	17
Número de subadultos	33	33	33	33
Número de adultos	28	28	28	28
Número de máx	30	30	30	30

En la simulación se evidencia que la abundancia total de cocodrilos presenta una magnitud similar en cada uno de los escenarios, con un aumento y disminución cada año durante los 30 años. Se observa una diferencia significativa entre cada uno de los escenarios (p-valor > 2e-16<sup>\*\*\*</sup>) (Fig. 20).

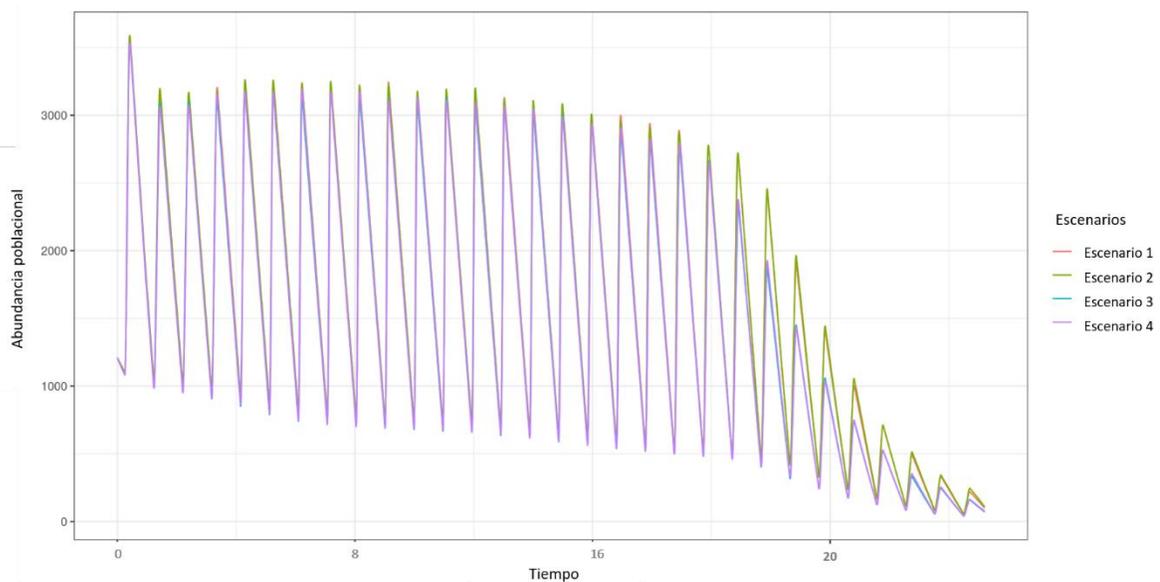


Figura 20. Media de abundancia total en cada uno de los escenarios

La clase de tamaño I (neonatos) presenta un aumento y una disminución cada año durante los 30 años en cada uno de los escenarios. Se observa una diferencia significativa entre cada uno de los escenarios ( $p$ -valor $>4.61e-11^{***}$ ) (Fig. 21).

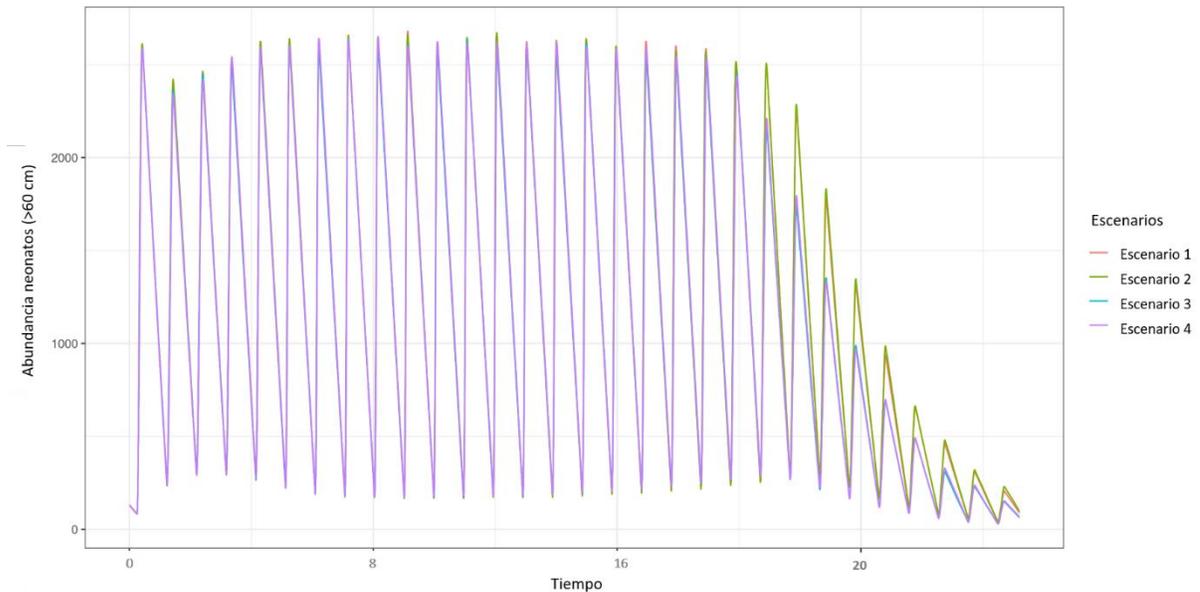


Figura 21. Media de abundancia clase I (>60 cm-neonatos) en cada uno de los escenarios.

La clase de tamaño II (juveniles) disminuyo aproximadamente entre el primer y cuarto año hasta mantenerse en cero durante los siguientes años en cada uno de los escenarios. Se observa una diferencia significativa entre cada uno de los escenarios ( $p$ -valor $>3.73e-10^{***}$ ) (Fig. 22).

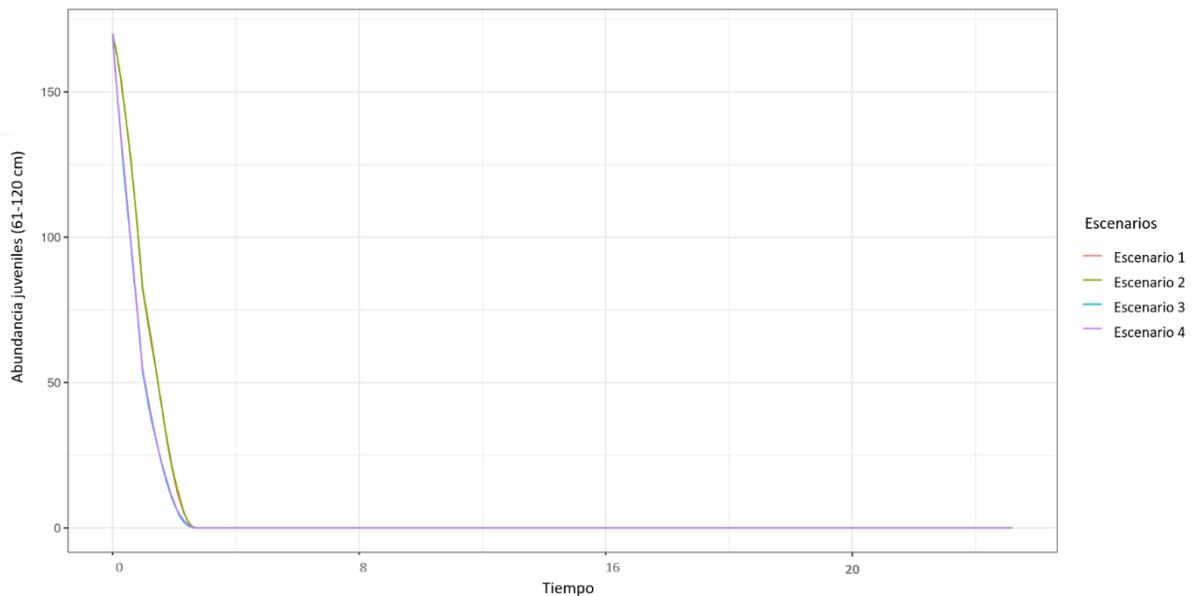


Figura 22. Media de abundancia clase II (61-120 cm-Juveniles) en cada uno de los escenarios

De igual forma la clase de tamaño III (subadultos) disminuyo entre el cuarto y octavo año hasta mantenerse en cero durante los siguientes años en cada uno de los escenarios. Se observa una diferencia significativa entre cada uno de los escenarios ( $p\text{-valor} > 1.62e-11^{***}$ ) (Fig. 23).

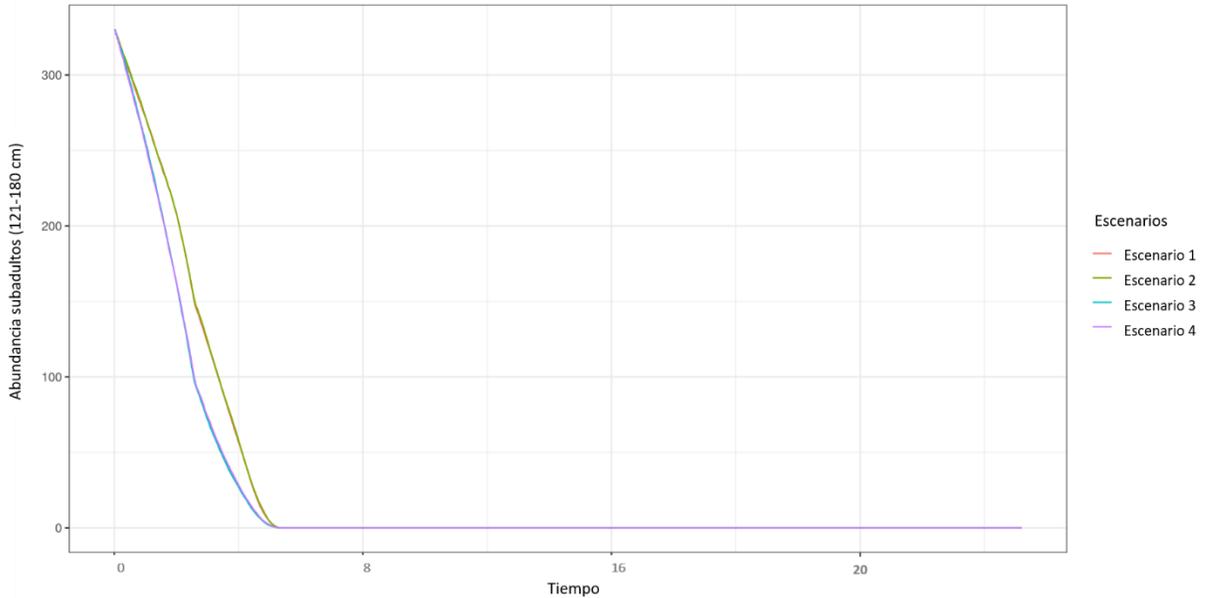


Figura 23. Media de abundancia clase III (121-180 cm-Subadultos) en cada uno de los escenarios

La clase de tamaño IV (adultos) presenta un aumento entre el primer y tercer año y una disminución entre el tercer y octavo año hasta mantenerse en cero durante los siguientes años en cada uno de los escenarios. Se observa una diferencia significativa entre cada uno de los escenarios ( $p\text{-valor} > 2.3e-05^{***}$ ) (Fig. 24).

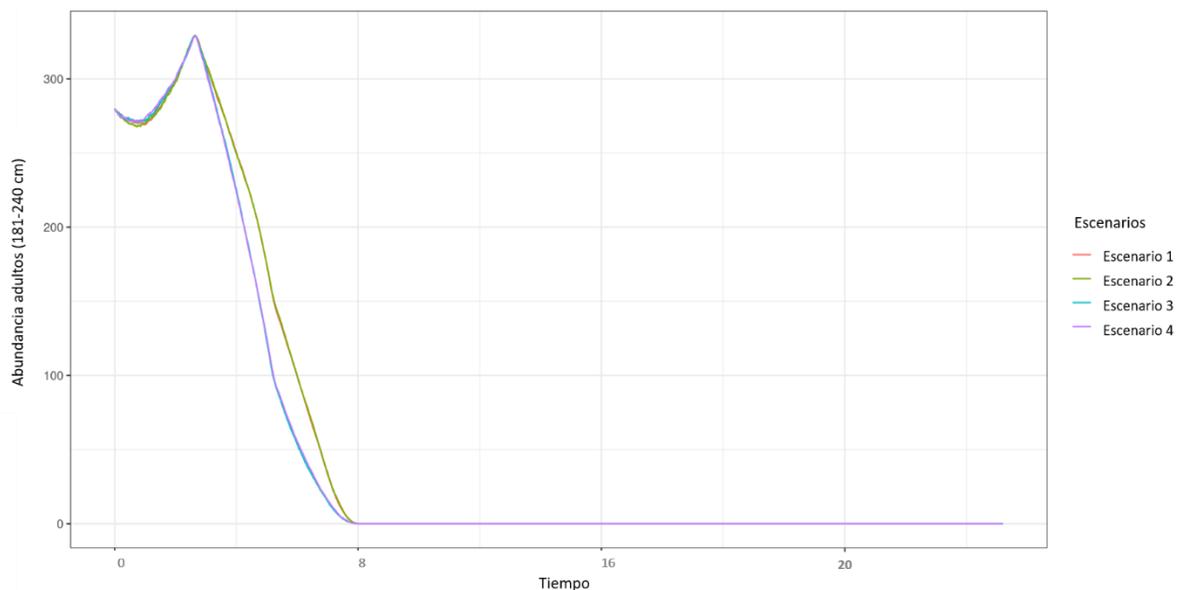


Figura 24. Media de abundancia clase IV (181-240 cm-Adultos) en cada uno de los escenarios

La clase de tamaño V (máx) presenta una disminución entre los primeros tres años y un aumento entre el tercer y quinto año con un decrecimiento durante los siguientes años en cada uno de los escenarios. Se observa una diferencia significativa entre cada uno de los escenarios ( $p\text{-valor} > 2e-16^{***}$ ) (Fig. 25).

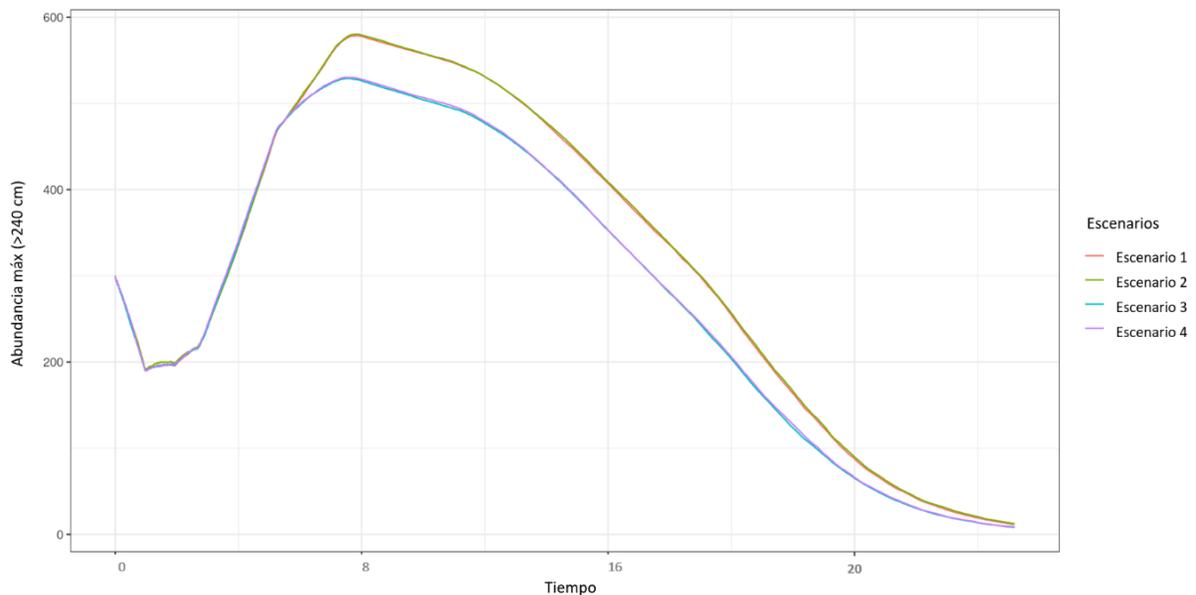


Figura 25. Media de abundancia clase IV (>240 cm-Máx) en cada uno de los escenarios

## 8. Discusión

El uso no sostenible del caimán aguja (representado en la comercialización de individuos y pieles en el siglo pasado) y la pérdida de hábitat, fueron unas de las principales causas de la disminución de sus poblaciones silvestres en Colombia (Rueda-Almonacid et al., 2007), Ecuador (Carvajal, et al., 2005), Estados Unidos, entre otros (Mazzotti et al., 2007). No obstante, en Colombia, el programa de conservación y recuperación de la especie en la Bahía de Cispatá logra el establecimiento de la población y el aval para el uso sostenible de la misma (Delgado-Ulloa & Sierra-Díaz, 2012).

### 8.1. Estado Poblacional

El estado poblacional del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) en la Bahía de Cispatá varía de acuerdo a dos momentos claves: un periodo caracterizado por la caza ilegal y un periodo dedicado exclusivamente a la conservación y recuperación de la especie. Esta dinámica también se observa en países como Venezuela, Cuba, Costa Rica, México y Estados Unidos (Thorbjarnarson et al., 2006; Mazzotti et al., 2007).

#### Caza ilegal

Durante este periodo de tiempo se evidencia una disminución progresiva de la especie relacionada a la captura y caza indiscriminada. A partir de 1970 se percibe la disminución de la especie, esto concuerda con lo observado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre

de los Estados Unidos (FWS), quien en 1975 declara la población de Florida como especie en peligro de extinción (Federal Register 40: 44151 1975). Durante la primera mitad del siglo XX en la región del sur de la Florida, se calculó entre 1000-2000 individuos, mientras que para 1978 se estimó menos de 400 individuos (Ogden, 1978). En 1970 se registra un total de 40 individuos en la cuenca del río Tumbes en Perú y posteriormente en 1980, solo se registra 5 individuos en esta misma área (Vásquez & Pickens, 1995).

En 1995 se observan más adultos que neonatos y juveniles dada la baja supervivencia de los neonatos (Balaguera et al., 2015) y la alta presión de caza sobre los juveniles, difiriendo de lo observado por Sasa & Chaves (1992), Gaby et al., (1985) y Thorbjarnarson (1989) en Costa Rica, Florida y Haití quienes evidencian mayor presencia de juveniles que de neonatos y adultos, dada la alta mortalidad en los primeros años de vida y la dificultad de observar individuos adultos.

### Conservación

En este periodo de tiempo se observa un aumento de la especie hasta su establecimiento dadas las acciones de recuperación y conservación comunitarias como la incubación de huevos, los monitoreos y las liberaciones. Esto se refleja con lo mencionado por Hackel, (1999) quien expresa la importancia de la participación de las comunidades locales en la planificación y gestión de los recursos. En Venezuela Arteaga (1993) y De Sola et al., (2004) encuentra poblaciones estables como resultado de la protección de la especie.

En el año 2010 se observan más adultos que neonatos y juveniles, esto difiere con lo encontrado por Venegas et al., (2015) quien, en el Parque Nacional Coiba, Panamá encuentra más juveniles que adultos representados en 56 individuos de esta clase de tamaño. Dadas las liberaciones de hembras reproductoras y la restauración de áreas de postura, en el año 2011 se observa un aumento en la cantidad de neonatos, de igual forma en Honduras en el embalse El Cajón, Espinal (2005) encuentra 536 neonatos como resultado de una reproducción exitosa.

El estado poblacional de la especie no solo responde a la captura y caza indiscriminada y la conservación y recuperación de esta, depende de una variedad de factores ambientales como lo expresa Delgado-Ulloa & Sierra-Díaz (2002) como el ascenso del nivel del mar (limita las áreas de postura), la erosión de los bordes manglárnicos, el aumento de la temperatura (mayor proporción de machos incidiendo en la baja viabilidad del mantenimiento de la especie), la salinidad y la humedad.

## **8.2. Reglas**

El caimán aguja ha representado uno de los principales ejemplos de RUC en la zona, dado sus características (1) su exclusión es difícil ya que no se puede negar su acceso y (2) su sustractibilidad reduce la disponibilidad del recurso para otros usuarios puesto que una vez es capturado un individuo, se impide que otro usuario tome el mismo individuo (Ostrom, 1990; Ostrom, 2001). La autogestión de este recurso como lo expresa Ostrom et al., (1999) depende del establecimiento de reglas efectivas que limiten el acceso, definan derechos, deberes y sanciones.

En la Bahía de Cispatá se evidencia tres momentos claves relacionados al establecimiento de reglas: un periodo caracterizado por la caza ilegal, un periodo dedicado exclusivamente a la conservación y recuperación de la especie y un periodo de uso sostenible que aún es incierto.

### Caza ilegal

La caza ilegal de la especie se destaca por dos aspectos (1) la ausencia de reglas que controlarán el uso indiscriminado de la especie y (2) el establecimiento de reglas informales inefectivas constituidas por un pequeño grupo de cazadores como resultado de la competencia, lo anterior conviene con lo observado por Gibson y Becker (2000), quienes expresan que existen algunas comunidades locales que no logran tomar acciones para prevenir el sobreuso y degradación de los recursos naturales.

La sobreexplotación indiscriminada durante este periodo de tiempo de manera individual de acuerdo a los diferentes intereses y preferencias de uso y el establecimiento de reglas no efectivas que definieran sanciones al incumplimiento, ocasionaron el declive poblacional de la especie, esto concuerda con lo mencionado por Hardin (1968) en la tragedia de los bienes comunes, donde comportamientos individuales ocasionaron efectos negativos y pérdidas en los beneficios a mediano y largo plazo en los usuarios y en el mantenimiento en si mismo del recurso (la posibilidad de acceder adecuada y sosteniblemente al recurso y generar ingresos para el sustento del hogar).

### Conservación

Debido al declive poblacional, la imposibilidad de contribuir en el sustento del hogar mediante la captura de la especie (representada en la tragedia de los comunes propuesta por Hardin en 1968) y el reconocimiento de la importancia de esta dentro del ecosistema de manglar; los usuarios se autoorganizaron en una asociación, donde de acuerdo a sus experiencias y posiciones deciden establecer que acciones y actividades realizar de manera colectiva en pro del bien común, determinando conjuntamente conservar y recuperar la especie, con el fin de poder hacer uso sostenible de esta y obtener beneficios a largo plazo, logrando así establecimiento de la especie, esto coinciden con lo planteado por algunos autores, quienes manifiestan que el éxito de la gestión de los recursos naturales depende de la organización de las comunidades locales y la valoración por parte de estas de los recursos naturales (Ostrom, 1990; Hecht & Cockburn, 1990; McCay & Acheson, 1987).

El establecimiento de la especie obedece a la organización, el monitoreo, el establecimiento de reglas efectivas y el cumplimiento de estas, Bromley (1991) expresa la importancia de los arreglos institucionales efectivos, los mecanismos de organización asociados al monitorio y el cumplimiento de reglas para la gestión de bosques forestales.

El cumplimiento y éxito de las reglas representadas en el establecimiento de la población de la especie, como lo expresa Ostrom et al., (2002) resulta de la anticipación de las interacciones futuras y pasadas, es decir, el agotamiento del recurso y el deseo de mantener la población y hacer uso sostenible de la misma, al igual responde a la confianza, la cooperación y la comunicación entre los miembros de Asocaiman.

### Uso sostenible

El uso sostenible de la especie implica que habrá una reestructuración de las reglas, influenciadas por la configuración de las reglas en uso representadas en leyes y regulaciones ambientales y comerciales, siguiendo las directrices nacionales e internacionales (Delgado-Ulloa & Sierra-Díaz, 2012). El éxito de las reglas para gestionar el uso de la especie dependerá como lo expresa Ostrom (1990), de la definición de límites y usuarios, entre las reglas de apropiación y provisión, los arreglos de elección colectiva, la supervisión del recurso y el establecimiento de sanciones graduales.

### **8.3. Modelo Basado en Agentes (ABM)**

En la Bahía de Cispatá, la modelación basada en agentes puede contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) mediante la simulación de diferentes dinámicas de uso asociadas a la diversidad de actores, el cumplimiento de reglas y las dinámicas poblacionales de la especie. McLane et al., (2011) expresa que los modelos basados en agentes pueden integrar aspectos ecológicos e institucionales dada su flexibilidad permitiendo que se investigue, modele, prediga y monitoree un conjunto de relaciones ecológicas e institucionales a través del tiempo contribuyendo a la toma de decisiones, estrategias de gestión, conservación y uso sostenible de fauna silvestre.

Para la construcción del Modelo Basado en Agentes se utilizaron diversos medios como entrevistas semiestructuradas, talleres participativos y revisión bibliográfica, algunos autores utilizan herramientas como las observaciones directas, encuestas, entrevistas, archivos gubernamentales, teledetección, SIG y censos estadísticos con el fin de adquirir datos que faciliten la modelación de decisiones humanas (Gimblett, 2002; An et al., 2005; Miller et al., 2010; Saqalli et al., 2010).

Las decisiones de los miembros de Asocaiman y los cazadores furtivos relacionadas al uso del caimán aguja dependen de factores como el establecimiento de reglas, las preferencias de uso, la demanda comercial y las dinámicas poblacionales de la especie, Beratan (2007) y Siebert et al., (2006) expresan que las decisiones de los agentes sobre como usar un recurso son complejas ya que están influenciadas por factores internos y externos como factores personales, socioeconómicos y biofísicos.

El proceso de toma de decisiones es de carácter específico, se reduce a la recolección de huevos y la captura de individuos de la especie, los factores internos están relacionados a la capacidad y la voluntad de los actores (Valbuena et al., 2010), la capacidad como lo menciona Siebert et al., (2006) se refiere a factores condicionales, en este caso de los miembros de asocaiman y de los cazadores furtivos y la voluntad con los valores e intenciones de estos actores, definiendo la preferencia de los miembros de Asocaiman a elegir ciertas opciones como cumplir o incumplir las reglas de uso o de los cazadores furtivos en capturar individuos de la talla 110. Como lo menciona Valbuena et al., (2010) la voluntad es relativamente estable en el tiempo, pero existen modificaciones en el sistema que pueden incidir en la voluntad de los actores como algunos factores económicos; aunque en el modelo no se representa estos factores pueden afectar el cumplimiento de las reglas de uso (reflejado en los distintos niveles de extracción). Si los ingresos son significativamente mayores que los costos en la recolección de los huevos o la captura de los individuos pueden suceder dos cosas (1) el cumplimiento de las reglas

de los miembros de Asocaiman (recolección del 50% de los huevos) dada la efectividad y (2) el incumpliendo por parte de algunos de los miembros (recolección de más del 50% de los huevos) o el aumento en la captura de los individuos por parte de los cazadores furtivos, con la finalidad de obtener más ingresos a corto plazo. Estas decisiones de cumplir o incumplir de acuerdo a la voluntad pueden conducir a decisiones que afecten sus opciones y decisiones futuras al cambiar sus factores internos (Valbuena et al., 2010).

Para la construcción del modelo Basado en Agentes se tuvo como referencia el ODD propuesto por Grimm, V et al., 2010. La modelación de las decisiones de los actores tuvo en cuenta las reglas de uso, la tipología y voluntad de los agentes y la incidencia de factores internos, Valbuena et al., (2010) sugiere que para la representación de la toma de decisiones se simplifique la diversidad de decisiones definiendo una tipología de agente, se represente la toma de decisiones de los agentes, incluida la influencia de factores internos, se defina la interacción entre los factores internos y externos y se haga una representación del paisaje para caracterizar el entorno y vincularlo con las decisiones y acciones de los agentes.

Los resultados obtenidos en la modelación de esta investigación evidencian que en escenarios donde la diversidad de actores es baja (Asocaiman) y el cumplimiento de las reglas es alto/bajo la magnitud de la abundancia poblacional es mayor a comparación de escenarios donde la diversidad de actores es alta (Asocaiman y cazadores furtivos) y el cumplimiento de las reglas es alta/baja. En todas las clases de tamaño se observa que existen diferencias significativas entre cada uno de los escenarios, algunas colapsan más rápido que otras, lo cual tiene relación a la baja supervivencia de los neonatos y la caza de juveniles incidiendo en la contribución de las demás clases de tamaño. Estos resultados son difíciles de comparar y contrastar con diferentes modelos puesto que como lo menciona An (2012), los modelos basados en agentes suelen surgir en parte de la alta variabilidad en las formas de desarrollarlos y presentarlos.

## **9. Conclusiones y recomendaciones**

- En la Bahía de Cispatá se evidencian tres momentos claves referentes a las reglas y el estado poblacional de la especie: un periodo caracterizado por la caza ilegal, un periodo dedicado exclusivamente a la conservación y recuperación de la especie y un periodo de uso sostenible que aún es incierto. El primero distinguido por la ausencia de reglas. La constitución de reglas no efectivas (por un pequeño grupo de cazadores) y la disminución progresiva de la especie. El segundo caracterizado por la conservación de la especie, el establecimiento de reglas y la recuperación de la población silvestre y el tercero representado por el uso sostenible, donde se establecerán reglas de uso y donde el estado poblacional de la especie aun es incierto.
- El estado poblacional de la especie ha estado marcado por dos momentos específicamente, la caza ilegal y la conservación y recuperación de la especie, durante la caza ilegal se evidencia una disminución progresiva de la especie desde 1970 hasta el año 2000 relacionada a la captura indiscriminada, desde

los huevos hasta individuos adultos. Durante la conservación y recuperación de la especie se observa un aumento de la población hasta lograr su establecimiento dadas las acciones como la incubación de huevos, las liberaciones y los monitoreos.

- Durante la caza ilegal se constituyen reglas inefectivas dada la ausencia de sanciones que controlaran el comportamiento mientras que en el periodo de conservación y recuperación de la especie se establecen reglas efectivas, sanciones y monitoreos debido a la organización de los ex cazadores en una asociación y el interés de hacer uso sostenible de la especie.
- El análisis de sensibilidad nos permite identificar que tan sensible es el modelo a modificaciones en dos parámetros, donde la variable cuenta total de cocodrilos es sensible a las variaciones en el parámetro eclosión de huevos y proporción de caza.
- La construcción del modelo basado en agentes nos permite entender que pasara con la población del caimán aguja de acuerdo a unas dinámicas poblacionales, la variedad de actores y los distintos niveles de cumplimiento de las reglas durante 30 años, donde se observa que la variedad de actores independientemente del cumplimiento de las reglas incide en el estado poblacional de la especie dentro del modelo puesto que los cazadores ejercen un efecto negativo sobre la clase de tamaño II (juveniles) afectando a su vez las demás clases de tamaño y por ende la abundancia y estructura poblacional. De igual forma se observa el colapso de la población durante los 30 años.
- Para futuros estudios basados en la construcción de modelos basados en agentes (ABM) se recomienda considerar la voluntad de los actores y la relación de factores internos y externos, puesto que contribuyen al entendimiento de como ciertos comportamientos humanos impulsados por factores de índole económico, social o cultural pueden incidir en el estado poblacional de la especie. Al igual se recomienda construir el modelo con la comunidad de acuerdo a sus necesidades e intereses.

## 10. Agradecimientos

A Sebastián Restrepo por su apoyo incondicional, por su paciencia y guía en este proceso. A Clara Sierra por recibirme en su hogar, compartirme de su conocimiento y experiencia y por enseñarme la importancia de pensar en la gente. A Daniela Rojas por su ayuda en términos logísticos. A Pocholo por hacerme sentir en casa y sacarme una sonrisa en mi instancia en San Antero. A cada uno de los miembros de Asocaiman por recibirme con tanta disposición y apertura, por cada pedacito de su historia que me compartieron, por cada conversación llena de sonrisas y por cada aprendizaje de los cocodrilos, los caimanes, el manglar y las abejas.

A mis queridos padres por su apoyo desde lo financiero hasta lo emocional, a mi tía Gloria por acompañarme en esta pequeña aventura de miedos, incertidumbres y felicidad, a mi tía Esperanza y Clara por su apoyo financiero y de búsqueda. A Cristian Sandoval por ser mi luz en la elaboración del modelo, por su paciencia, disposición y tiempo. A mis amigas y amigos por escucharme, hacerme reír y despejarme de las preocupaciones.

## 11. Referencias

- Acharya, K. P. (2005). Private, collective, and centralized institutional arrangements for managing forest "Commons" in Nepal. *Mountain Research and Development*, 25(3), 269-278..
- Agrawal, A., & Gibson, C. C. (1999). Enchantment and disenchantment: the role of community in natural resource conservation. *World development*, 27(4), 629-649
- Agrawal, A. (2001). Common property institutions and sustainable governance of resources. *World development*, 29(10), 1649-1672.
- Akhbari, M., & Grigg, N. S. (2013). A framework for an agent-based model to manage water resources conflicts. *Water resources management*, 27(11), 4039-4052.
- Akhbari, M., & Grigg, N. S. (2015). Managing water resources conflicts: modelling behavior in a decision tool. *Water resources management*, 29(14), 5201-5216.
- Aldana Ballén, L. F. (2014). *Arreglos institucionales en la actividad extractiva de concheo para dos especies de moluscos (Anadara tuberculosa, Anadara similis) estudio de caso, en el territorio del consejo comunitario de Bahía Málaga, La Plata (Valle del Cauca, Colombia)* (Bachelor's thesis, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales).
- An, L., Linderman, M., Qi, J., Shortridge, A., & Liu, J. (2005). Exploring complexity in a human–environment system: an agent-based spatial model for multidisciplinary and multiscale integration. *Annals of the association of American geographers*, 95(1), 54-79.
- An, L. (2012). Modeling human decisions in coupled human and natural systems: Review of agent-based models. *Ecological Modelling*, 229, 25-36.
- Anderies, J., Janssen, M., & Ostrom, E. (2004). A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and society*, 9(1).
- Antunes, A. P., Rebêlo, G. H., Pezzuti, J. C. B., de Mattos Vieira, M. A. R., Constantino, P. D. A. L., Campos-Silva, J. V., ... & Pimenta, N. C. (2019). A conspiracy of silence: Subsistence hunting rights in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 84, 1-11.
- Arteaga, A. (1993). Repoblamiento del embalse de Tacarigua (Edo Falcón, Venezuela) con caimanes de la costa (*Crocodylus acutus*) criados de cautiverio. *Zoocría de los Crocodylia. Memorias I Reunión Regional CSG*, 263-269.
- Badola, R., Hussain, S. A., Dobriyal, P., Manral, U., Barthwal, S., Rastogi, A., & Gill, A. K.

- (2018). Institutional arrangements for managing tourism in the Indian Himalayan protected areas. *Tourism Management*, 66, 1-12.
- Balaguera-Reina, SA, Venegas-Anaya, M., Sanjur, OI, Lessios, HA y Densmore, LD (2015). Ecología reproductiva y tasas de crecimiento de las crías del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en la isla de Coiba, Panamá. *South American Journal of Herpetology*, 10 (1), 10-23.
- Bankes, S. C. (2002). Agent-based modeling: A revolution?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(suppl 3), 7199-7200.
- Becerra, M. T. (2003). Lineamientos para el manejo sostenible de sistemas de aprovechamiento de recursos naturales in situ.
- Benavides, M. O., & Gómez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(1), 118-124.
- Beratan, KK (2007). Una visión basada en la cognición de los procesos de decisión en complejos sistemas socioecológicos. *Ecología y sociedad*, 12 (1).
- Berkes F & Folke C. (eds). (1998). *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press Cambridge.
- Binder, C., Hinkel, J., Bots, P., & Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. *Ecology and Society*, 18(4).
- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(suppl 3), 7280-7287.
- Bonilla E. & Rodríguez P. (1997). *Más allá del dilema de los métodos*. Norma. Bogotá, Colombia
- Bray, D. B. (1991). The Struggle for the Forest: Conservation and Development in the Sierra Juarez. *Grassroots Development*, 15(3), 12-25.
- Bromley, Daniel W. 1991/92. "Property Rights as Authority Systems: The Role of Rules in Resource Management." *Journal of Business Administration* 20(1& 2): 453–70.
- Cabrera, Álvaro (s.f.), Variación de la cobertura de mangle en el antiguo delta del Río Sinú – Caribe Colombiano entre 1980 – 2004 y cambios estacionales del índice de vegetación, En: [http://gers.uprm.edu/geol6225/pdfs/a\\_cabrera.pdf](http://gers.uprm.edu/geol6225/pdfs/a_cabrera.pdf)
- Campanhola, C., & Pandey, S. (Eds.). (2018). *Sustainable Food and Agriculture: An Integrated Approach*. Academic Press.
- Campbell, H. W. (1972). Ecological or phylogenetic interpretations of crocodylian nesting habits. *Nature*, 238(5364), 404
- Campbell, BM, Shackleton, S. y Wollenberg, E. (2003). Resumen: arreglos institucionales para el manejo de bosques. *Políticas y estructuras de gobernanza en los bosques de África austral*, 9.

- Carvajal, R. I., Saavedra, M., & Alava, J. J. (2005). Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la “Reserva de producción de fauna manglares El Salado” del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista de biología marina y oceanografía*, 40(2), 133-140.
- Cardoso, C., Bert, F., & Podestá, G. (2011). Modelos Basados en Agentes (MBA): definición, alcances y limitaciones. *Landuse, biofuels Rural Dev. La Plata Basin*, 1-14.
- Castañeda, J. L., Castillo D., Ospina D., Pereira M.F., Ricaurte L.C., Rodríguez L.A., Laverde C., Cárdenas J.C., (2017). Análisis de los conflictos socio-ambientales alrededor del uso y apropiación de la biodiversidad en dos casos (Región Orinoquia y Caribe) relacionados con socio-ecosistemas de humedal del país.
- Castaño Mora, O. V. (2002). *Libro rojo de reptiles de Colombia* (No. 597.9 C2755I Ej. 1 021334). UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA,
- Chen, H., & Zhu, T. (2015). The dilemma of property rights and indigenous institutional arrangements for common resources governance in China. *Land Use Policy*, 42, 800-805.
- CITES. 2013. Apéndices I de la citas. Convención sobre el comercio internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre.
- Cole, D. H., Epstein, G., & McGinnis, M. D. (2014). Toward a New Institutional Analysis of Social-Ecological Systems (NIASES): Combining Elinor Ostrom's IAD and SES Frameworks. Indiana Legal Studies Research Paper, (299).
- Cortés-Castillo, D. V., & Rangel-Ch, J. O. (2011). LOS BOSQUES DE MANGLE EN UN GRADIENTE DE SALINIDAD EN LA BAHÍA DE CISPATÁ-BOCA TINAJONES, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA-COLOMBIA/Mangrove forests in a salinity gradient at Cispata bay-Boca Tinajones, department of Córdoba-Colombia. *Caldasia*, 155-176.
- Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y San Jorge —CVS— (2008), Plan de Gestión Ambiental Regional 2008- 2019, Montería: autor, En: [www.cvs.gov.co](http://www.cvs.gov.co)
- Curran, S., Kumar, A., Lutz, W., & Williams, M. (2002). Interactions between coastal and marine ecosystems and human population systems: perspectives on how consumption mediates this interaction. *Ambio*, 31(4), 264-266
- De la Ossa, J. (2002). Guía para el manejo y cría del caimán del Magdalena o caimán aguja (*Crocodylus acutus*).
- De Sola, R., Quero, M., Colomine, G., Velasco, A., Villarroel, G., Lander, A., ... & Corazzelli, J. (2004). Evaluation of wild population and habitats of american crocodile (*Crocodylus acutus*) in Venezuela. 248–256. In *Crocodiles. Proceedings of 17th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group, IUCN–The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge UK*.
- Dugan, P. J. (Ed.). (1992). *Conservación de humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. IUCN.

- Duke, N., Ball, M., & Ellison, J. (1998). Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. *Global Ecology & Biogeography Letters*, 7(1), 27-47.
- Duke, N., Nagelkerken, I., Agardy, T., Wells, S., & Van Lavieren, H. (2014). *The importance of mangroves to people: a call to action*. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC).
- Faridah-Hanum, I., Yusoff, F. M., Fitrianto, A., Ainuddin, N. A., Gandaseca, S., Zaiton, S., ... & Shamsuddin, I. (2019). Development of a comprehensive mangrove quality index (MQI) in Matang Mangrove: Assessing mangrove ecosystem health. *Ecological Indicators*, 102, 103-117.
- Farmer, J. D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685.
- Federal Register 40: 44151, 25 de septiembre de 1975
- Fittkau, E.J. (1970). Role of caimans in the nutrient regime of mouth-lakes of Amazon affluents (An hypothesis). *Biotropica* 2(2): 138-142.
- Folke, C., Pritchard Jr, L., Berkes, F., Colding, J., & Svedin, U. (2007). The problem of fit between ecosystems and institutions: ten years later. *Ecology and society*, 12(1).
- Gaby, R., McMahon, M. P., Mazzotti, F. J., Gillies, W. N., & Wilcox, J. R. (1985). Ecology of a population of *Crocodylus acutus* at a power plant site in Florida. *Journal of Herpetology*, 189-198.
- Garcia-Grajales, J., Buenrostro-Silva, A., & Charruau, P. (2012). Growth and age of juvenile American crocodiles (*Crocodylus acutus*) in La Ventanilla estuary, Oaxaca, Mexico. *Herpetol Conserv Biol*, 7(3), 330-338.
- Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo*. IICA.
- Gil, W., & Ulloa, G. (2001). Caracterización, diagnóstico, zonificación de los manglares del departamento de Córdoba. Montería.
- Gimblett, H. R. (Ed.). (2002). *Integrating geographic information systems and agent-based modeling techniques for simulating social and ecological processes*. Oxford University Press.
- Gibson, C. C., & Becker, C. D. (2000). A lack of institutional demand: why a strong local community in Western Ecuador fails to protect its forest. *People and forests: Communities, institutions, and governance*, 135-161.
- Ginovart, M., Blanco, M., Portell, X., & Ferrer-Closas, P. (2012). Modelización basada en el individuo: una metodología atractiva para el estudio de biosistemas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(2), 93-108.
- Guillén, k, Sánchez, D, Gómez, C, Contreras, A, Olivero, W (2016). Valoración integral del servicio de control de erosión que presta el manglar en el DMI Cispatá.
- Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J., ... & Huth, A. (2006). A standard protocol for describing individual-based and agent-based

- models. *Ecological modelling*, 198(1-2), 115-126.
- Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J., & Railsback, S. F. (2010). The ODD protocol: a review and first update. *Ecological modelling*, 221(23), 2760-2768.
- Hackel, JD (1999). Conservación comunitaria y el futuro de la vida silvestre de África. *Conservation biology*, 13 (4), 726-734.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *science*, 162(3859), 1243-1248.
- Hecht, Susanna, and Alexander Cockburn. 1990. *The Fate of the Forest: Developers, Destroyers, and Defenders of the Amazon*. New York: Harper.
- Hecht, S.B. (1992). Valuing land uses in Amazonia: Colonist agriculture, cattle, and petty extraction in comparative perspective". In Redford, K, H, and Padoch, C. *Conservation of Neotropical Forests: Working from traditional Resource Use*. Columbia University Press. 379-399.
- Heckbert, S., Baynes, T., & Reeson, A. (2010). Agent-based modeling in ecological economics. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1185(1), 39-53.
- Higgins, K. L. (2014). *Economic growth and sustainability: Systems thinking for a complex world*. Academic Press.
- Hutchings, P., & Saenger, P. (1987). Ecology of mangroves. *Ecology of mangroves*.
- Hutton, J. M., & Webb, G. J. W. (1992). An introduction to the farming of crocodilians. *Directory of crocodilian farming operations*, 2, 1-39.
- Janssen, M. A., & Ostrom, E. (2006). Governing social-ecological systems. *Handbook of computational economics*, 2, 1465-1509.
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). *Biology of mangroves and mangrove ecosystems*.
- Kayambazinthu, D., Matose, F., Kajembe, G., & Nemarundwe, N. (2003). Institutional arrangements governing natural resource management of the miombo woodland. *Policies and governance structures in woodlands of Southern Africa*, 45-64.
- Macal, C. M., & North, M. J. (2005, December). Tutorial on agent-based modeling and simulation. In *Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005*. (pp. 14-pp). IEEE.
- Maconachie, R., Dixon, A. B., & Wood, A. (2009). Decentralization and local institutional arrangements for wetland management in Ethiopia and Sierra Leone. *Applied Geography*, 29(2), 269-279.
- Manion, H. K. (2015). *International Social Problems: A Systems Perspective*.
- Maya, D. (2004). *Field Experiments on Regulating the use of local Commons*. Universidad Javeriana. McArthur Foundation.

- Mazzotti, F.J. & Brandt, L.A. (1994). Ecology of the American alligator in a seasonally fluctuating environment. Pp 485-505. En: Davis, S.M., Ogden, J.C. (Ed). Everglades: The ecosystem and its restoration. St. Lucie Press. Boca Ratón, USA.
- Mazzotti, F. J., Brandt, L. A., Moler, P., & Cherkiss, M. S. (2007). American crocodile (*Crocodylus acutus*) in Florida: recommendations for endangered species recovery and ecosystem restoration. *Journal of Herpetology*, 41(1), 122-133.
- Mazzotti, F. J., Best, G. R., Brandt, L. A., Cherkiss, M. S., Jeffery, B. M., & Rice, K. G. (2009). Alligators and crocodiles as indicators for restoration of Everglades ecosystems. *Ecological indicators*, 9(6), S137-S149.
- McCay, Bonnie J., and James M. Acheson. (1987). *The Question of the Commons: The Culture and Ecology of Communal Resources*. Tucson: University of Arizona Press
- McCay, B. J. (2003). *The commons in the new millennium: challenges and adaptation*. Mit Press.
- McGinnis, M., & Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 19(2).
- McLane, AJ, Semeniuk, C., McDermid, GJ y Marceau, DJ (2011). El papel de los modelos basados en agentes en la ecología y gestión de la vida silvestre. *Modelado ecológico*, 222 (8), 1544-1556.
- McNally, C. G., Uchida, E., & Gold, A. J. (2011). The effect of a protected area on the tradeoffs between short-run and long-run benefits from mangrove ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(34), 13945-13950
- Medem, F. (1981a). Los Crocodylia de Sudamérica. I. Los Crocodylia de Colombia. *Publicaciones de Colciencias*. Bogotá.
- Medem, F. (1981b). Los Crocodylia de Sur América, Vol. I: Los Crocodylia de Colombia. *COLCIENCIAS-Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá.
- Miller, John H. y Scott E. Page, (2007) *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton, Princeton Studies in Complexity.
- Miller, B. W., Breckheimer, I., McCleary, A. L., Guzmán-Ramirez, L., Caplow, S. C., Jones-Smith, J. C., & Walsh, S. J. (2010). Using stylized agent-based models for population–environment research: a case study from the Galápagos Islands. *Population and environment*, 31(6), 401-426.
- Ministerio del Medio Ambiente, ACOFRE/ OIMT (1999), *Uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia*. En: [http://www.ideam.gov.co/apcaa/img\\_upload/467567db4678d7b443628f8bc215f32d/Estrategia\\_Manglar.pdf](http://www.ideam.gov.co/apcaa/img_upload/467567db4678d7b443628f8bc215f32d/Estrategia_Manglar.pdf)
- Nagelkerken, I. S. J. M., Blaber, S. J. M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L. G., ... & Somerfield, P. J. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: a review. *Aquatic botany*, 89(2), 155-185.

- Nielsen, H. Ø., Frederiksen, P., Saarikoski, H., Rytönen, A. M., & Pedersen, A. B. (2013). How different institutional arrangements promote integrated river basin management. Evidence from the Baltic Sea Region. *Land Use Policy*, 30(1), 437-445.
- North, D. C. (1991). Institutions. *Journal of economic perspectives*, 5(1), 97-112.
- Ogden, J.C. 1978. Status and nesting biology of the American crocodile, *Crocodilus alleni*, (Reptilia, Crocodylidae) in Florida. *J. Herpetology* 12(2): 183-196.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge university press.
- Ostrom, E., Gardner, R., Walker, J., & Walker, J. (1994). *Rules, games, and common-pool resources*. University of Michigan Press.
- Ostrom, E., Burger, J., Field, C. B., Norgaard, R. B., & Policansky, D. (1999). Revisiting the commons: local lessons, global challenges. *science*, 284(5412), 278-282.
- Ostrom, E. (2001). Environment and common property institutions. IN Baltus, H. & Smelser, N.(Eds.) *International encyclopaedia of the social & behavioural sciences*.
- Ostrom, E. E., Dietz, T. E., Dolšák, N. E., Stern, P. C., Stonich, S. E., & Weber, E. U. (2002). *The drama of the commons*. National Academy Press.
- Ostrom, E. (2008). Institutions and the Environment. *Economic affairs*, 28(3), 24-31.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.
- Palacios, L., Rodríguez, P., & Rangel-Ch, J. O. (2012). Cambios en el clima y en la vegetación en ambientes estuarinos de la Bahía de Cispata (Córdoba, Caribe Colombiano). *Colombia Diversidad Biológica XII, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, edited by: Rangel-Ch, JO*, 145-164.
- Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J., & Deadman, P. (2003). Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review. *Annals of the association of American Geographers*, 93(2), 314-337.
- Ramos, P. (2006). *Lineamientos metodológicos para el análisis de la acción colectiva en el uso y conservación de recursos naturales de uso comunitario desde la perspectiva de género en comunidades rurales*. Tesis de para obtener el título de Magister en desarrollo rural. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá. Colombia.
- Rammel, C., Stagl, S., & Wilfing, H. (2007). Managing complex adaptive systems—a co-evolutionary perspective on natural resource management. *Ecological economics*, 63(1), 9-21.
- Resolución N° 573. Inderena, Bogotá, Colombia, 24 de julio de 1969
- Resolución N° 2297. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia, 6 de diciembre de 2018
- Rojas, X., & Sierra-Correa, P. (2010). *Plan integral de Manejo del Distrito de Manejo*

- Integrado (DMI) bahía de Cispatá-La Balsa-Tinajones y sectores aledaños del delta estuarino del río Sinú, departamento de Córdoba. *Santa Marta, Magdalena (Colombia): Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR)*, 76.
- Ross, F. D., & Mayer, G. C. (1983). On the dorsal armor of the Crocodilia. *Advances in herpetology and evolutionary biology*, 305-331.
- Rueda-Almonacid, J. V., Carr, J. L., Mittermeier, R. A., Rodríguez-Mahecha, J. V., Mast, R. B., Vogt, R. C., ... & Mittermeier, C. G. (2007). Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico. *Serie de guías tropicales de campo*, 6, 412-423
- Ruiz Ochoa, M., Bernal, G., & Polanía, J. (2008). Influence of the Sinu River and the Caribbean Sea over the Cispatá lagoon system. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 37(1), 29-49.
- Saenger, P., Hegerl, E. J., & Davie, J. D. (Eds.). (1983). *Global status of mangrove ecosystems* (No. 3). International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Saenger, P. (2013). *Mangrove ecology, silviculture and conservation*. Springer Science & Business Media
- Saqalli, M., Bielders, C., Gerard, B., & Defourny, P. (2010). Simulating rural environmentally and socio-economically constrained multi-activity and multi-decision societies in a low-data context: a challenge through empirical agent-based modeling.
- Salcedo-Hernández, D. (2011). Análisis de la acción colectiva en el uso y manejo del mangle en la zona de uso sostenible del sector estuarino de la bahía de Cispatá en el departamento de Córdoba. Bogotá
- Sántiz, F. G., & Rojas, H. R. G. G. (2014). El análisis institucional en el campo de la gestión de los recursos naturales Bienes comunes e instituciones. *Economía y Sociedad*, 18(30), 67-86.
- Sasa, M., & Chaves, G. (1992). Tamaño, estructura y distribución de una población de *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 131-134.
- Schlager, E., & Ostrom, E. (1992). Property-rights regimes and natural resources: a conceptual analysis. *Land economics*, 249-262.
- Schlager, E. (2002). Rationality, cooperation, and common pool resources. *American Behavioral Scientist*, 45(5), 801-819.
- Schlüter, A., & Madrigal, R. (2012). The SES framework in a marine setting: methodological lessons. *Rationality, Markets and Morals*, 3, 148-167.
- Sheppard, C. (Ed.). (2018). *World Seas: An Environmental Evaluation: Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts*. Academic Press.
- Siebert, R., Toogood, M., & Knierim, A. (2006). Factors affecting European farmers' participation in biodiversity policies. *Sociologia ruralis*, 46(4), 318-340.

- Sivaperuman, C., Velmurugan, A., Singh, A. K., & Jaisankar, I. (Eds.). (2018). *Biodiversity and Climate Change Adaptation in Tropical Islands*. Academic Press.
- Tan, N. Q. (2006). Trends in forest ownership, forest resources tenure and institutional arrangements: are they contributing to better forest management and poverty reduction? case study from vietnam. *Understanding Forest Tenure in South and Southeast Asia—Forestry Policy and Institutions*, 355-407.
- Tang, S. Y. (1991). Institutional arrangements and the management of common-pool resources. *Public Administration Review*, 42-51.
- Thiele, J. C., Kurth, W., & Grimm, V. (2014). Facilitating parameter estimation and sensitivity analysis of agent-based models: A cookbook using NetLogo and R. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 17(3), 11.
- Thorbjarnarson, J. B. (1989). Ecology of the American crocodile (*Crocodylus acutus*). *Crocodiles: Their ecology, management, and conservation*, 228-258.
- Thorbjarnarson, J. B., Messel, H., King, F. W., & Ross, J. P. (1992). *Crocodiles: an action plan for their conservation*. IUCN.
- Thorbjarnarson, J., Mazzotti, F., Sanderson, E., Buitrago, F., Lazcano, M., Minkowski, K., ... & Trelancia, A. M. (2006). Regional habitat conservation priorities for the American crocodile. *Biological Conservation*, 128(1), 25-36.
- Thorbjarnarson, J. B. (2010). American crocodile *Crocodylus acutus*. *Crocodiles. Status survey and conservation action plan*, 46-53.
- Ulloa-Delgado & Sierra-Diaz, 2002, Cocodrilos y manglares de la bahía de Cispatá, departamento de Córdoba, Colombia. Informe Final Fase I. Caracterización y diagnóstico de las poblaciones de *Crocodylus acutus* Cuvier, 1807 y su hábitat natural. Miniambiente, Acofore, OIMT, Fundación Natura, UAESPNN, Agrosoledad y CVS. Cartagena de Indias, Bolivar.p.117.
- Ulloa-Delgado, G. A., & Sierra-Diaz, C. (2012). Plan de Manejo para la Conservación de las poblaciones del Caimán Aguja *Crocodylus Acutus* (Cuvier, 1.807) de la Bahía de Cispatá departamento de Cordoba Caribe de Colombia. *Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). Informe Interno*.
- Ulloa, G., Sierra, C., & Bustillo, S. (2016). Propuesta de transferencia del Apéndice I al Apéndice II de la población de *Crocodylus acutus* para la Conferencia de las Partes COP17 CITES.
- Valbuena, D., Verburg, PH, Bregt, AK y Ligtenberg, A. (2010). Un enfoque basado en agentes para modelar el cambio de uso del suelo a escala regional. *Ecología del paisaje*, 25 (2), 185-199.
- Vásquez P.G. & Pickens C. 1995. Estado de Conservación de los *Crocodylia* en el Perú. pp. 135-157. En: Larriera A. & Verdade L. (Eds.) *La Conservación y el Manejo de caimanes y cocodrilos de América Latina*, Vol. 1. Fundación Banco Bica. Santo Tomé, Santa Fe, Argentina. ISBN-950-9632-21-X.

- Vayda, A.P., and R.A. Rappaport (1968). Ecology, cultural and noncultural. Pp. 477-497 in *Introduction to Cultural Anthropology*, J.A. Clifton, ed. Boston: Houghton Mifflin.
- Venegas-Anaya, M., Escobedo-Galván, A. H., Balaguera-Reina, S. A., Lowrance, F., Sanjur, O. I., & Densmore III, L. D. (2015). Population ecology of American crocodile (*Crocodylus acutus*) in Coiba National Park, Panama. *Journal of Herpetology*, 49(3), 349-357.
- Villegas González, P. A., Leon, N. T., Escobar Vargas, J. A., Neira, N. O., Méndez, M. G., González Salazar, R. E., & Flórez Flórez, M. J. (2016). Modelación Integrada de Sistemas Socio-ecológicos Complejos: Caso de Estudio la Ecorregión de la Mojana. *Ingeniería (0121-750X)*, 21(3).
- Waitkuwait, W. E., Hall, P., & Bryant, R. (1989). Crocodiles: Their Ecology, Management and Conservation. *Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*.
- Wang, C. M., Chen, L. S., Ting, K. H., Lin, K. L., Jhan, H. T., Chen, J. Y., & Liu, W. H. (2014). Institutional arrangements for the management of marine protected areas in Taiwan. *Ocean & Coastal Management*, 98, 62-69.
- Waterbury, J. (1987). Legal and institutional arrangements for managing water resources in the Nile Basin. *International Journal of Water Resources Development*, 3(2), 92-104.

## 12. Anexos

### **Anexo 1. Formato de entrevista a los miembros de Asocaiman (Adaptado de Aldana, 2014)**

#### ENTREVISTA A EX-CAZADORES DE LA BAHIA DE CISPATA

Lugar: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

Numero de entrevista: \_\_\_\_\_

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

#### Presentación

1. ¿Dónde nació?
2. ¿Hace cuánto vive aquí?
3. ¿A qué se dedica (ocupación)?
4. ¿Con quién vive?

5. ¿Pertenece a Asocaiman?
6. ¿Qué se necesita para hacer parte de Asocaiman?
7. ¿Cuánto tiempo lleva dedicado a la conservación del caimán aguja?
8. ¿Cuáles han sido los esfuerzos para la conservación de esta especie?
9. ¿Cuánto tiempo se dedicó a extraer el caimán aguja?

#### Uso del recurso (ilegal) antes del levantamiento de la veda

1. ¿Cómo era la jornada de extracción del caimán aguja, cada cuanto lo extraía, en que horarios y en que época?
2. ¿Cómo extraía el caimán aguja?
3. ¿Cuántos individuos extraía? ¿De qué tamaño y de qué edades?
4. ¿Cuántos huevos extraía? ¿En qué horarios y en que época?
5. ¿Cómo recolectaba los huevos?
6. ¿Cómo se organizaban para extraer el recurso (individual o en grupos), cuantos por lancha?
7. ¿Con quién extraía el recurso?
8. ¿Qué otro tipo de personas hacían uso del recurso?
9. ¿En qué áreas del manglar extraían el caimán aguja?
10. ¿Cómo era el estado del manglar?
11. ¿Cómo elegían el sitio del manglar para extraer el recurso?
12. ¿De lo que extraía del caimán aguja cuanto era para la venta?
13. ¿Cuántos ingresos obtenía por la venta de la piel, carne y/o huevos del caimán aguja?
14. ¿Qué paso con la población del caimán aguja? ¿Disminuyo la cantidad de individuos (machos y hembras en diferentes edades)? ¿Cuánto disminuyo el número de individuos?
15. ¿Cuál es el estado actual de la población del caimán aguja? ¿Cuántos machos y hembras hay? ¿Cuántos individuos y de que edades?

#### Reglas (cuando se hacía uso del recurso)

1. ¿Tenían algunas reglas internas que regularan la extracción del caimán aguja?
2. ¿Cuáles eran esas reglas?
3. ¿Quién puso las reglas?
4. ¿Se cumplían esas reglas?
5. ¿Existía alguna institución u organización que regulara la extracción?
6. ¿Qué reglas puso?
7. ¿Se cumplían esas reglas?

#### Recolección de huevos y liberaciones

1. ¿Cuántas monturas tienen? ¿Cada cuanto arreglan las monturas? ¿En qué época y en que horario?
2. ¿En qué áreas tienen las monturas?
3. ¿Cómo seleccionaron esas áreas?
4. ¿Recolectan todas las camadas? ¿Y todos los huevos de las camadas?
5. ¿Cuántas camadas recolectan? ¿Aproximadamente cuantos huevos?
6. ¿Cómo recolectan los huevos? ¿Cómo es el manejo?

7. ¿En qué horarios y en que época recolectan los huevos?
8. ¿Cuánto tiempo se demoran en la recolección de huevos?
9. ¿Cómo se organizan para la recolección de los huevos (individual o en grupos), cuantos por ancha o canoa?
10. ¿Cuál es la temperatura para la incubación de los huevos? ¿Cuánto tiempo dura?
11. ¿De los huevos recolectados, eclosionan todos?
12. ¿Cuántas hembras y machos nacen?
13. ¿Liberan todos los individuos?
14. ¿Cuántas hembras y machos liberan?
15. ¿Cada cuanto realizan las liberaciones?
16. ¿Realizan seguimientos y monitoreos a los individuos liberados? ¿Cada cuánto?
17. ¿Cuáles son los requisitos para las liberaciones? ¿Deben tener un tamaño/talla o edad en especial? ¿Cuál?
18. ¿Cuánto se demoran en obtener ese tamaño/ talla o edad?

#### Reglas y/o normas

1. ¿Qué reglas tienen como asociación? ¿Cuáles referente a la recolección de huevos, las liberaciones, los monitoreos y el manejo de ingresos?
2. ¿Quién puso esas reglas?
3. ¿Si se cumplen esas reglas?

#### Uso del recurso después del levantamiento de la veda (uso sostenible)

1. ¿Extraerá individuos del medio o recolectará huevos?
2. ¿Cuántos huevos extraerá? ¿En qué horarios y en que época?
3. ¿Cómo recolectara los huevos?
4. ¿Cómo se organizarán para extraer el recurso (individual o en grupos), cuantos?
5. ¿Con quién extraerá el recurso?
6. ¿Qué otro tipo de personas a parte de los ex cazadores de Asocaiman podrán hacer uso del recurso?
7. ¿En qué áreas del manglar extraería el caimán aguja?
8. ¿Cómo cree que será el estado del manglar?
9. ¿Adecuaran más montículos para la recolección de huevos?
10. ¿Cómo elegiría el sitio del manglar para recolección los huevos?
11. ¿De lo que extraiga del caimán aguja cuanto será para la venta?
12. ¿Comercializaran pieles de hembras o machos? ¿De todas las edades?
13. ¿Podrán comercializar los huevos que recolecten?
14. ¿Cuántos ingresos cree que obtendrá de la venta de la piel, carne y/o huevos del caimán aguja? ¿Cómo distribuirán esos ingresos?
15. ¿Realizaran liberaciones? ¿Cuánto porcentaje será para el uso sostenible y cuanto para la liberación?
16. ¿Qué pasará con la población del caimán aguja? ¿Aumentara la cantidad de individuos (machos y hembras de diferentes edades)?

#### Reglas (Levantamiento de la veda)

1. ¿Cree que van a establecer reglas internas para la extracción del caimán aguja?
2. ¿Cuáles reglas cree que van a establecer?



### Anexo 3.

#### Matriz de reglas y/o normas formales e informales durante la caza ilegal de la especie (Adaptado de Aldana, 2014)

Prácticas	Reglas o Normas	¿Qué tanto se Cumplían?	¿Por qué no se Cumplían?	¿Existía alguna Sanción para el incumplimiento?	
	¿Tiene? -SI -NO	¿Cuál?	¿Mucho, Poco, Nada?	Razón	¿Cuál?
División de Zonas de Caza	algunos SI (A)	Respeto del área	Los que tenían miedo la Cumplía (Mucho) El resto NO	"Si no es pa mí no es pa nadie"	NO
Horarios de Caza y recolección de huevos	NO				
Cantidad de huevos por recolectar	NO Lo que conseguían como querían				
Épocas de Caza	NO				
Caza de machos o hembras	NO				
Caza por edades (neonatos, juveniles, adultos)	NO				
Cantidad de individuos cazados	NO Se cogían lo que se podía pedirlo				
Volumenes de pieles para la comercialización	SI	110 es el + especial De eso se encargaba el comprador	Mucho		
Adecuación de áreas de pastura	SI salvo cuando las que tienen miedo	"no se metan en mi territorio porque te invade el tuyo"	Poco	Buscar la plata y venderlos	NO
Comercialización de huevos y/o carne	NO Solamente cuando venían de...				

Resultado de la Matriz de reglas y/o normas formales e informales cuando se hacía uso ilegal de la especie en la Bahía de Cispatá

**Matriz de reglas y/o normas formales e informales (Cuando se haga uso sostenible de la especie)**

Prácticas	Reglas o Normas	¿Qué tanto se Cumplirán?	¿Habrá alguna sanción para el incumplimiento de reglas o normas?
	¿Cuál?	¿Mucho, Poco, Nada?	¿Cuál?
Adecuación de áreas de postura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los años restaurar los nidos</li> <li>• Hacer + nidos (Depende)</li> <li>• Establecer una altura (h de la marea)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depende de la cantidad de recursos para el mantenimiento.</li> <li>- Si los habría → Mucho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No habrá sanción</li> <li>↳ si lo realiza mal lo debe comentar</li> </ul>
Recolección de huevos (horarios y Cantidad)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulación de los huevos (Deben estar marcados)</li> <li>• Todos deben estar a los 5 o 5:30 si van a salir a las 6.</li> <li>↳ si no se queda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depende de los recursos</li> <li>Mucho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No habrá sanción</li> <li>↳ Advertencia</li> </ul>
Comercialización de pieles (edades o Sexo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener piel de buena calidad</li> <li>• Capacitación → importante</li> <li>↳ hacer los + expertos</li> </ul>	Mucho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No habrá sanción</li> <li>↳ Advertencia o Cambio de Labor</li> </ul>
Repartición de ingresos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Será por igual</li> <li>• Capitalización</li> <li>• Apoy a la comunidad</li> </ul>	Mucho	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se establecerán + adelante</li> <li>- él participará por algún tiempo en las actividades</li> </ul>
Conservación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener establecida la población</li> <li>• Recolección y liberación (De acuerdo a los monitores)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mucho</li> <li>↳ va de la mano con los científicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- él no habrá sanción</li> <li>↳ puesto que se cumplirá.</li> </ul>

Resultado de la Matriz de reglas y/o normas formales e informales cuando se haga uso sostenible de la especie en la Bahía de Cispatá



Miembros de Asocaiman señalando las reglas y/o normas formales e informales cuando se hacía caza ilegal y cuando se haga uso sostenible de la especie

**Anexo 4. Gráfico Histórico**

Año	Regla o Norma	Abundancia Poblacional	Estructura Poblacional	
1970 - 2015			Machos y hembras	Edades (neonatos, juveniles, adultos)
1970	No habían reglas	Alta ↗	Igual cantidad de Machos y hembras	+ neonatos que juveniles y adultos
1975	No habían reglas	Disminuyó ↘	Disminuyó ↘	Disminuyó ↘ mayor presencia de neonatos
1980	No habían reglas	Disminuyó ↘	Disminuyó ↘	Disminuyó ↘ mayor presencia de neonatos

1985	No habían reglas	Disminuyó ↘	Disminuyó tanto en hembras como en machos	Disminuyó en la misma medida ↘
1990	No habían reglas	Disminuyó ↘	Disminuyó tanto en hembras como en machos	Disminuyó - neonatos - juveniles - Adultos
1995	No habían reglas	Disminuyó ↘	Disminuyó tanto en hembras como en machos ↘	↓ juveniles ↑ Adultos
2000	Proceso de Asociación	Incubación de camadas Disminuyó ↘	Disminuyó tanto en hembras como en machos ↘	↓ neonatos ↓ juveniles ↓ Adultos
2005	Asociación en la Cámara de Comercio Sanciones Recolecciones, monitoreos	Se establece →	Se establece →	Aumenta ↗ + neonatos + juveniles + Adultos
2010	" "	Aumenta ↗	Aumenta ↗ + hembras que machos	Aumenta ↗ + Comadas + juveniles + Adultos
2015	2010 - 2012 → Cierre de camaróneras más restricciones	Aumenta ↗	Aumenta ↗ + hembras que machos	Aumenta ↗ ↑ neonatos juveniles Adultos

Resultados del gráfico histórico por los miembros de Asocaiman e la Bahía de Cispata

## Anexo 5. Código Software NetLogo

globals [resources dias años]

breed [areas-postura area-postura]

breed [nidos nido]

breed [cocodrilos cocodrilo]

breed [cazadores cazador]

breed [asociados asociado]

breed [huevos huevo]

cocodrilos-own [ sexo edad reloj preniada objetivo tamaño día-control ]

areas-postura-own [ camadas ]; las camadas son los nidos que tenga el area de postura

cazadores-own [ cazo cantidad ]

asociados-own [ cumple sectorx sectory cantidad ]

huevos-own [ días-eclosion ]

nidos-own [ cantidad visitado ]

to setup

clear-all

create-areas-postura 100 [setxy random-xcor random-ycor ]

create-cazadores 16 [setxy random-xcor random-ycor ]

create-asociados 16 [ setxy random-xcor random-ycor ]

create-cocodrilos ( numero-de-yearlings \* 100 ) / fraccion-visible

[

setxy random-xcor random-ycor

set tamaño 20 + ( random 40 )

set edad (0 \* 365) + ( random ( 2 \* 365 ) ); entre 0 y 2 años

]

create-cocodrilos ( numero-de-juveniles \* 100 ) / fraccion-visible

```

[
  setxy random-xcor random-ycor
  set tamaño 61 + ( random 59 )
  set edad ( 2 * 365 ) + ( random ( 5 * 365 ) ); entre 2 y 5 años reproducción
]
create-cocodrilos ( numero-de-subadults * 100 ) / fraccion-visible
[
  setxy random-xcor random-ycor
  set tamaño 121 + ( random 59 )
  set edad ( 5 * 365 ) + ( random ( 10 * 365 ) ); entre 5 y 10 años reproducción
]
create-cocodrilos ( numero-de-adults * 100 ) / fraccion-visible
[
  setxy random-xcor random-ycor
  set tamaño 181 + ( random 59 )
  set edad ( 10 * 365 ) + ( random ( 30 * 365 ) ); entre 10 y 30 años reproducción
]
create-cocodrilos ( numero-tam-maximo * 100 ) / fraccion-visible
[
  setxy random-xcor random-ycor
  set tamaño 242
  set edad ( 30 * 365 ) + ( random ( 70 * 365 ) ); más de 30 años
]

ask patches [ set pcolor [232 253 255] ]

ask areas-postura
[
  set shape "square"
  set size 2.0

```

```

    set color [191 164 147]
]
ask cocodrilos
[
    set shape "cocodrilo"
    set size 2.5
    set color green
    set sexo random 2; 0 macho y 1 hembra
    set reloj 25 + random 65; días de postura: 20 de Enero a la primera semana de Abril.
    set dia-control random 364
    set preniada true
    set objetivo one-of areas-postura
]
ask cazadores
[
    set shape "person cazador"
    set size 2.5
    set color red
    set cazo false
]
ask asociados
[
    set shape "person asocaiman"
    set size 2.5
    set color blue
    set sectorx xcor; falta definir el radio y la rotacion de sectores
    set sectory ycor
    set cumple 1; falta definir escenarios
]
ask huevos [ set color white ]

```

```

reset-ticks
tick
end

to go
;      dia * anio
if ticks >= ( 365 * 30 ) [ stop ]
set dias ticks
set anios floor( dias / 365 )

revisar-estado
tick

ask cocodrilos [ accion-cocodrilo ]
ask asociados [ accion-asociados ]
ask cazadores [ accion-cazadores ]
ask huevos [ accion-huevos ]
end

to accion-cocodrilo
set edad edad + 1

if sexo = 0 or preniada = false
[
if random 100 <= 70; como definir el movimiento
[
right random 90
if random 100 <= 70
[

```

```

    forward 1
  ]
]
]
if sexo = 1 and preniada = true
[
  face objetivo
  forward 2
]

if sexo = 1
[
  if any? nidos-on objetivo [ set objetivo one-of areas-postura ]

  if ( dias mod 365 ) < 100
  [
    if tamanio >= 240
    [
      if preniada
      [
        ;show dias - reloj
        if ( ( ( dias mod 365 ) - reloj ) > 0 )
        [
          if not any? nidos-on objetivo
          [
            ask objetivo
            [
              ask patch xcor ycor
              [
                sprout-nidos 1

```



```

if( dias-eclosion = 0 )
[
  if random 100 < probabilidad-eclosion
  [
    ask patch xcor ycor
    [
      sprout-cocodrilos 1
      [
        set shape "cocodrilo"
        set size 1
        set color green
        set sexo random 2; 0 macho y 1 hembra
        set reloj 20 + random 65; días de postura: 20 de Enero a la primera semana de
Abril.
        set dia-control random 364
        set preniada false
        ;if sexo = 1 [ set label "X" ]
        ;set label-color black
        set objetivo one-of areas-postura
        set tamaño ( 20 + random 10 )
      ]
    ]
  ]
  die
]
;set dias-eclosion dias-eclosion - floor( ( horas mod 24 ) / 23 )
set dias-eclosion dias-eclosion - 1
end

to revisar-estado

```

```

if ( dias mod 365 ) = 300; para que se pregunte una sola vez al año
[
  ask nidos [ die ]
  ask cocodrilos
  [
    if floor( edad / 365 ) >= 3 [ set size 2.5 ]
    if floor( edad / 365 ) < 3 [ set size 1 ]
    set preniada true
  ]
]
ask cocodrilos
[
  if ( dias mod 365 ) = dia-control
  [
    if floor( edad / 365 ) > 25
    [
      if ( random 100 ) < ( floor( edad / 365 ) * ( 1 + ( relacion-edad-supervivencia / 100 ) )
)
      [
        die
      ]
    ]
  ]
  if tamaño < 80
  [
    ;set size 1
    if ( random 100 ) <= ( 100 - probabilidad-supervivencia-neonatos ) [ die ]
  ]
]
if tamaño < 241
[

```

```

    set tamaño ( tamaño + crecimiento-por-día + ( ( random ( variación-crecimiento *
2000 ) ) / 1000 ) - variación-crecimiento )
  ]
]
if ( días mod 365 ) = 91
[
  ask asociados [ hide-turtle ]
  ask cocodrilos [ set preñada false ]
]
if ( días mod 365 ) = 10
[
  ask asociados [ show-turtle ]
]
end

```

to acción-asociados

```

if random 100 <= 70; como definir el movimiento

```

```

[
  right random 360
  if random 100 <= 80
  [
    forward 1
    if sqrt(((xcor - sectorx)*(xcor - sectorx)) + ((ycor - sectory)*(ycor - sectory))) >= 20
    [
      right 180
      forward 1
    ]
  ]
]
]

```

```

;Recolectar huevos: 50% de la camada.
if any? huevos-on patch-ahead 0
[
  if ( count (nidos-on patch-ahead 0) with [visitado = false] ) = 1
  [
    ask one-of nidos-on patch-ahead 0 [ set visitado true ]
    ifelse random 100 <= probabilidad-incumplir
    [
      set cantidad ( cantidad + ( ( count huevos-on patch-ahead 0 ) * ( huevos-
recolectados-incumple / 100 ) ) * ingreso-por-recoleccion )
      ask n-of ( ( count huevos-on patch-ahead 0 ) * ( huevos-recolectados-incumple / 100
) ) ( huevos-on patch-ahead 0 )
      [
        die
      ]
    ]
  [
    set cantidad ( cantidad + ( ( count huevos-on patch-ahead 0 ) * ( huevos-
recolectados-cumple / 100 ) ) * ingreso-por-recoleccion )
    ask n-of ( ( count huevos-on patch-ahead 0 ) * ( huevos-recolectados-cumple / 100
) ) ( huevos-on patch-ahead 0 )
    [
      die
    ]
  ]
]
if ( dias mod 365 ) >= 10 and ( dias mod 365 ) <= 90
[
  set cantidad cantidad - costo-por-recoleccion
]

```

```

;Por cada huevo va a ganar dinero.
end

to accion-cazadores
  if random 100 < proporcion-caza-anual ;cuantos dias del año van a cazar
  [
    show-turtle
    right random 360
    if random 100 <= 80 [ forward 1 ]
    ;Cazan cocodrilos de a 1 a 5 por semana
    if cazo = false
    [
      if any? ( ( cocodrilos-on patch-ahead 0 ) )
      [
        let posibles-para-caza ( (cocodrilos-on patch-ahead 0 ) with [tamanio > 60 and
tamanio < 120] )
        if any? posibles-para-caza
        [
          set cazo true
          set cantidad cantidad + ingreso-por-caza
          ask one-of posibles-para-caza [ die ]
        ]
      ]
    ]
    set cantidad cantidad - costo-por-caza
  ]
  set cazo false
end

```