

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)



PROPUESTA DE HERRAMIENTAS TÉCNICAS PARA EL MANEJO PARA LAS
LANGOSTAS EXÓTICAS DE AGUA DULCE *CHERAX QUADRICARINATUS* (VON
MARTENS, 1868) Y *PROCAMBARUS CLARKII* (GIRARD, 1852) PARA EL SISTEMA
NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN (SINAC), COSTA RICA

FRESIA VILLALOBOS ROJAS

PROYECTO FINAL DE GRADUACION PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TITULO DE MASTER EN GESTIÓN DE ÁREAS
PROTEGIDAS Y DESARROLLO ECORREGIONAL

San José, Costa Rica

Febrero 2019

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como requisito parcial para optar al grado de Máster en Gestión de Áreas Protegidas y Desarrollo Ecorregional

MSc. Jorge Hernández Benavides
PROFESOR TUTOR

MSc. Guido Saborío Rodríguez
LECTOR No.1

Mg. Luis Gerardo Artavia Zamora
LECTOR No.2

Fresia Villalobos Rojas
SUSTENTANTE

DEDICATORIA

A mi gota de agua (Nahla) y a mi sauce (Lían) que han sido inspiración durante todo este periodo. A mi esposo y compañero, Óscar por su apoyo y empuje. A “Ma” y “Pa” que han dado las herramientas para ser quien soy. A la toda la hermosa y valiosa red de apoyo familiar, ya que sin ellos no hubiese sido posible la realización de este proyecto que he emprendido.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis compañeros de trabajo en la UNIP del CIMAR-UCR, que fueron parte del equipo de trabajo en las giras y trabajo de laboratorio. A la Universidad de Costa Rica por el apoyo brindado al proyecto 808-B7-285 decápodos exóticos introducidos en costa rica: el caso de las langostas de agua dulce, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) y *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). A Raquel, por sus hermosos mapas. A Juan Ca, por el gustoso trabajo de campo. A Mariana, por su colaboración con el trabajo de laboratorio. A Ingo, por su apoyo en la realización de este trabajo. A mi tutor, Jorge Hernández por todo su apoyo, dedicación y confianza. A Jimmy Barrantes, por sus recomendaciones. A Angie Sánchez, por su ayuda y consejos. A mis lectores Guido Saborío y a Gerardo Artavia, les agradezco todos sus aportes, sugerencias y comentarios que permitieron mejorar este trabajo.

ÍNDICE

HOJA DE APROBACIÓN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ABREVIATURAS.....	viii
GLOSARIO	ix
RESUMEN EJECUTIVO	xii
1. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problemática.....	7
1.3. Justificación del problema	8
1.4. Supuestos	11
1.5. Restricciones	11
1.6. Objetivo general	12
1.7. Objetivos específicos.....	12
2. MARCO TEORICO	13
2.1. Marco referencial o institucional	13
2.1.1. Antecedentes de la Institución	13
2.1.2. Misión y visión.....	16
2.1.3. Estructura organizativa	16
2.2. Productos que ofrece	19
2.3. Marco Jurídico	24
2.3.1. Marco Estratégico Nacional	32
2.3.2. Metas Internacionales.....	37
3. MARCO METODOLOGICO	39
3.1. Fuentes de información	39
3.2. Técnicas de Investigación	41
3.3. Método de Investigación.....	42
3.4. Descripción de la metodología	43
3.4.1. Objetivo 1: Desarrollar una guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i>	43
3.4.2. Objetivo 2. Elaborar protocolo para el monitoreo participativo de <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> el cual será dirigido al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.....	44
3.4.3. Objetivo 3: Proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica.	45
4. DESARROLLO.....	47
4.1. Recopilación de información sobre <i>Procambarus clarkii</i> y <i>Cherax quadricarinatus</i> 47	
4.1.1. <i>Procambarus clarkii</i> (Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae)	47
4.1.2. <i>Cherax quadricarinatus</i> (von Martens, 1868) (Decapoda: Parastacidae)	59
4.1.3. Control y manejo de langostas de agua dulce	67

4.2.	Guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> .	69
4.3.	Protocolo para el monitoreo participativo de <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.	73
4.3.1.	Indicadores	73
4.3.2.	Caracterización del muestreo y cuerpo de agua muestreado	78
4.3.3.	Metodología de muestreo	79
4.3.4.	Toma de datos de las langostas	82
4.3.5.	Archivo de los datos.	84
4.3.6.	Folleto informativo para el manejo participativo	85
4.4.	Proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica.	89
4.4.1.	Análisis de riesgo en Costa Rica	89
4.4.2.	Determinación del estado de invasión de <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica	94
4.4.3.	Medidas de manejo de <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica.	94
5.	CONCLUSIONES	101
6.	RECOMENDACIONES	102
7.	BIBLIOGRAFIA	104
8.	ANEXOS	114
8.1.	Anexo 1: ACTA DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN	114
8.2.	Anexo 2: Cronograma	115
8.3.	Anexo 3: Cuadros citados en Antecedentes	116
8.4.	Anexo 4: Proceso de invasión Biológica	120
8.5.	Anexo 5: Hoja de datos para trabajo de campo	124
8.6.	Anexo 6: Hoja de datos para mediciones de langostas	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de Costa Rica, 2018	2
Figura 2. Distribución geográfica de la diversidad mundial de cangrejos de agua dulce (número de especies/número de géneros).....	7
Figura 3. Estructura organizativa del SINAC.....	17
Figura 4. Áreas de Conservación de Costa Rica..	19
Figura 5. Ejes de acción de la Política Nacional de Humedales 2017-2030 y su relación con la problemática de las (especies exóticas invasoras (EEI)).....	36
Figura 6. Políticas de las ASP del SINAC y su relación con la problemática de las (especies exóticas invasoras (EEI)).	37
Figura 7. Foto de la langosta de roja de Luisiana, <i>Procambarus clarkii</i> (Girard, 1852). 48	
Figura 8. Ecología trófica y relaciones bióticas de <i>Procambarus clarkii</i> tomando en cuenta alimentación, depredadores, patógenos y parásitos.	51
Figura 9. Distribución mundial de <i>Procambarus clarkii</i> (Girard, 1852).	55
Figura 10. Distribución reportada para <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica..	57
Figura 11. Sitios en que se colectaron especímenes de <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica.	57
Figura 12. Contenido estomacal presente en <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica.....	58
Figura 13. Foto de la langosta australiana, <i>Cherax quadricarinatus</i> (von Martens, 1868).	61
Figura 14. Distribución mundial de <i>Cherax quadricarinatus</i> (von Martens, 1868).	64
Figura 15. Distribución reportada para <i>Cherax quadricarinatus</i> en Costa Rica.....	66
Figura 16. Sitios en que se reportan especímenes de <i>Cherax quadricarinatus</i> en Costa Rica.	66
Figura 20. A. Dimensiones de trampa recomendada para captura langostas de agua dulce.....	81
Figura 21. Sexado y medidas a tomar de <i>Procambarus clarkii</i>	83
Figura 22. Sexado y medidas a tomar de <i>Cherax quadricarinatus</i> . CL: longitud cefalotórax, LT: longitud total.	84
Figura 23. Hoja de datos digital recomendada para ingresar los datos de las mediciones, así como información presente en la hoja de campo.	85
Figura 24. Folleto informativo, lámina externa.	87
Figura 25. Folleto informativo, lámina interna.	88
Figura 26. Esquema temporal de las acciones necesarias para un manejo de <i>Procambarus clarkii</i> y <i>Cherax quadricarinatus</i> en Costa Rica.	100

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Información para el análisis científico-técnico necesario para que una especie sea declarada como invasora	20
Cuadro 2. Acciones sugeridas para la Categoría A correspondiente a la etapa de transporte.	21
Cuadro 3. Acciones sugeridas para la Categoría B correspondiente a la etapa de introducción.	22
Cuadro 4. Acciones sugeridas para la Categoría C correspondiente a la etapa de establecimiento.	23
Cuadro 5. Acciones sugeridas para la Categorías D y E correspondientes a las etapas de dispersión e invasión.	24
Cuadro 6. Metas globales y Nacionales de la Política Nacional de Biodiversidad 2015-2030 (PNB) y Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2025 (ENB2).	35
Cuadro 7. Metas Internacionales relacionadas con la problemática de las Especies Exóticas Invasoras (EEI).	38
Cuadro 8. Fuentes consultadas en relación con los objetivos y entregables de la investigación.	40
Cuadro 9. Técnicas de Investigación en relación con los objetivos y entregables de la investigación.	42
Cuadro 10. Métodos de Investigación en relación con los objetivos y entregables de la investigación.	43
Cuadro 11. Indicador 1: distribución geográfica de las langostas.	76
Cuadro 12. Indicador 2: número individuos por especie.	77
Cuadro 13. Indicador 3: número de hembras reproductivas.	77
Cuadro 14. Equipo básico requerido para la colecta de langostas en el campo.	79
Cuadro 15. Resultados generales del análisis de riesgo para <i>Procambarus clarkii</i>	92
Cuadro 16. Resultados generales del análisis de riesgo para <i>Cherax quadricarinatus</i>	93
Cuadro 17. Lista de los enlaces de Vida Silvestre de cada Área de Conservación del SINAC.	126

ABREVIATURAS

AC: Áreas de Conservación
ACAHN: Área de Conservación Arenal Huetar Norte
ACAT: Área de Conservación Arenal Tempisque
AP: Área Protegida (incluye áreas silvestres y no silvestres)
ASP: Área Silvestre Protegida
AR: Análisis de Riesgo
CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CDB: Convención sobre Diversidad Biológica
CIMAR: Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología
CONAC: Consejo Nacional de Áreas de Conservación
CONAGEBIO: Comisión para la Gestión de la Biodiversidad
CONAVIS: Comisión Nacional de Vida Silvestre
COLAC: Consejos Locales de Áreas de Conservación
CORAC: Consejos Regionales de Áreas de Conservación
DTRR: Detección Temprana y Respuesta Rápida
EE: Especie Exótica
EEl: Especie Exótica Invasora
EEUU: Estados Unidos de América
ENB2: Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2025
GPS: Sistema de Posicionamiento Global por sus siglas en inglés
INCOPESCA: Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura
LC: Longitud cefalotórax
LT: Longitud total
LCVS: Ley de Conservación de Vida Silvestre
MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería
MH: Ministerio de Hacienda
MINAE: Ministerio Nacional de Ambiente y Energía
ONGs: Organizaciones No Gubernamentales
PT: Peso total
SENASA: Servicio Nacional de Salud Animal
SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación
SPN: Servicio de Parque Nacionales
TEC: Tecnológico Costarricense
UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UTN: Universidad Técnica Nacional

GLOSARIO

Las definiciones en torno a especies invasoras han sido inconsistentes en la literatura científica generando confusión. A continuación se presentan varias definiciones relacionadas con las invasiones biológicas, incluidas en diversas guías para la prevención de pérdida de biodiversidad debido a invasiones biológicas (SCBD, 2001; Mendoza & Koleff, 2014, Sarat, Mazaubert, Dutartre, Poulet & Soubeyran, 2015).

Área de dispersión potencial: es el área que ocupa una especie naturalmente y/o que puede ocupar sin la intervención de los seres humanos.

Especie criptogénica: es aquella especie cuya procedencia (nativas o introducidas) no es demostrable.

Especie dominante: es una especie nativa o no nativa en un territorio dado, que se desarrolla en abundancia a nivel local y amplía rápidamente su gama.

Especie en proliferación: especie de rápido desarrollo en el número de individuos hasta el punto en que la especie viene a dominar un área determinada. Las causas de la penetración o la proliferación varían significativamente según el origen de la especie. Especies nativas pueden generalizarse o proliferar tras los cambios ambientales (la eutrofización, el cambio climático, entre otros), así mismo estos cambios pueden contribuir a desencadenar una proliferación de especies no nativas.

Especie establecida (o naturalizada): especie que ocurre como poblaciones reproductivas, autosustentables en un ecosistema abierto.

Especie exótica: es sinónimo de alóctona, no nativa, no indígena o alienígena. Se refiere a especies, subespecies o taxones menores que se presentan fuera de su área natural de distribución y su área de dispersión potencial. Incluyen cualquier parte del organismo, gametos o propágulos de la especie que pudieran sobrevivir y reproducirse subsecuentemente.

Especie exótica invasora: se refiere a una especie exótica establecida en ecosistemas naturales o semi-naturales que es un agente de cambio y amenaza a la biodiversidad nativa.

Especie exótica invasora¹: *“aquella que al introducirse en sitios fuera de su ámbito de distribución geográfica natural coloniza los ecosistemas y su población llega a ser abundante, siendo así un competidor, predador, parásito o patógeno de las especies silvestres nativas. Se convierte en un agente de cambio de hábitat y tiene un efecto negativo sobre la diversidad biológica. Se considera invasora también a aquellas especies exóticas cuyas poblaciones llegan a ser abundantes y producen un daño en las actividades del ser humano o la salud humana”*.

Especie nativa: es sinónimo de autóctona o indígena. Se refiere a especies, subespecies o taxones menores que se presentan dentro de su área natural de distribución y su área de dispersión potencial.

Erradicación de una especie: se refiere a la eliminación completa de todos los individuos de una población, no contigua a otras poblaciones de su misma especie.

Introducción: se refiere a el movimiento, por causas humanas, de una especie, subespecie o taxón menor (incluyendo cualquiera de sus partes, gametos o propágulo, que pueda sobrevivir y subsecuentemente reproducirse) fuera de su área de distribución natural.

Introducción intencional: se refiere a la introducción de una especie fuera de su distribución natural de manera consciente y/o voluntaria.

Introducción no intencional: se refiere a una introducción realizada como resultado de una especie que utiliza las actividades humanas como vectores de dispersión fuera de su área natural.

Introducción secundaria: es aquella que tiene lugar como resultado de una introducción intencional o no en una nueva área, en donde la especie se dispersa del punto de entrada hacia áreas que no hubiera podido alcanzar sin la introducción inicial (primaria).

Invasión biológica: ocurre cuando una especie se expande fuera de su rango de distribución natural y establece una o más poblaciones sostenibles y autónomas, generalmente sin asistencia humana en el medio colonizado. Una especie nativa puede adquirir un comportamiento invasor y provocar en su área de distribución natural un

¹ Definición presente en la legislación costarricense vigente, Ley de Conservación de la Vida Silvestre N°7317, 1992

proceso de invasión biológica. Generalmente se observan tres fases: llegada, establecimiento y expansión.

Región donadora: se refiere al centro de dispersión dentro del cual una especie interactúa con algún mecanismo de transporte.

Región receptora: se refiere al punto final de la dispersión, en el cual una especie es liberada (punto inicial de inoculación).

Reintroducción: es el intento de establecer una especie en un área que alguna vez fue parte de su hábitat histórico, pero de la cual fue extirpada o extinta.

Ruta de introducción (o vía de introducción): es el trayecto que la especie sigue para ser introducida fuera de su rango natural, lo cual puede suceder de manera intencional y/o involuntaria.

Vector de introducción: se refiere al mecanismo real por medio del cual la especie es introducida.

RESUMEN EJECUTIVO

Costa Rica tiene una enorme biodiversidad y las áreas protegidas (AP) se reconocen por su papel esencial como instrumentos para su conservación, por lo que es importante gestionarlas adecuadamente. En Costa Rica, hay un total de 145 Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y el encargado de gestionarlas es el Sistema Nacional de Áreas Conservación (SINAC).

La biodiversidad se está viendo amenazada a nivel mundial. Principalmente por el cambio climático, cambio en el uso de suelo, contaminación, extracción insostenible y especies invasoras. Las especies exóticas invasoras son la segunda causa de extinciones de especies en el mundo y se han reportado los ecosistemas acuáticos como uno de los más vulnerables a la presencia de EEI. Algunas especies de langostas de agua dulce se han reportado como invasoras causando daños impresionantes en los hábitats de agua dulce.

En Costa Rica, no existen especies nativas de langostas de agua dulce. Las langostas exóticas *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* fueron introducidas en Costa Rica hace más de 30 años y en la actualidad se está promoviendo el cultivo de *C. quadricarinatus*. Aunado estos aspectos, a nivel nacional no existe información básica que facilite el manejo de dichas especies por lo que es una situación es muy preocupante considerando los impactos documentados en la literatura sobre la introducción de estas dos especies.

Considerando esta problemática y el papel del SINAC en la conservación, se desarrolló una propuesta de herramientas técnicas para el manejo de *C. quadricarinatus* y *P. clarkii* dirigido al SINAC, con los siguientes objetivos específicos: (1) diseñar una guía de campo para la identificación de las langostas, (2) elaborar un protocolo para el monitoreo participativo de estas langostas dirigido al SINAC, y (3) proponer medidas para el manejo de estas langostas en Costa Rica.

Se utilizaron fuentes de información primarias (entrevistas) y secundarias (guías taxonómicas, protocolos de monitoreo, estrategias de manejo, entre otras) para obtener información detallada sobre las especies (taxonomía, ecología, distribución, comportamiento, alimentación, etc.). Se realizaron muestreos de langostas para comprobar el uso de la guía de identificación y del protocolo de monitoreo. Se utilizaron herramientas de diseño gráfico para producir la guía de identificación, el folleto informativo y diagramas presentes en el protocolo de monitoreo. Por otro lado, se utilizaron herramientas en línea para determinar el estado de invasión de las especies (Blackburn et al., 2011), así como realizar el análisis de riesgo (AR) de la introducción de estas especies en Costa Rica (AS-ISK, Aquatic Species Invasiveness Screening Kit), que proveen insumos importantes para poder desarrollar medidas de manejo.

La guía de identificación elaborada, se compone de cuatro láminas ilustradas, que permiten fortalecer las capacidades de los funcionarios del SINAC para identificar a estas langostas en las Áreas de Conservación de Costa Rica.

El protocolo de monitoreo participativo contiene indicadores asociados a la toma de datos. Además, se describe el equipo necesario para llevar a cabo el muestreo en el campo y la metodología para la captura de langostas. Se detalla la información básica necesaria para registrar de las langostas y se proporcionan imágenes en que se visualiza la toma de estos datos. Las características del muestreo y del cuerpo de agua muestreado que deben ser documentar se enlistan y se facilitan las hojas de datos

sugeridas para ingresar dicha información. Se enfatiza en la importancia de archivar digitalmente la información y se suministra una base de datos para ello.

Se elaboró un folleto informativo ilustrado que describe los principales impactos de las langostas, las principales características morfológicas de las langostas e información sobre qué hacer y a quién contactar si se detecta la presencia, con el fin de fomentar la participación ciudadana.

El análisis de riesgo (AR) realizado, determinó que ambas especies son de alto riesgo para Costa Rica. Mientras que el análisis del estado de invasión indicó que ambas especies se encuentran en la categoría D2 (en proceso de invasión biológica, indicando que tienen una población viable en estado silvestre, con individuos sobreviviendo y reproduciéndose a una distancia significativa del punto de origen de introducción).

Se propone una serie de acciones de control y prevención presentes en siete categorías: de acciones de control y prevención: educación ambiental, legislación y regulación, investigación, colaboración regional, participación ciudadana, monitoreo y control de las especies.

Debido a las características biológicas de ambas especies de langostas, al estado de invasión en Costa Rica, a los resultados del análisis de riesgo y a los impactos documentados a nivel internacional no se debe de promover el cultivo de las especies. Por el contrario, se debe de fortalecer la educación ambiental dirigida a la ciudadanía, así como a funcionarios del SINAC. Se propone utilizar el folleto informativo, así como de charlas y talleres para la divulgación de los resultados de esta investigación y el uso del protocolo de monitoreo y de la guía identificación.

Finalmente, es indispensable tener claridad con respecto competencia de diversas instituciones relacionadas con estas dos especies exóticas y al posible rol de la ciudadanía en el manejo de estas langostas.

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

Costa Rica es un pequeño territorio (51 100 km² de superficie continental y aproximadamente 589 000 km² de superficie oceánica) situado en América Central que alberga una diversidad de especies característica de la zona intertropical (SINAC, 2014a; MINAE-CONABEGIO-SINAC, 2016). Por su posición ístmica constituye un puente biológico y cultural que permitió el encuentro y a la vez fue frontera de especies marinas y terrestres.

Costa Rica tiene una enorme riqueza a nivel de ecosistemas, especies y genes (SINAC, 2014a). Con tan solo el 0.03 % de la superficie terrestre mundial, posee aproximadamente el 3.6% de la biodiversidad esperada para el planeta (entre 13 y 14 millones de especies) (SINAC, 2014a), pero el 5% de la biodiversidad conocida para todo el mundo (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016).

Para el 2015 se reportaron 95 157 especies para Costa Rica, número que sigue en constante aumento como resultado de investigación en sitios y grupos poco estudiados (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016, Filippini, Micó & Galantes, 2016; Breedy & Guzmán, 2018). Para el 2009, las especies marinas, especies de altura, principalmente los invertebrados y los microorganismos fueron reportados como los grupos con mayor riqueza, pero con mayores vacíos de información (SINAC, 2009).

Actualmente, se reconoce el papel esencial de las áreas protegidas (AP), no sólo como instrumentos para la conservación *in situ* de la biodiversidad, sino como proveedoras de servicios ecosistémicos. Tanto así, que dentro de la agenda ambiental internacional, las áreas protegidas siempre han estado presentes, como pilares fundamentales para el desarrollo humano sostenible (SINAC-MINAET, 2010).

Existen más de 120.000 AP a nivel global, cubriendo una extensión cercana a los 21.000.000 km² de tierra y mar. En Costa Rica, hay un total de 145 Áreas Silvestres

Protegidas (ASP) que representan el 24.4% (13.017 km²) de la superficie continental y el 2.63% (14.830 km²) de la superficie marina (Figura 1) de las cuales 17 tienen declaratoria internacional (11 sitios Ramsar, tres reservas de la biosfera y tres sitios de Patrimonio Mundial Natural) y el encargado de gestionarlas es el Sistema Nacional de Áreas Conservación (SINAC) (Ley N° 7788, 1998).

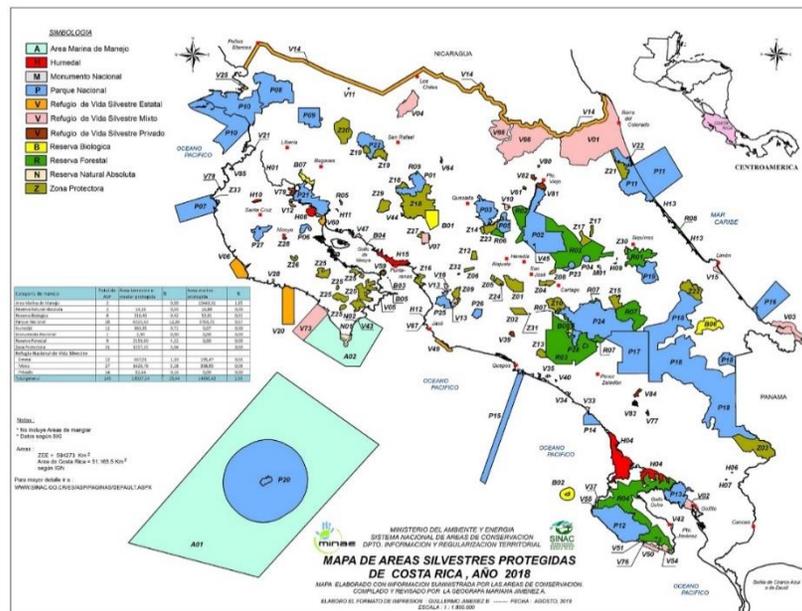


Figura 1. Mapa de Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de Costa Rica, 2018. Fuente: SINAC, 2018.

Hay múltiples señales y reportes de que esta biodiversidad se está perdiendo y deteriorando (Anexo 3: Cuadro 1 CONAGEBIO-SINAC, 2015). El número de especies presentes en las categorías de mayor amenaza (en peligro crítico, en peligro y vulnerable) de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha venido aumentando (PEN, 2017).

Entre las principales amenazas detectadas para la biodiversidad de Costa Rica están el cambio climático (sequías, temporales y deslizamientos), cambio en el uso de suelo (fragmentación, cambio de uso del suelo-urbanización, infraestructura, incendios y drenado), contaminación (aguas residuales, desechos sólidos,

nutrientes y plaguicidas), extracción insostenible (extracción ilegal de flora y fauna, tala ilegal, caza de fauna y sobrepesca o artes no adecuadas para extracción de recursos) y especies invasoras (Donato-Calderón, 2011; SINAC, 2014a, CONAGEBIO-SINAC, 2015).

En cuanto a las especies invasoras, el SINAC (2014a) indica que hay una tendencia general al aumento, provocada por la falta de control en las aduanas y puertos, así como la “carencia de información para el público en general genere conciencia sobre el buen manejo de especies importadas con diversos fines, sobre el peligro del traslado de especies costarricenses de un lugar a otro y el de su futura liberación en sitios a los que no pertenecen”.

A nivel mundial, después de la alteración del hábitat, las invasiones biológicas representan la segunda causa de pérdida de biodiversidad (Lowe, Browne, Boudjelas & De Poorter, 2004; Roldán-Chacón, 2010). Además, se han convertido en un problema para el funcionamiento de los ecosistemas, las economías de los países y la salud humana (Hernández, 2002; Chacón-Madrugal, 2009). La incapacidad de combatir estas invasiones ha resultado en enormes pérdidas ambientales y económicas en todo el mundo y Costa Rica no es una excepción (Schüttler & Karez, 2008; Chacón-Madrugal, 2009; Roldán-Chacón, 2010; Lobo-Cabezas, 2012; Vargas-Alpizar, 2018).

El movimiento de una especie más allá de su límite original de distribución ha formado parte de los procesos naturales de dispersión y colonización de nuevos hábitats (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010; Roldán-Chacón, 2010). Con el paso de los años, aunado al incremento de la población, sus desplazamientos y actividades, se han aumentado la frecuencia, el número y la diversidad de organismos exóticos que son transportados y que pueden establecerse en nuevas áreas (Lowe et al., 2004; Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Por otro lado, el cambio climático global, los cambios en el uso de suelo y la alteración de los ecosistemas son factores incrementan que la vulnerabilidad de hábitats a las invasiones y exacerbaban la dispersión, así como el establecimiento de especies exóticas invasoras (EEI) (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010; Burgiel & Muir, 2010). Dentro de los principales impactos causados por EEI se incluyen afectaciones al medio ambiente, salud humana, economía y actividades humanas (Anexo 3: Cuadro 3; García, Ramírez & Ruiz, 2014; Alonso & Castro-Diez, 2015).

Se le denomina invasión biológica al proceso a través del cual las especies exóticas se convierten en EEI. Dicho proceso es dinámico no lineal y una vez iniciado puede perpetuarse por sí mismo pasando o deteniéndose en una de las cuatro fases principales: transporte, introducción, establecimiento y dispersión (Anexo 4: Figura 1, Blackburn et al., 2011; Mendoza & Koleff, 2014; SINAC, 2018). Existe una serie de barreras o filtros que impiden que las especies progresen de una fase a otra (10% de las especies llegan a progresar de una fase a la siguiente), por lo que se considera que la mayoría de las invasiones fracasan (Mendoza & Koleff, 2014).

En resumen para que una especie exótica introducida a un nuevo ambiente se vuelva invasora debe atravesar dos filtros: uno biogeográfico (solventado las introducciones mediadas por humanos) y otro biológico, determinado por sus propias características biológicas y las del ecosistema receptor (Capdevila-Argüelles, Zilletti & Suárez-Álvarez, 2013). Más detalle sobre el proceso de invasión biológica se encuentra en el Anexo 4.

Existen diversas hipótesis que contribuyen a explicar el éxito de las especies exóticas (Capdevila-Argüelles, Zilletti & Suárez-Álvarez, 2013). No obstante, las hipótesis que toman en cuenta las interacciones entre EEI con su región receptora (complejo de invasión, nuevas armas, escape de enemigos naturales) encuentran mayor apoyo en pruebas empíricas que las otras (resistencia biótica, susceptibilidad de las islas).

Las especies altamente invasoras generalmente poseen una o más características en común (Mendoza & Koleff, 2014). Las tasas de crecimiento y reproducción elevadas conllevan a una monopolización eficaz de recursos, por ende a un desplazamiento de las especies nativas por competencia (Mendoza & Koleff, 2014). De la misma manera se explica el éxito de organismos partenogénicos.

La flexibilidad y la plasticidad fenotípica es un factor que le permite a muchas especies aclimatarse mejor a condiciones ambientales nuevas o cambiantes. Por último, las especies que tiene facilidad para la hibridación, permitiéndoles aumentar su variabilidad genética y constituir poblaciones estables en áreas nuevas a partir de unos pocos ejemplares introducidos (Mendoza & Koleff, 2014). Entonces, los factores que influyen en el éxito de invasión difieren entre especies y taxones.

Con respecto a los ecosistemas acuáticos, se han reportado como uno de los más vulnerables a la presencia de EEI (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Se estima que la tasa de extinción en los ambientes acuáticos, particularmente en los dulceacuícolas, es cinco veces mayor que en los ambientes terrestres (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Además, se ha determinado que las EEI están asociadas con la extinción de 50% de las especies de fauna acuática dulce en el mundo, y por ello deben estar entre los temas más importantes en el manejo de las áreas protegidas y de otras áreas dedicadas a la conservación (García, Ramírez & Ruiz, 2014).

La introducción de EEI en los ecosistemas acuáticos continentales se ha asociado con una gran variedad actividades humanas que introducen dichas especies de manera intencional y/o involuntaria (Anexo 3: Cuadro 4). Está relacionada principalmente con el desarrollo de actividades productivas como lo son la acuicultura y la pesca deportiva en que se utiliza una amplia diversidad de especies pertenecientes principalmente a los grupos de peces, moluscos y crustáceos (Sarat, Mazaubert, Dutartre, Poulet & Soubeyran, 2015).

En el Anexo 3: Cuadro 5, se presenta un listado de las EEI más dañinas presentes en aguas continentales a nivel mundial (según Lowe et al., 2004) y sus principales rutas de introducción.

A las langostas de agua dulce se les conoce con diferentes nombres a nivel mundial (por ejemplo: acociles, cigalas, cangrejos de agua dulce) y se distribuyen en todos los continentes (exceptuando el Antártico), con focos de diversidad en la región Neártica y Australasiática (Figura 2, Crandall & Buhay, 2008). Para el 2008, se reportaron más de 640 especies de langostas de agua dulce dentro de 34 géneros pertenecientes a tres familias (Cambaridae, Astacidae y Parastacidae) (Crandall & Buhay, 2008).

Las langostas de agua dulce se pueden encontrar en cuevas, madrigueras, arroyos, lagos y algunas construyen madrigueras lo suficientemente profundas en hábitats terrestres donde el nivel freático o la lluvia son suficientes para proporcionar la humedad necesaria para sobrevivir. Se consideran elementos clave de ambientes acuáticos, pero se ha reportado a algunas especies como invasoras causando daños impresionantes en los hábitats de agua dulce (Anexo: Cuadro 5) (Crandall & Buhay, 2008).

En Costa Rica, existe gran diversidad de decápodos dulceacuícolas pertenecientes a tres familias: Palaemonidae (langostinos o camarones de río), Atyidae (burras o maruchas) y Pseudothelphusidae (cangrejos) (Lara-Hernández, 2009). No existen especies nativas de langostas de agua dulce, las especies *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (familia Cambaridae) y *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (familia Parastacidae) fueron introducidas en Costa Rica con fines de cultivo en los años 60s y 80s, respectivamente. Información detallada sobre estas dos especies se elabora en la sección de Desarrollo (página 47).

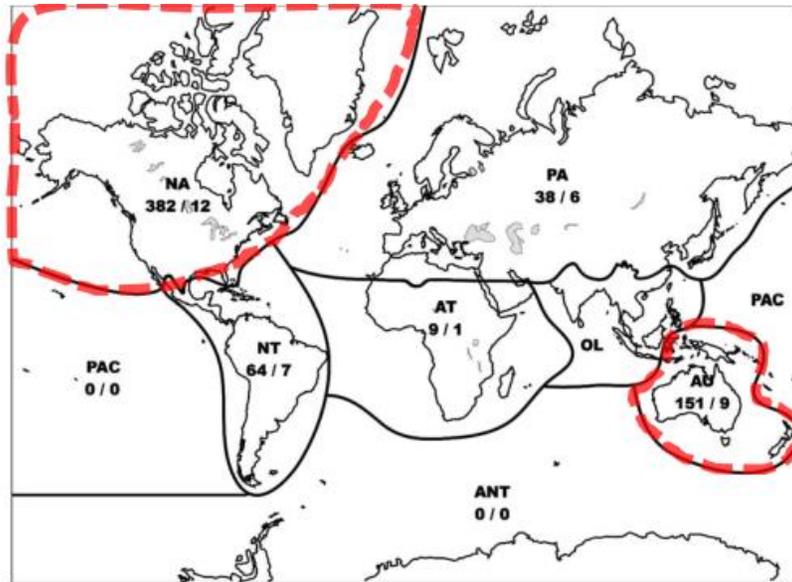


Figura 2. Distribución geográfica de la diversidad mundial de cangrejos de agua dulce (número de especies/número de géneros). Abreviaciones de las regiones: PA–Palaeártica; NA–Neártica; NT–Neotropical; AT–Afrotropical; OL–Oriental; AU–Australasiática; PAC–Islas Oceánicas del Pacífico; ANT–Antártica. En rojo focos de diversidad. Fuente: Modificado de Crandall & Buhay (2008).

1.2. Problemática

Las especies exóticas invasoras son la segunda causa de extinciones de especies en el mundo, después de la destrucción del hábitat (Lowe et al., 2004). Las langostas de agua dulce poseen un alto potencial invasor debido a su capacidad de adaptación a diferentes ambientes, dietas generalistas y desarrollo directo (la fase larval se desarrolla dentro del huevo, del cual eclosionan directamente los juveniles) (Crandall & Buhay, 2008). Estas características han facilitado su invasión en Sudáfrica, México, Japón, Italia, la Península Ibérica y Estados Unidos de América donde han mostrado efectos negativos sobre la fauna nativa de los ecosistemas acuáticos (Global Invasive Species Database, 2018; CABI, 2018). Dentro de los efectos negativos se pueden encontrar extinciones locales de crustáceos nativos, modificación de las comunidades de invertebrados acuáticos, depredación de moluscos, anfibios y peces, transmisión de enfermedades y enturbiamiento del agua (Crandall & Buhay, 2008).

Con respecto a los ecosistemas acuáticos, se han reportado como uno de los más vulnerables a la presencia de EEI (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Se ha determinado que las EEI están asociadas con la extinción de 50% de las especies de fauna acuática dulce en el mundo, y por ello deben estar entre los temas más importantes en el manejo de las áreas protegidas y de otras áreas dedicadas a la conservación (García, Ramírez & Ruiz, 2014).

Las langostas exóticas *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus*, con comportamiento invasor a nivel mundial, fueron introducidas en Costa Rica hace más de 30 años. En la actualidad a nivel nacional no existe información básica que facilite el manejo de dichas especies. Esta situación es muy preocupante considerando los impactos documentados en la literatura sobre la introducción de esta dos especies de langostas exóticas y las actividades para cultivar *Cherax quadricarinatus* en Costa Rica (UTN, 2016).

Aunado a dicha falta de información, existe poca conciencia en la sociedad costarricense sobre la existencia de especies exóticas invasoras, los efectos de la introducción de especies y sobre cómo un mal manejo de las especies exóticas podrían afectar los ecosistemas, la economía y sociedad. Entonces, la falta promoción de acciones de educación ambiental específicas y de divulgación son los principales limitantes para abordar el manejo de especies exóticas invasoras en el país. Por otro lado, tampoco existe información detallada y práctica para que utilicen los gestores de ASP y así poner en marcha de manera rápida acciones de gestión y de cuantificación de los impactos ambientales, económicos y sociales que genera la presencia de estas dos especies de langosta en nuestro país (Dana et al., 2011).

1.3. Justificación del problema

Debido a que las especies exóticas son la segunda causa de extinción de especies, a nivel internacional existen diferentes directrices para que los Estados adopten medidas para erradicar, contener y controlar para mitigar los efectos perjudiciales de las especies exóticas invasoras (Ley N° 7416, 1994). En Costa Rica, el Sistema

Nacional de Áreas Conservación (SINAC) es el encargado de “dictar políticas, planificar y ejecutar procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales de Costa Rica” (Ley N° 7788, 1994).

Específicamente, en la Ley de Conservación de Vida Silvestre se indica que el SINAC “*es el órgano competente en materia de planificación, desarrollo y control de la vida silvestre*”, así mismo indica que “*los organismos exóticos declarados como silvestres por el país de origen, los organismos cultivados o criados y nacidos en cautiverio provenientes de especímenes silvestres, sus partes, productos y derivados son considerados vida silvestre y regulados por ley*” (Ley N° 7317, 1992).

Además, dentro de las Políticas del Sistema Nacional de Áreas Conservación (SINAC), con el fin desarrollar sistemas en las Áreas de Conservación (AC) que impulsen el manejo, control y protección basado en criterios científicos y de investigación aplicada; tiene el siguiente lineamiento estratégico: “*identificar, controlar y manejar las especies invasoras en las Áreas Silvestres Protegidas*” (SINAC-MINAET, 2010).

Es por ello que dentro de Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025 (ENB2) se tiene como meta global “*caracterizar las especies invasoras de mayor amenaza y se establecerán medidas para erradicarlas y/o prevenir su introducción*” (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016). Así mismo, esta meta global tiene dos objetivos: (A) Identificar, evaluar y priorizar las especies invasoras que existen y las que tienen potencial impacto en el país y (B) Mejorar los controles para la prevención del ingreso de especies exóticas invasoras (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016). Esto debido a que una de las principales causas de pérdida y deterioro de biodiversidad es el surgimiento de especies invasoras (exóticas o nativas con sobrepoblación) que a su vez se vinculan con aspectos económicos, sociales-demográficos e institucionales/del marco legal y político (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016).

Además, la Estrategia Nacional de Investigación tiene dentro de su primera área temática (Estado de la biodiversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos) la meta de enfocarse en la investigación sobre especies invasoras y oportunistas. Con esto se pretende identificar “*las especies invasoras y oportunistas y sus efectos sobre la dinámica natural de los ecosistemas que están invadiendo, considerando ecosistemas dentro y fuera de las ASP y sugiriendo acciones de control y eliminación de estas especies en los ecosistemas*” (SINAC, 2014b).

Entonces, es indispensable generar información detallada que sea suficientemente práctica como para poner en marcha de manera rápida acciones de gestión. Por esta razón, la elaboración de una guía para la identificación de las especies en el campo es una herramienta básica e indispensable para que los gestores de Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y Áreas de Conservación (AC) puedan detectar la presencia de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*.

El protocolo de monitoreo, permitirá establecer una estructura para el monitoreo de estas dos especies en las de ASP y AC. Mientras que un folleto informativo sobre las langostas *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* es una herramienta que llena un vacío que existe actualmente en Costa Rica. Este elemento permitiría fortalecer a las comunidades y utilizar un enfoque participativo para asegurar el control y el manejo.

Por lo tanto, los productos de este trabajo final de graduación será de gran ayuda para que los gestores de Áreas Silvestres Protegidas y Áreas de Conservación puedan adoptar acciones adecuadas hacia el manejo *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*.

1.4. Supuestos

- Se cuenta con suficiente información para proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.
- Se cuenta con el expertis suficiente para diseñar una guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*.
- Se cuenta con suficiente información para elaborar un protocolo para el monitoreo participativo de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* el cual sería dirigido al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica

1.5. Restricciones

- Dificultad en obtener toda la información necesaria para determinar el estado de invasión en que se encuentran las langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.
- Dificultad en obtener toda la información necesaria para realizar el análisis de riesgo para las langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.
- El INCOPECA no posee protocolos para el análisis de riesgo de especies exóticas para ser desarrollados antes de otorgar los permisos de cultivo.
- Falta de claridad legal en cuanto a la competencia de las instituciones del estado involucradas en manejar las langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.
- Tiempo limitado para la realización propuesta de plan de manejo para las langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) y *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.

1.6. Objetivo general

Desarrollar una propuesta de herramientas técnicas para el manejo de las langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) y *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) el cual será dirigido al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.

1.7. Objetivos específicos

- Diseñar una guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.
- Elaborar un protocolo para el monitoreo participativo de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* el cual será dirigido al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.
- Proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.

2. MARCO TEORICO

2.1. Marco referencial o institucional

2.1.1. Antecedentes de la Institución

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), fue creado en 1998, como un órgano desconcentrado y participativo que integra las competencias en materia forestal (Administración Forestal del Estado), vida silvestre (Dirección general de Vida Silvestre), áreas silvestres protegidas (Servicio de Parque Nacionales) y conservación del uso de cuencas hidrográficas y sistemas hídricos, con el fin de dictar políticas, planificar y ejecutar procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad de los recursos naturales (Art. 22, Ley 7788, 1998). Es la dependencia responsable de dictar políticas, planificar y ejecutar los procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales de Costa Rica (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016). Las competencias del SINAC se pueden resumir en:

Materia de biodiversidad. La Ley de Biodiversidad N° 7788 tiene como objetivo conservar la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos (incluye la protección y conservación del uso de cuencas hidrográficas y sistemas hídricos), así como distribuir en forma justa los beneficios y costos derivados. Establece que el Estado debe poner atención prioritaria a la protección y consolidación de las áreas silvestres protegidas estatales que se encuentran en las AC, por lo cual el MINAE y el Ministerio de Hacienda (MH), en forma conjunta, deben asegurar, al menos, el personal y los recursos necesarios que determine el SINAC para la operación e integridad de las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) estatales (Art. 61, Ley 7788, 1998). La responsabilidad del SINAC en esta materia es compartida con la Comisión para la Gestión de la Biodiversidad (CONAGEBIO), creada igualmente en la Ley de Biodiversidad (Ley 7788, 1998). Además se especifican los siguientes objetivos (Art. 10, Ley 7788, 1998):

- a) Integrar la conservación y el uso sostenible de los elementos de la biodiversidad en el desarrollo de políticas socioculturales, económicas y ambientales.

- b) Promover la participación activa de todos los sectores sociales en la conservación y el uso ecológicamente sostenible de la biodiversidad, para procurar la sostenibilidad social, económica y cultural.
- c) Promover la educación y la conciencia pública sobre la conservación y la utilización de la biodiversidad.
- d) Regular el acceso y posibilitar con ello la distribución equitativa de los beneficios sociales ambientales y económicos para todos los sectores de la sociedad, con atención especial a las comunidades locales y pueblos indígenas.
- e) Mejorar la administración para una gestión efectiva y eficaz de los elementos de la biodiversidad.
- f) Reconocer y compensar los conocimientos, las prácticas y las innovaciones de los pueblos indígenas y de las comunidades locales para la conservación y el uso ecológicamente sostenible de los elementos de la biodiversidad.
- g) Reconocer los derechos que provienen de la contribución del conocimiento científico para la conservación y el uso ecológicamente sostenible de los elementos de la biodiversidad.
- h) Garantizarles a todos los ciudadanos la seguridad ambiental como garantía de sostenibilidad social, económica y cultural.
- i) No limitar la participación de todos los sectores en el uso sostenible de los elementos de la biodiversidad y el desarrollo de la investigación y la tecnología.
- j) Promover el acceso a los elementos de la biodiversidad y la transferencia tecnológica asociada.
- k) Fomentar la cooperación internacional y regional para alcanzar la conservación, el uso ecológicamente sostenible y la distribución de beneficios derivados de la biodiversidad, especialmente en áreas fronterizas o de recursos compartidos.
- l) Promover la adopción de incentivos y la retribución de servicios ambientales para la conservación, el uso sostenible y los elementos de la biodiversidad.

m) Establecer un sistema de conservación de la biodiversidad, que logre la coordinación entre el sector privado, los ciudadanos y el Estado, para garantizar la aplicación de esta ley.

Materia de áreas silvestres protegidas. La Ley N° 6084 “Ley de Creación del Servicio de Parques Nacionales” en su artículo 1, crea el Servicio de Parques Nacionales (SPN) del Ministerio de Agricultura y Ganadería. La ley No 7152, traslada el servicio de Parques Nacionales al MINAE que tendrá como función específica el desarrollo y administración de los parques nacionales para la conservación del patrimonio natural del país. Al SPN le corresponde el estudio de las áreas del territorio nacional aptas para la preservación de la flora y la fauna autóctonas, para el establecimiento de parques nacionales.

Materia de vida silvestre. La Ley N° 7317 “Ley de Conservación de la Vida Silvestre” crea la Dirección General de Vida Silvestre, No. 7317 (con la Ley No.9106, publicada en la Gaceta No. 78, Alcance No. 75 del 24 de abril del 2013 se efectúa algunas modificaciones), la cual tiene como finalidad establecer regulaciones sobre este tema. La vida silvestre está conformada por la fauna continental e insular que vive en condiciones naturales, temporales o permanentes, en el territorio nacional y la flora que vive en condiciones naturales en el país. Estas únicamente pueden ser objeto de apropiación particular y de comercio, mediante las disposiciones contenidas en los tratados públicos, en los convenios internacionales, en la presente ley y en su reglamento.

Materia forestal. La Ley N° 7575 “Ley Forestal” del año 1996, crea la Administración Forestal del Estado y establece como función esencial y prioritaria del Estado, velar por la conservación, protección y administración de los bosques naturales y por la producción, el aprovechamiento, la industrialización y el fomento de los recursos forestales del país destinados a ese fin, de acuerdo con el principio de uso adecuado y sostenible de los recursos naturales renovables. Además, velara por la generación de empleo y el incremento del nivel de vida de la población rural, mediante su efectiva incorporación a las actividades silviculturales.

El SINAC dispone de un Plan de Acción (2013 – 2017) (SINAC-MINAET, 2012) y de un Plan Estratégico 2016-2026 (SINAC, 2015) dentro de los cuales se definen los

temas estratégicos coherentes con la misión, visión del SINAC como líneas sustantivas de desarrollo del plan.

2.1.2. Misión y visión

Misión:

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de Costa Rica gestiona integralmente la conservación y manejo sostenible de la vida silvestre, los recursos forestales, las áreas silvestres protegidas, cuencas hidrográficas y sistemas hídricos, en coordinación con otras instituciones y actores de la sociedad, para el bienestar de las actuales y futuras generaciones.

Visión:

Un Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) que lidera la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y los recursos naturales, con gestión participativa y equitativa para mejorar y mantener los servicios ecosistémicos, que contribuya al desarrollo sostenible de Costa Rica.

2.1.3. Estructura organizativa

El artículo 23 de la Ley de Biodiversidad (Ley 7788, 1998), indica que la organización administrativa del SINAC debe de conformarse de la siguiente manera:

1. El Consejo Nacional de Áreas de Conservación (CONAC).
2. La Secretaría Ejecutiva.
3. Las estructuras administrativas de las Áreas de Conservación (AC).
4. Los consejos regionales de Áreas de Conservación (CORAC).
5. Los consejos locales (COLAC).

El máximo jerarca es el Consejo Nacional de Áreas de Conservación (CONAC), presidido por el Ministro del Ministerio Nacional de Ambiente y energía (MINAE) e integrado además, por el Director Ejecutivo del Sistema que actuará como secretario del Consejo, el Director Ejecutivo de la Oficina Técnica de la Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad (CONAGEBIO), los Directores de cada

Área de Conservación (AC) y un representante de cada Consejo Regional de las Áreas de Conservación (CORAC) (Figura 3).

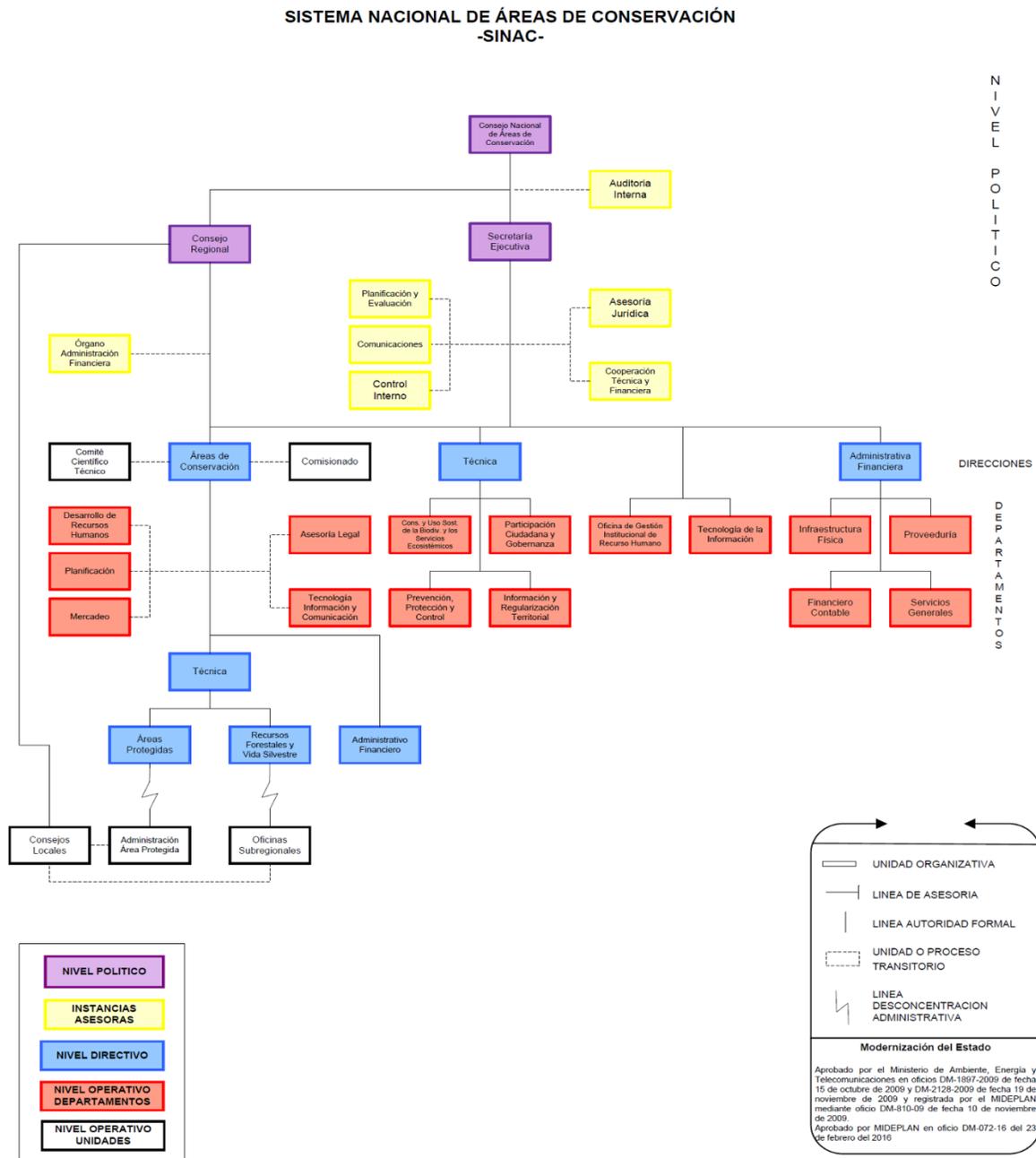


Figura 3. Estructura organizativa del SINAC. Fuente: SINAC (2016)

Actualmente, el SINAC administra un total de 145 ASP bajo diferentes categorías (parques nacionales, reservas biológicas, refugios de vida silvestre, zonas protectoras, monumentos nacionales, reservas forestales, entre otros), distribuidas en 11 Áreas de Conservación, tanto terrestres como marino costeras (Figura 1, Figura 4) (Costa Rica-MINAE-SINAC, 2017).

Cada área de conservación es una unidad territorial del país delimitada administrativamente, regida por una misma estrategia de desarrollo y administración debidamente coordinada con el resto del sector (Art.2, Ley 7788, 1998). Los límites geográficos de cada AC son establecidos por Decreto Ejecutivo, fundamentándose en estudios técnicos que procuren mantener los procesos ecológicos, científicamente identificados, así alcanzar los objetivos del SINAC y de la Ley de Biodiversidad (Decreto 34433-MINAE) reglamento a la Ley de Biodiversidad, Decreto 34433-MINAE (SE-SINAC, 2013).



Figura 4. Áreas de Conservación de Costa Rica. Fuente: Costa Rica-MINAE-SINAC (2017).

2.2. Productos que ofrece

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) tiene nueve Políticas para las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de Costa Rica que tienen como finalidad:

“Consolidar un sistema de Áreas Silvestres Protegidas para la conservación in situ, que sea comprensivo, eficazmente gestionado y ecológicamente representativo de la diversidad biológica del país, por medio del reconocimiento, promoción y fortalecimiento de los diferentes modelos de

gobernanza que garanticen la provisión a largo plazo de bienes y servicios ecosistémicos” (SINAC-MINAET, 2010).

Dentro de dichas políticas se tiene el lineamiento estratégico de “*identificar, controlar y manejar las especies invasoras en ASP*” (Figura 6) (SINAC-MINAET, 2010). Además, el Reglamento de la Ley de Conservación de Vida Silvestre indica que el SINAC debe de determinar si existe un riesgo inminente o potencial a los ecosistemas o especies silvestres nativas, y procederá a realizar la declaratoria de especie exótica invasora. Para que una especie exótica sea declarada como invasora, el SINAC realizará un análisis técnico- científico de la situación de la especie que contendrá una serie es aspectos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Información para el análisis científico-técnico necesario para que una especie sea declarada como invasora Fuente: Art. 31, Decreto Ejecutivo N° 40548 (2017).

INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS CIENTÍFICO-TÉCNICO	
a)	Condición de la especie a nivel mundial.
b)	Ciclo de vida de la especie en su ambiente original.
c)	Comportamiento.
d)	Potencial reproductivo y abundancia de la especie en el sitio donde se detecta la invasión de
e)	la población
f)	Patrones de movimiento y actividad.
g)	Potencial de la especie como depredador, parásito, patógeno de las especies nativas.
h)	Potencial de la especie como competidor por recursos, espacio con las especies silvestres.
i)	Potencial de hibridación con especies silvestres nativas.
j)	Potencial de dispersión a partir del sitio de detección de la población.
k)	Posibles métodos de control de la población para la especie.
l)	Experiencias de manejo de la especie en otros países.
m)	Riesgo potencial de la especie a los ecosistemas o especies silvestres nativas.
n)	Daño potencial en actividades del ser humano o la salud pública.

Una vez que se haya declarado como especie exótica invasora, el SINAC desarrollará un plan de acción para el manejo técnico de la misma basado en el protocolo para el manejo de especies exóticas invasoras.

La propuesta de Protocolo para la atención de Especies Exóticas Invasoras de Costa Rica (SINAC, 2018), tiene por objetivo orientar el proceso de elaboración de

los planes de acción del SINAC, en el caso de aquellas especies que se hayan declarado como invasoras para el país, sea que se encuentren ya en el territorio nacional o que posean un riesgo significativo de ingreso y un alto potencial invasivo.

En dicho protocolo tomando en cuenta las etapas del proceso de invasión biológica (Anexo 4), las personas designadas por el SINAC para elaborar el plan de acción para una determinada especie declarada como invasora, deberán cumplir los siguientes pasos:

1. Determinar la etapa de invasión y la categoría en la que se encuentra la especie declarada como invasora.
2. Redactar el plan de acción tomando como base lo dispuesto para la etapa de invasión en la que se encuentre la especie en cuestión.

Además, el protocolo enlista una serie de acciones que se recomiendan para cada etapa del proceso de invasión biológica (Cuadro 2, Cuadro 3, Cuadro 4 y Cuadro 5).

Cuadro 2. Acciones sugeridas para la Categoría A correspondiente a la etapa de transporte.

Fuente: SINAC (2018)

ACCIONES
<p>A1. Producir y divulgar información para todo público sobre los potenciales efectos negativos de la introducción o llegada de la especie al país, así como información sobre los mecanismos para evitar su entrada.</p> <p>A2. Para aquellas especies con riesgo de entrada a través de importaciones, el SINAC debe emitir la prohibición de importar al país la especie en cuestión, o de aquellos especímenes de especies que figuren como portadores u hospederos.</p> <p>A3. Identificar las potenciales vías de ingreso, así como reconocer si el ingreso podría ser accidental, intencional o producto del libre desplazamiento de la especie, para así proceder a idear, proponer y ejecutar los mecanismos idóneos y legalmente viables que impidan la entrada de la especie invasora al país .</p> <p>A4. Elaborar mapas de distribución potencial de la especie invasora en el país, para predecir las zonas con riesgo de afectación ante una potencial invasión y así desarrollar un sistema de alerta temprana.</p> <p>A5. Establecer mecanismos de colaboración regional, con los países vecinos que ya poseen esta especie, para procurar en un esfuerzo conjunto la contención de la invasión y evitar la propagación e ingreso al país.</p> <p>A6. Desarrollar programas permanentes de monitoreo, control y cuarentena dirigidos a la especie en cuestión, en los puertos marítimos, aeropuertos, comunidades y puestos fronterizos, y aduanas en general, según corresponda.</p> <p>A7. Realizar acciones de coordinación necesaria a nivel nacional o internacional, según los incisos a), K) y ñ) del artículo 7 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre.</p>

Cuadro 3. Acciones sugeridas para la Categoría B correspondiente a la etapa de introducción. Fuente: SINAC (2018)

ACCIONES		
<p>Bs1. Producir y divulgar información para todo público sobre los efectos negativos del escape, establecimiento y dispersión de la especie invasora y de la necesidad de evitar toda reintroducción en el caso de la categoría B3. Bs2. Identificar todas las posibles rutas de introducción, así como identificar si la introducción es accidental, intencional o producto del libre desplazamiento de la especie, para así proceder a idear, proponer y ejecutar los mecanismos idóneos que impidan su llegada, y bajar o eliminar la presión por propágulos. Bs3. El SINAC prohibirá la importación al país de la especie en cuestión, o de aquellos especímenes de especies que figuren como portadores u hospederos, según los artículos 172 y 173 del RLCVS. Bs4. Garantizar la investigación respecto a los efectos de la especie invasora en el país, recurriendo para ello a los medios y socios estratégicos que sean necesarios. Bs5. Coordinar con otras Áreas de Conservación donde se encuentre la especie para aplicar de forma conjunta las acciones de la categoría correspondiente, según los incisos a), k) y ñ) del artículo 7 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre. Bs6. Realizar acciones de coordinación necesaria a nivel nacional o internacional, según los incisos a) y ñ) del artículo 7 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, si el caso lo amerita.</p>		
CATEGORÍA B1	CATEGORÍA B2	CATEGORÍA B3
<p>B1a. Elaborar junto con cada centro de cautiverio un plan de bioseguridad y respuesta rápida, para prevenir y, de ser necesario, contener el escape de la especie invasora.</p>	<p>B2a. Aplicar fuertes medidas de erradicación de todos los individuos en todos los centros de cultivo o crianza. B2b. En caso de no lograr la total erradicación de la especie invasora, aplicar meticulosas medidas de control reproductivo y estrictas barreras de contención, o su translocación a un centro de cautiverio estricto, suspendiendo el comercio de la especie y pasando a ejecutar las acciones de la categoría B1.</p>	<p>B3a. Aplicar fuertes medidas de erradicación de todos los individuos de la especie exótica en toda el área donde se encuentre. B3b. En caso de no lograr la total erradicación de los individuos de la especie invasora, se deben ejecutar meticulosas medidas de control reproductivo o implementar estrictas barreras de contención, según las posibilidades técnicas. Sin perder el objetivo de continuar eliminando individuos invasores.</p>
<p>B1b. Corroborar en el campo la aplicación del plan de bioseguridad en el o los centros de cautiverio de la especie invasora.</p>	<p>B2c. Monitorear la efectiva erradicación o contención de la especie invasora, durante varios ciclos reproductivos, o en algunos casos como plantas, hasta que se exceda el período de viabilidad reproductiva de los individuos</p>	<p>B3c. Monitorear la efectiva erradicación o contención de la especie invasora, durante varios ciclos reproductivos, o en algunos casos como plantas, hasta que se exceda el período de viabilidad reproductiva de los individuos. B3d. Identificar las vías de ingreso de la especie invasora, además determinar si el ingreso podría ser accidental o intencional, para idear, proponer y ejecutar a la mayor brevedad posible, los mecanismos idóneos y legalmente viables que impidan la reintroducción de la especie invasora.</p>

Cuadro 4. Acciones sugeridas para la Categoría C correspondiente a la etapa de establecimiento. Fuente: SINAC (2018)

ACCIONES			
<p>Cs1. Producir y divulgar información para todo público sobre los efectos negativos del escape, establecimiento y dispersión de la especie invasora y de la necesidad de detener toda reintroducción.</p> <p>Cs2. Coordinar con otras Áreas de Conservación donde se encuentre la especie para aplicar de forma conjunta las acciones de la categoría correspondiente, según los incisos a), k) y ñ) del artículo 7 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre.</p> <p>Cs3. Identificar todas las posibles rutas de introducción, así como identificar si la introducción es accidental, intencional o producto del libre desplazamiento de la especie, para así proceder a idear, proponer y ejecutar los mecanismos idóneos que impidan su llegada, y bajar o eliminar la presión por propágulos.</p> <p>Cs4. Monitorear la efectiva erradicación o contención de la especie invasora, durante varios ciclos reproductivos, o en algunos casos como plantas, hasta que se exceda el período de viabilidad reproductiva de los individuos o semillas.</p> <p>Cs5. Según sea el caso, se deben establecer mecanismos de colaboración regional, con los países vecinos que también poseen la especie invasora, para procurar en un esfuerzo conjunto la contención de la invasión, evitar la propagación o lograr la erradicación, según los incisos a) y ñ) del artículo 7 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre.</p> <p>Cs6. Garantizar la investigación respecto a los efectos de la especie invasora en el país, recurriendo para ello a los medios y socios estratégicos que sean necesarios.</p> <p>Cs7. Generar y establecer mecanismos de prevención, detección y respuesta rápida, en caso de reintroducción, propagación o liberación de la especie.</p>			
CATEGORÍA C0	CATEGORÍA C1	CATEGORÍA C2	CATEGORÍA C3
<p>C0a. Solamente si existe muy baja incertidumbre sobre la incapacidad de supervivencia de la especie en la localidad de introducción y otras zonas del país, aledañas o no, y hay muy alta probabilidad de que la erradicación ocurra natural y automáticamente en los meses posteriores y en menos de un año, el plan de acción podrá centrarse en las acciones arriba establecidas para todas las categorías de esta etapa. De lo contrario, al existir, aunque sea una mínima sospecha sobre la capacidad reproductiva o de hibridación con individuos de otras especies o subespecies nativas o exóticas, se procederá a realizar la eliminación de los individuos, mediante las técnicas más efectivas y menos impactantes sobre las poblaciones locales y el ecosistema. Si se comprueba la incapacidad técnica, jurídica o económica para lograr la completa eliminación, se procederá con medidas de control y contención de todos los individuos de la especie.</p>	<p>C1a. Solamente si existe muy baja incertidumbre sobre la incapacidad de reproducción de la especie, ya sea con su misma especie o mediante hibridación con especies nativas o con otras exóticas introducidas, en la localidad de introducción y otras zonas del país, aledañas o no, el plan de acción podrá centrarse en fuertes acciones de contención, hasta pasar a la categoría B1. De lo contrario, al existir, aunque sea una mínima sospecha sobre la capacidad reproductiva o de hibridación con individuos de otras especies o subespecies nativas o exóticas, se procederá a realizar la eliminación de los individuos, mediante las técnicas más efectivas y menos impactantes sobre las poblaciones locales y el ecosistema. Si se comprueba la incapacidad técnica, jurídica o económica para lograr la completa eliminación, se procederá con medidas de control y contención de todos los individuos de la especie.</p>	<p>C2a. Dada la certidumbre de que especie se está reproduciendo o hibridando no resulta necesario comprobar si la población es viable o no, para proceder a eliminar todos los individuos mediante las técnicas más efectivas y menos impactantes sobre poblaciones locales o el ecosistema. Si se comprueba la incapacidad técnica, jurídica o económica para lograr la completa eliminación, se procederá con fuertes medidas de control y contención de todos los individuos de la especie.</p>	<p>C3a. Dada la certidumbre de que especie se está reproduciendo o hibridando en estado silvestre, no resulta necesario comprobar si la población es auto-sostenible o no para proceder a eliminar todos los individuos a la mayor brevedad posible, esto mediante las técnicas más efectivas y menos impactantes sobre poblaciones locales y el ecosistema. Si se comprueba la incapacidad técnica, jurídica o económica para lograr la completa eliminación, se procederá con fuertes medidas de control y contención de todos los individuos de la especie.</p>

Cuadro 5. Acciones sugeridas para la Categorías D y E correspondientes a las etapas de dispersión e invasión. Fuente: SINAC (2018)

CATEGORÍA	ACCIONES
CATEGORÍA D (DISPERSIÓN)	<p>Ds1. Producir y divulgar información para todo público sobre los efectos negativos del escape, establecimiento y dispersión de la especie invasora, y de la necesidad de detener toda reintroducción.</p> <p>Ds2. SINAC prohibirá la importación al país de la especie, o de aquellos productos u otras especies que se comprueben como portadores u hospederos, según el artículo 172 del RLCVS.</p> <p>Ds3. Identificar todas las posibles vías de ingreso, así como reconocer si la introducción es accidental, intencional o producto del libre desplazamiento de la especie, para así proceder a idear, proponer y ejecutar los mecanismos idóneos que impidan su llegada, y bajar o eliminar la presión por propágulos.</p> <p>Ds4. Establecer, según sea el caso, mecanismos de colaboración regional, con los países vecinos que también poseen la especie invasora, para procurar en un esfuerzo conjunto la contención de la invasión, evitar la propagación o lograr la erradicación, según los incisos a) y ñ) del artículo 7 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre.</p> <p>Ds5. Identificar la totalidad de sitios donde la especie ha logrado dispersarse, por medio de entrevistas a actores locales y validación en el campo, muestreos intensivos en el campo o mediante informes de investigadores, para ejecutar las acciones de gestión de la especie en toda su zona de distribución, o en puntos claves que impidan que la especie continúe dispersándose.</p> <p>Ds6. Eliminar todos los individuos de la especie invasora, mediante las técnicas más efectivas y menos impactantes sobre poblaciones locales y el ecosistema. Si se comprueba la incapacidad técnica, jurídica o económica para lograr la completa eliminación, se procederá con fuertes medidas de control y contención de todos los individuos de la especie.</p> <p>Ds7. Monitorear la efectiva erradicación o contención de la especie invasora, durante varios ciclos reproductivos, o en algunos casos como plantas, hasta que se exceda el período de viabilidad reproductiva de los individuos o semillas.</p> <p>Ds8. Garantizar la investigación respecto a los efectos de la especie invasora en el país, recurriendo para ello a los medios y socios estratégicos que sean necesarios.</p>
CATEGORÍA E (INVASIÓN)	<p>E1. Producir y divulgar información para todo público sobre los efectos negativos del escape, establecimiento y dispersión de la especie invasora y de la necesidad de detener toda reintroducción.</p> <p>E2. SINAC prohibirá la importación al país de la especie o de aquellos productos u otras especies que figuren como portadores u hospederos, según los artículos 172 y 173 del RLCVS.</p> <p>E3. Identificar todas las posibles vías de ingreso, así como reconocer si la introducción es accidental, intencional o producto del libre desplazamiento de la especie, para así proceder a idear, proponer y ejecutar los mecanismos idóneos que impidan su llegada, y bajar o eliminar la presión por propágulos.</p>

2.3. Marco Jurídico

Costa Rica cuenta con un marco jurídico y regulatorio tanto nacional como internacional, con respecto al tema de las especies exóticas invasoras de agua dulce (SINAC, 2018). Con respecto al ámbito internacional las principales regulaciones son: Convenio sobre Diversidad Biológica y sus anexos (Ley N°4716, 1994).y la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención Ramsar) (Ley N° 7224, 1991).

En el ámbito nacional las principales regulaciones con respecto a EEI son: Ley de Conservación de Vida Silvestre (Ley N° 7317, 1992) y la Ley de Pesca y Acuicultura

(Ley N° 8436), con sus respectivos reglamentos (DE-40548, 2017; DE-36782, 2011).

Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB).

El CDB fue firmado en la Cumbre de Río de Janeiro de 1992, y posteriormente ratificado por Costa Rica en 1994. En este Convenio, en el artículo 8, inciso h) solicita a las partes contratantes que impidan la introducción, controlen o erradiquen las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies en sus territorios: *“h) Impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies”*.

Con el fin de cumplir lo establecido en el inciso anterior en la Sexta Reunión de la Conferencia de las Partes (COP-6) se tomó la decisión VI/23. En esta decisión, después de considerar el estado, los impactos y las tendencias de las especies exóticas que amenazan los ecosistemas, los hábitats y las especies (CDB, 2001) se emiten 15 Principios de orientación. Dichos principios tienen el propósito de ayudar a los gobiernos a luchar contra las especies invasoras como un componente integrante de la conservación y del desarrollo económico, mediante una orientación clara y serie de metas que deben alcanzarse (CBD, 2002).

Dentro de sus disposiciones generales se indica que debido que no se pueden predecir los impactos sobre la diversidad biológica de las EEI, los esfuerzos por identificar, impedir introducciones deben de basarse en el enfoque precautorio y ecosistémico (CBD, 2002). Posteriormente, se insta a las partes a adoptar medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo de ser fuente potencial de EEI.

De forma complementaria, se insta a fomentar la educación y la sensibilización del público, así como después de detectada una EEI, adoptar medidas para la erradicación, contención y control con el fin de mitigar los efectos perjudiciales de estas. Las medidas adoptadas, deben de utilizar técnicas inocuas para los seres humanos, el medio ambiente y la agricultura, y también deben ser éticamente

aceptables para los interesados de las zonas afectadas por las especies exóticas invasoras (CBD, 2002).

Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención Ramsar).

Costa Rica ratificó la Convención Ramsar en 1991 (Ley N° 7224, 1991). Posteriormente, en la Séptima Reunión de la Conferencia de las Partes (COP-7) se tomó la decisión VII.13, en que se reconoce la necesidad de fortalecer una mayor coordinación institucional entre organizaciones internacionales, como por ejemplo Convención Ramsar (CDB, 2004).

Con esto se instan a los Estados a abordar los problemas que presentan las especies invasoras en los ecosistemas de humedal, de manera decidida e integral (SINAC, 2018). Dicho mandato incluye no solo a los Humedales Protegidos de Importancia Internacional, sino también a todos los ecosistemas de este tipo en el territorio de los signatarios. De igual manera, los exhorta a preparar un inventario de especies exóticas en los humedales, y a evaluarlas para dar prioridad a las que representen una amenaza para su salud y equilibrio (SINAC, 2018).

Ley de Conservación de Vida Silvestre (LCVS) (Ley N°7317, 1992) sus modificaciones (Ley N°9106, 2013) y su Reglamento (Decreto Ejecutivo N°40548, 2017)

La LCVS fue aprobada en 1992, con la finalidad de establecer las regulaciones sobre la vida silvestre. Posteriormente fue aprobada su reforma (Ley N°9106, 2013) y su reglamento (Decreto Ejecutivo N°40548, 2017). A continuación se enlistan los aspectos vigentes de estas regulaciones.

Se considera que:

“los organismos exóticos declarados como silvestres por el país de origen, los organismos cultivados o criados y nacidos en cautiverio provenientes de especímenes silvestres, sus partes, productos y derivados son considerados

vida silvestre y regulados por ley. La vida silvestre únicamente puede ser objeto de apropiación particular y de comercio, mediante las disposiciones contenidas en los tratados públicos, los convenios internacionales, esta ley y su reglamento” (Art. 1, Ley N°7317, 1992).

El SINAC, es el órgano competente en materia de planificación, desarrollo y control de la flora y de la fauna silvestres del país. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la LCVS no aplica para especies que formen parte de costumbres tradicionales sin fines de lucros dentro de los territorios de pueblos indígenas, especies de interés pesquero y/o acuícola, especies forestales, especies exóticas ornamentales y sitios de manejo *ex situ*:

“...Quedan excluidos del ámbito de este reglamento el ejercicio de la pesca continental e insular y las regulaciones sobre Refugios de Vida Silvestre, los cuales se regirán según lo establecido en el Decreto Ejecutivo 32633-MIINAE. Se excluyen también los aspectos relativos al manejo y conservación de especies de interés pesquero o acuícola según lo establecido en la LCVS.

El presente reglamento no aplicará a las especies forestales, los viveros forestales, los procesos de reforestación, el manejo y la conservación de bosques y los sistemas agroforestales, cuya regulación específica se establece en la Ley Forestal N° 7575.

*Los individuos de especies exóticas ornamentales se excluyen de la aplicación de la LCVS y este reglamento por tratarse de especies de compañía, decorativas o domésticas. Los listados de especies exóticas ornamentales serán elaborados por SINAC, SENASA y SFE, y serán de acceso público a través de las páginas web institucionales correspondientes. Los sitios de manejo tipo herbarios, museos naturales, bancos de germoplasma, ceparios y otras colecciones *ex situ* por el acceso actual o potencial a los recursos genéticos serán regulados por la Ley de Biodiversidad y sus reglamentos” (Arts. 1, 165, 167, Decreto Ejecutivo N°40548, 2017).*

Se define a una especie exótica invasora como:

"Aquella que al introducirse en sitios fuera de su ámbito de distribución geográfica natural coloniza los ecosistemas y su población llega a ser abundante, siendo así un competidor, predador, parásito o patógeno de las especies silvestres nativas. Se convierte en un agente de cambio de hábitat y tiene un efecto negativo sobre la diversidad biológica. Se considera invasora también a aquellas especies exóticas cuyas poblaciones llegan a ser abundantes y producen un daño en las actividades del ser humano o la salud humana" (Art. 2, Ley N°9106, 2013).

Adicionalmente el Reglamento a la LCVS define dos tipos de especies exóticas (Art. 4, incisos 21-22 DE N°40548, 2017):

"Especie exótica declarada como silvestre por su país de origen: se incluyen dentro de esta categoría, todas las especies incluidas en los Apéndices de CITES, las especies amparadas a convenios internacionales y las especies exóticas no ornamentales y no invasoras.

Especie exótica ornamental: especie exótica criada o cultivada para mantenerla bajo el cuidado humano por su valor y uso dirigido a la compañía del ser humano o el embellecimiento de su entorno. Sus destinos finales son únicamente la exhibición, comercialización o investigación".

Por otro lado, propone las siguientes categorías de especies exóticas (Art. 166 DE N°40548, 2017):

- a. Especies contenidas en Apéndices CITES y protegidas por convenios internacionales*
- b. Individuos exóticos con poblaciones nativas*
- c. Especie exótica invasora*
- d. Especie exótica no invasora: especies exóticas que no son ornamentales y no están incluidas en las categorías anteriores."*

Con respecto a medidas de manejo de EEI, las bases son establecidas en el artículo 22 de la LCVS (Ley N°9106, 2013):

“La vida silvestre exótica o nativa que cause daños en algún ecosistema o en la agricultura, ganadería y salud pública podrá capturarse, controlarse, aprovecharse, eliminarse o reubicarse de conformidad con las disposiciones que se determinen en el reglamento de esta ley, previa realización de los estudios técnico-científicos y las evaluaciones económicas de costo-beneficio correspondientes. Sin embargo, en caso de inminente peligro a la integridad de las personas, por parte de un espécimen silvestre, podrá una persona, en defensa, proceder a capturar, controlar o, como último recurso, eliminar el espécimen amenazante, sin que tal acción entrañe sanción alguna”.

Como parte de las estrategias de control la LCVS permite la cacería de control de especies exóticas invasoras a través del artículo 28, inciso a):

“se permitirá cuando por alguna razón las poblaciones silvestres sobrepasen los límites poblacionales en perjuicio de su propia especie, otras especies silvestres o la estabilidad misma del ecosistema que las soporta. Se incluirán en esta categoría de cacería, aquellas especies nativas o exóticas que estén causando daños en ecosistemas artificiales y naturales y que se hayan declarado como especie invasora o designada como dañina de acuerdo con el artículo 22 de esta ley” (Artículo 28, Ley N°9106, 2013).

Además se prohíbe la liberación al medio silvestre de individuos de especies exóticas de ningún tipo, y en el caso de que se dé la liberación se deberá realizar la valoración del daño ambiental provocado por la liberación y los gastos asociados al manejo que deba realizarse para resolver la problemática generada (Art. 167, DE N°40548, 2017).

Adicionalmente, en el Reglamento a la LCVS se establece que para que el SINAC pueda establecer medidas de manejo y control se deben de contar con reglamentos y protocolos oficiales para este fin (Art. 26, DE N°40548, 2017). Además, indica que para que una especie exótica sea declarada como invasora, el SINAC debe determinar:

“...si existe un riesgo inminente o potencial a los ecosistemas o especies silvestres nativas, y procederá a realizar la declaratoria de especie exótica invasora, vía resolución administrativa. Una vez que se haya declarado como especie exótica invasora, el SINAC desarrollará un plan de acción para el manejo técnico de la misma basado en el protocolo para el manejo de especies exóticas invasoras.

Este plan de acción debe ser enviado en consulta con INCOPESCA, SENASA u otra institución que se considere pertinente, por un plazo de 15 días hábiles para que brinden sus observaciones técnicas” (Art. 31, DE N°40548, 2017).

El SINAC, con el apoyo de la Comisión Nacional de Vida Silvestre (CONAVIS) y el Grupo de Especialistas de Especies Invasoras del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), confeccionará los listados oficiales de especies exóticas invasoras que serán revisado actualizados cada tres años y su versión oficial estará disponible al público en la página web oficial del MINAE-SINAC. Dichas especies no podrán ser importadas o reproducidas en el territorio nacional (Art. 167, DE N°40548, 2017).

Ley de Pesca y Acuicultura (Ley No. 8436, 2005) y su Reglamento (Decreto Ejecutivo N° 36782, 2011).

Esta Ley fue aprobada en 2005 con la finalidad de fomentar y regular la actividad pesquera y acuícola en las diferentes etapas, correspondientes a la captura, extracción, procesamiento, transporte, comercialización y aprovechamiento sostenible de las especies acuáticas, garantizando la conservación, la protección y el desarrollo sostenible de los recursos hidrobiológicos, mediante métodos adecuados y aptos que aseguren su permanencia para el uso de las generaciones actuales y futuras y para las relaciones entre los diversos sujetos o agentes vinculados con la actividad (Ley 8436, 2005). Define a una especie exótica como:

“Especie de flora, fauna o microorganismo, cuya área natural de dispersión geográfica no corresponde al territorio nacional y se ha introducido al país como producto de actividades humanas, voluntarias o no, así como por la actividad de la propia especie” (Art. 2 Ley 8436, 2005).

Con respecto a las especies exóticas indica que es necesario un análisis técnico realizado por autoridades públicas o privadas competentes en su especialidad, para una autorización del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Además, indica:

“deberá justificarse la factibilidad biológica y técnica para la introducción de las especies exóticas que no afecten en ninguna forma, no perjudiquen el desarrollo ni el entorno de las especies nacionales de flora y fauna silvestres, ni ocasionen problemas de salud pública.Los productores deberán mantener controles y aplicar medidas eficaces para que no puedan escapar de las instalaciones de cultivo, los animales, las especies ni sus productos sexuales o en alguna fase del ciclo de vida, especialmente si se trata de especies exóticas” (Art. 95 Ley 8436, 2005).

No existe detalle en la Ley de Pesca y Acuicultura, ni en su respectivo reglamento de la información necesaria para realizar el análisis técnico.

Los requisitos y las condiciones de traslado de especies acuáticas, nativas o exóticas, de un cuerpo de agua a otro del país, son regulados por el Reglamento de esta Ley (DE-36782, 2011). En dicho reglamento se indica que para la modificación de terreno, la introducción de especies foráneas se deberá contar con la autorización previa del MAG, por medio de Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) (Art. 90 DE-36782, 2011).

Con respecto al traslado de especies vivas (foráneas y nativas) de una zona otra del país los interesados deben solicitar autorización de INCOPECA y el MAG (Art. 93 DE-36782, 2011). Además, el INCOPECA de previo a la autorización debe de solicitar al interesado la presentación de una evaluación de impacto ambiental dispondrá de las condiciones para autorizar estos traslados según cada caso (Art. 93 DE-36782, 2011).

2.3.1. Marco Estratégico Nacional

En el país, se han propuesto diversos temas estratégicos, metas y objetivos en relación con la problemática asociada a las especies exóticas invasoras (EEI) de sistemas de agua dulce.

La Política Nacional de Biodiversidad 2015-2030 (PNB)

Es uno de los esfuerzos que fue oficializada mediante Decreto Ejecutivo N°39118 en el 2015. Es tutelada por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), mediante la Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad (CONAGEBIO) y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).

No obstante, el marco de implementación de la Política incluye a los diversos sectores sociales, del sector privado, de los gobiernos locales, de sectores gubernamentales económicos y sociales distintos al ambiental, cuyas actividades afectan o son afectados por el estado de la biodiversidad (CONAGEBIO-SINAC, 2015).

Dentro de a PNB se tienen cuatro ejes, de los cuales el primero indica lo siguiente: Eje 1. Mejorar las condiciones y resiliencia de la biodiversidad, salvaguardando la integridad de los ecosistemas, las especies y la diversidad genética. A través este eje se pretende establecer *“medidas específicas para salvaguardar los ecosistemas, las especies y la diversidad genética, garantizando una mejoría con respecto a su situación actual, mediante medidas de conservación in situ, ex situ, reducción de los procesos de degradación y fragmentación del hábitat, restauración, rehabilitación y recuperación, prevención y control de la proliferación de especies invasoras, con el fin de reducir presiones directas a la biodiversidad y potenciar su capacidad adaptativa frente al cambio climático”*.

De ahí que se establece como lineamiento 1.5 que el Estado debe de fortalecer la gestión para la identificación, priorización y control de especies exóticas invasoras y sus vías de introducción, liberación y proliferación, con el fin de reducir la presión

y alteraciones que estas poblaciones ejercen sobre los procesos naturales de los ecosistemas. Este lineamiento le compete principalmente al SINAC, sin embargo el CONAGEBIO, la Academia y las ONGs son actores también involucrados (CONAGEBIO-SINAC, 2015).

Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025 (ENB2)

Dentro de la PNB se enmarca la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025 (ENB2). Conjuntamente la PNB y la ENB constituyen el marco de Política Pública (PP) para la conservación, el uso sostenible y la distribución equitativa de los beneficios de la biodiversidad de Costa Rica (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016).

Con respecto a EEI, la ENB2 se propone como meta global para el 2025 que se caractericen las especies invasoras de mayor amenaza y se establezcan medidas para erradicarlas y/o prevenir su introducción (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016). Además, dentro de esta meta global se establecen dos objetivos, con sus indicadores y metas nacionales respectivas (Cuadro 6):

(A) Identificar, evaluar y priorizar las especies invasoras que existen y las que tienen potencial impacto en el país y (B) Mejorar los controles para la prevención del ingreso de especies exóticas invasoras (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016).

Política Nacional de Humedales 2017-2030 (PNH)

Por otro lado, existe la Política Nacional de Humedales 2017-2030 (PNH) que tiene el objetivo de gestionar integralmente los ecosistemas de humedal de Costa Rica (Decreto Ejecutivo N°40244, 2017). Tiene la finalidad de contribuir al desarrollo nacional mediante la conservación de su integridad ecológica y el uso sostenible de los servicios ecosistémicos que estos proveen para las actuales y futuras generaciones, haciendo un especial énfasis en aquellas poblaciones con dependencia directa de estos ecosistemas. Con el fin de lograr el objetivo la PNH consta de cinco ejes de acción (Figura 5).

Con respecto a las EEI, el tercer eje de acción propone al 2030 se ejecutan iniciativas a partir de las herramientas técnicas, legales y administrativas necesarias para controlar las especies invasoras o nocivas (Figura 5).

Cuadro 6. Metas globales y Nacionales de la Política Nacional de Biodiversidad 2015-2030 (PNB) y Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2025 (ENB2). Fuente: Elaboración propia

EJE DE LA PNB	TEMA ESTRATÉGICO DE LA ENB2	METAS GLOBALES DE LA ENB2 AL 2025	OBJETIVO ESTRATÉGICO DE ENB2	META NACIONAL PARA 2020	INDICADORES	INSTITUCIONES RESPONSABLES	
Eje 1. Mejorar las condiciones y resiliencia de Biodiversidad salvaguardando la integridad de los ecosistemas, las especies y la diversidad genética	2. Restauración y reducción de pérdidas y/o deterioro de elementos importantes de la biodiversidad	 <p>8. Al 2025, Se caracterizarán especies invasoras de mayor amenaza y se establecerán medidas para erradicarlas y/o prevenir su introducción.</p>	A. Identificar, evaluar y priorizar las especies invasoras que existen y las que tienen potencial impacto en el país.	27. Al 2018, el país tendrá definida una lista de especies invasoras prioritarias para desarrollar protocolos y medidas de gestión.	26. Número de especies invasoras identificadas.	MINAE-SINAC. Comisión Nacional de Vida Silvestre.	
						27. Número de individuos por especie inventariados.	MINAE-SINAC. Comisión Nacional de Vida Silvestre.
			B. Mejorar los controles para la prevención del ingreso de especies exóticas invasoras.	28. Al 2020, se contará con mejor conocimiento y disposiciones técnicas que permitan controlar al menos cinco especies invasoras prioritarias.	28. Número de protocolos de control en puertos y aduanas.	MINAE-SINAC, Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), Migración Aduanas y Puertos).	
					29. Número de disposiciones técnicas que permitan el análisis de especies invasoras.	MINAE-SINAC, SETENA, SFE Migración (Aduanas y Puertos).	

Entonces el MINAE, en compañía de otros actores involucrados, maneja y controla las especies invasoras y nocivas nativas en ecosistemas de humedal, con el fin de reducir la presión sobre su estructura, composición y funcionalidad ecológica, y mantener así los servicios ecosistémicos que estos proveen. Dentro de los entes vinculados se mencionan al MAG, MINAE, INCOPESCA, SENASA, SINAC, Academia, ONGs y el sector productivo (Decreto Ejecutivo N°40244, 2017).

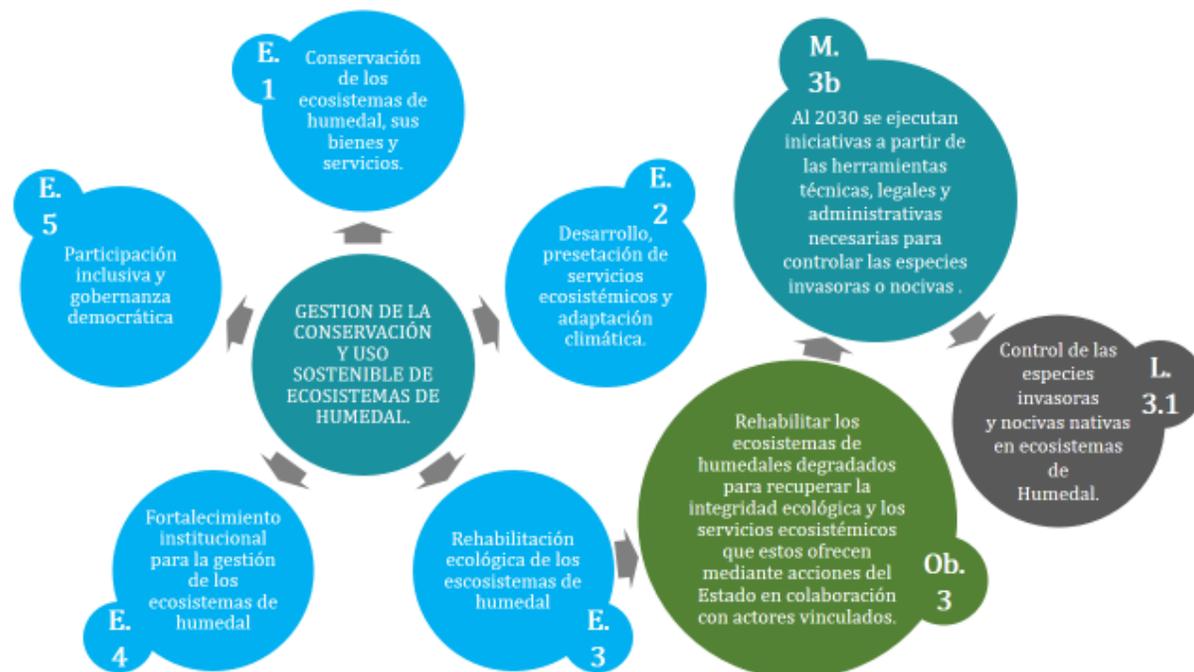


Figura 5. Ejes de acción de la Política Nacional de Humedales 2017-2030 y su relación con la problemática de las (especies exóticas invasoras (EEI)). Ejes de acción (E), Objetivo (Ob), Meta (M), Lineamientos (L). Fuente: Elaboración propia.

Políticas para las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de Costa Rica

En el 2011 se publicaron las Políticas para las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de Costa Rica que tienen como finalidad:

“Consolidar un sistema de Áreas Silvestres Protegidas para la conservación in situ, que sea comprensivo, eficazmente gestionado y ecológicamente representativo de la diversidad biológica del país, por medio del

reconocimiento, promoción y fortalecimiento de los diferentes modelos de gobernanza que garanticen la provisión a largo plazo de bienes y servicios ecosistémicos” (SINAC-MINAET, 2011).

En total son nueve políticas para cumplir el objetivo anterior. Dentro de la Política 5 (Manejo, control y protección de las ASP. Establecer un sistema de gestión de ASP sustentada en criterios científicos de manejo, enfatizando en la prevención de daños y con sistemas de control eficaces y eficientes que garanticen la conservación de la biodiversidad) se tiene el lineamiento estratégico de identificar, controlar y manejar las especies invasoras en ASP, como parte del objetivo específico 5.1 (Desarrollar sistemas en las AC que impulsen el manejo, control y protección basado en criterios científicos y de investigación aplicada) (Figura 6).

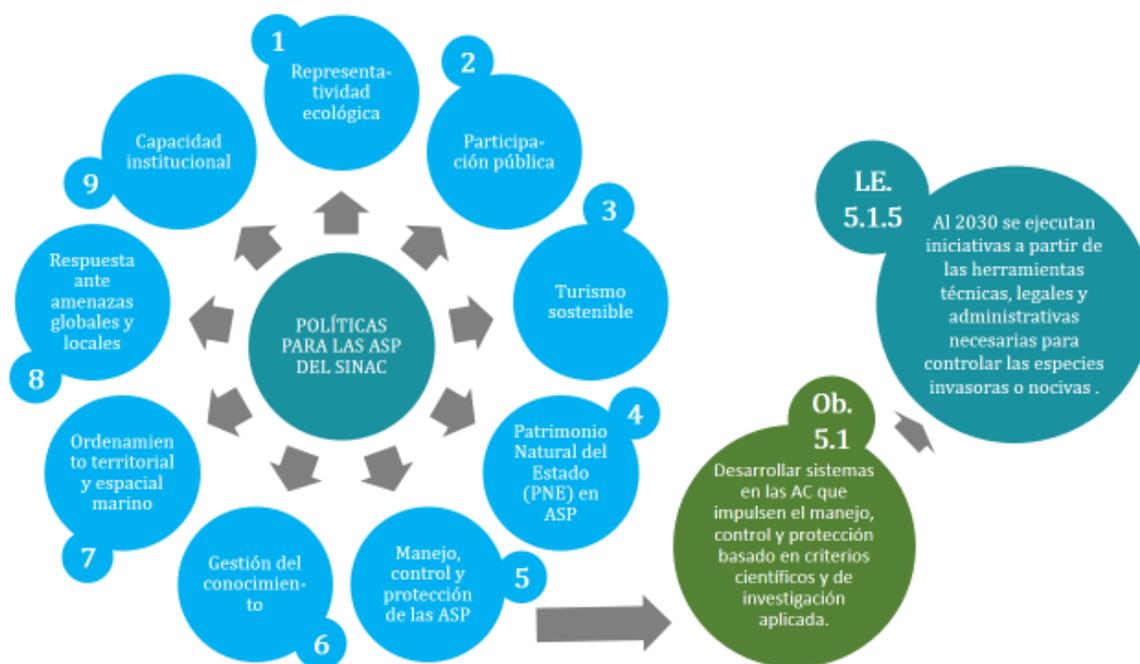


Figura 6. Políticas de las ASP del SINAC y su relación con la problemática de las (especies exóticas invasoras (EEI). Objetivo (Ob), Lineamiento estratégico (LE). Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Metas Internacionales

La planificación nacional, así como el marco jurídico costarricense está relacionado con diversas estrategias internacionales en que algunos de sus objetivos abordan

la problemática de las especies exóticas invasoras (EEI). Dentro de las estrategias se pueden mencionar Convención Ramsar, Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, y los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Metas Internacionales relacionadas con la problemática de las Especies Exóticas Invasoras (EEI). Fuente: Elaboración propia

ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	META
CONVENCION Ramsar 	El Cuarto Plan Estratégico de Ramsar establece una nueva visión en el marco de la misión de la Convención, cuatro objetivos generales y 19 metas específicas que tienen por objeto apoyar los esfuerzos de las Partes, los asociados y otros interesados para evitar, detener e invertir la disminución de los humedales en el mundo.	Objetivo estratégico 1: Hacer frente a los factores que impulsan la pérdida y degradación de los humedales.	4. Se identifican y priorizan especies exóticas invasoras y sus vías de entrada y expansión, se controlan o erradican las especies exóticas invasoras prioritarias y se preparan y aplican medidas de manejo para evitar su introducción y establecimiento.
PLAN ESTRATEGICO PARA LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA 2011- 2020 Y LAS METAS DE AICHI 	Se componen de una visión compartida, una misión, objetivos estratégicos y 20 metas ambiciosas pero alcanzables, conocidas como las Metas de Aichi. Sirve como un marco flexible para el establecimiento de objetivos nacionales y regionales y promueve la aplicación coherente y eficaz de los tres objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica.	Objetivo estratégico B: Reducir las presiones directas sobre la diversidad biológica y promover la utilización sostenible	9. Para 2020, se habrán identificado y priorizado las especies exóticas invasoras y vías de introducción, se habrán controlado o erradicado las especies prioritarias, y se habrán establecido medidas para gestionar las vías de introducción a fin de evitar su introducción y establecimiento.
OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) 	Son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos. Se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, y la paz y la justicia. Para no dejar a nadie atrás, es importante que logremos cumplir cada uno de estos objetivos al 2030.	Objetivo 15: Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica	15.8. De aquí a 2020, adoptar medidas para prevenir la introducción de especies exóticas invasoras y reducir significativamente sus efectos en los ecosistemas terrestres y acuáticos y controlar o erradicar las especies prioritarias. 15.8.1 Aprobación de legislación nacional pertinente para la prevención o el control de especies invasoras foráneas.

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Fuentes de información

Para realizar esta investigación se necesitaron diversas fuentes de información que sirvieron de apoyo e insumos para la realización de la misma. En este caso dichas fuentes se subdividen en dos categorías (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 2010):

3.1.1. Fuentes Primarias

Se refieren los portadores originales de la información. Esta información no sido retransmitido o grabado en algún medio (escrito, video, audio, etc.). Debido a que la información de fuentes primarias la tiene la población misma, es necesario utilizar métodos de encuesta, entrevista, experimental, etc. para extraer los datos (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 2010). La información recopilada de fuentes primarias se utilizó principalmente para desarrollo las medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica (Cuadro 8).

3.1.2. Fuentes Secundarias

Se refieren a todos aquellos portadores de datos e información que han sido previamente retransmitidos o grabados en cualquier documento y medio; por lo que la información se encuentra a disposición de todo investigador que la requiera (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 2010). La información recopilada de fuentes secundarias se utilizó principalmente para la guía de campo para la identificación, el folleto informativo y el desarrollo de medidas para el protocolo para el monitoreo participativo de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica (Cuadro 8).

Cuadro 8. Fuentes consultadas en relación con los objetivos y entregables de la investigación. Fuente: Elaboración propia

OBJETIVO	ENTREGABLES	FUENTES DE INFORMACIÓN	
		PRIMARIAS	SECUNDARIAS
Objetivo 1: Diseñar una guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> .	<ul style="list-style-type: none"> Guía para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en el campo. 	<ul style="list-style-type: none"> Ingo S. Wehrtmann, coordinador del proyecto de investigación: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en costa rica: el caso de las langostas de agua dulce, <i>Cherax quadricarinatus</i> (Decapoda: Parastacidae) y <i>Procambarus clarkii</i> (Decapoda: Cambaridae) de Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Juan Carlos Azofeifa Solano, investigador del proyecto de investigación: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en Costa Rica: el caso de las langostas de agua dulce, <i>Cherax quadricarinatus</i> (Decapoda: Parastacidae) y <i>Procambarus clarkii</i> (Decapoda: Cambaridae) de Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica (UCR). 	<ul style="list-style-type: none"> Lara-Hernández (2009) Campos (2005) Ingle (1997) Mendoza, Rodríguez & Castillo (2011)
Objetivo 2: Elaborar un protocolo para el monitoreo participativo de <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.	<ul style="list-style-type: none"> Protocolo para el monitoreo participativo de <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica. 	<ul style="list-style-type: none"> Ingo S. Wehrtmann, coordinador del proyecto de investigación: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en costa rica: el caso de las langostas de agua dulce, <i>Cherax quadricarinatus</i> (Decapoda: Parastacidae) y <i>Procambarus clarkii</i> (Decapoda: Cambaridae) de Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Juan Carlos Azofeifa Solano, investigador del proyecto de investigación: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en Costa Rica: el caso de las langostas de agua dulce, <i>Cherax quadricarinatus</i> (Decapoda: Parastacidae) y <i>Procambarus clarkii</i> (Decapoda: Cambaridae) de Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica (UCR). 	<ul style="list-style-type: none"> SINAC (2018) SINAC (2016a, b) SINAC (2017b) Dana <i>et al.</i> (2011) Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR (2017) CABI (2018) Global Invasive Species Database (2018) CONABIO (2018) García-Lahera, Rodríguez-Farrat & Salabarría-Fernández (2017) Pachón & Valderrama (2018) Budnick, Kelso, Adams & Kaller (2018) Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012)
Objetivo 3: Proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica.	<ul style="list-style-type: none"> Medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica. Folleto informativo sobre las langostas <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Paulina Vargas Alpízar: Unidad de Gestión Ambiental de Acueductos y Alcantarillados (AyA) e Integrante de la unidad técnica del Proyecto Humedales de 2015 al 2017 Angie Sánchez Núñez: Coordinadora Nacional de Vida Silvestre, Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Antony Enrique Gómez Portugal: Área de Conservación Arenal Tempisque (ACAT), Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Jose Manuel Quiros Rodríguez: Vida Silvestre del Área de Conservación Arenal Tempisque (ACAT), Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Herbert Nanne: exfuncionario de Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA) Carlos Alvarado: Departamento de Acuicultura, Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA) Efraín Durán: exfuncionario de Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA) Sandra Díaz Alvarado: Encargada de Investigación, Área de Conservación Arenal Huetar Norte, Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Willy Fernando Matamoros Benavides: Ingeniero Forestal, Independiente 	<ul style="list-style-type: none"> SINAC (2017a) SINAC (2017b) Pachón & Valderrama (2018) Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR (2017) SINAC (2018) Dana <i>et al.</i> (2011) Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012) Mendoza, Rodríguez & Castillo (2011) Azofeifa-Solano, Naranjo-Elizondo, Rojas-Carranza & Cedeño-Fonseca (2017) Museo de Zoología (MZUCR) de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica

3.2. Técnicas de Investigación

Esta es una investigación que utiliza técnicas de investigación de tipo documental y de campo. La investigación de tipo documental, está basada principalmente en la recopilación de datos existentes en forma documental, ya sea libros, publicaciones en revistas, páginas web, entre otros. Su único propósito es obtener antecedentes para profundizar en las teorías y aportaciones, ya emitidas sobre el tema en particular que es objeto de estudio, y complementarlas, refutarlas o derivar, en su caso, conocimientos nuevos.

En concreto, son aquellas investigaciones en cuya recopilación de datos únicamente se utilizan documentos que aportan antecedentes sobre el tópico en estudio (Jurado-Rojas, 2002).

La investigación de campo corresponde a las investigaciones en las que la recopilación de información se realiza enmarcada por el ambiente específico en el que se presenta el fenómeno de estudio. En la realización de estos trabajos se utiliza un método exclusivo de investigación, y se diseñan ciertas herramientas para recabar información, que sólo se aplican en el medio en el que actúa el fenómeno de estudio.

Para la tabulación y análisis de la información obtenida, se utilizan métodos y técnicas estadísticas y matemáticas que ayudan a obtener conclusiones formales, científicamente comprobadas. Las herramientas de apoyo pueden ser: observación histórica, observación controlada, experimentación, acopio de antecedentes por medio de cuestionarios, entrevistas y encuestas, aplicación de métodos estadísticos y diseños experimentales, entre otros (Jurado-Rojas, 2002).

Cuadro 9. Técnicas de Investigación en relación con los objetivos y entregables de la investigación. Fuente: Elaboración propia

OBJETIVO	ENTREGABLES	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	
		CAMPO	DOCUMENTAL
Objetivo 1: Diseñar una guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> .	<ul style="list-style-type: none"> Guía para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> en el campo. 	<ul style="list-style-type: none"> Entrevistas a biólogos que trabajan con decápodos de agua dulce Muestreo de campo en busca de las langostas <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de características distintivas de las langostas <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> en descripciones taxonómicas
Objetivo 2: Elaborar un protocolo para el monitoreo participativo de <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.	<ul style="list-style-type: none"> Protocolo para el monitoreo participativo de <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo (muestreo) en el campo de las langostas <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> Entrevistas a biólogos que trabajan con decápodos de agua dulce Entrevistas a expertos en langostas exóticas invasoras 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de protocolos de muestreos de langostas Revisión de protocolos participativos
Objetivo 3: Proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> en Costa Rica.	<ul style="list-style-type: none"> Medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> en Costa Rica. Folleto informativo sobre las langostas <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Entrevistas a expertos en langostas exóticas invasoras Entrevistas a diferentes actores con el fin de recopilar información sobre el estado de invasión de las especies Muestreo de campo en busca de las langostas <i>Cherax quadricarinatusy Procambarus clarkii</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de estrategias de manejo de langostas exóticas de agua dulce

3.3. Método de Investigación

Los métodos de investigación son procedimientos ordenados que se siguen para establecer el significado de los hechos y fenómenos hacia los que se dirige el interés para encontrar, demostrar, refutar, descubrir y aportar al conocimiento. Existen muchas versiones de métodos, y en general implican procesos de análisis, síntesis, inducción y deducción (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 2010).

En esta investigación se utilizó el método sintético. En este método la síntesis es la meta y resultado final del análisis. El método sintético no es propiamente un método de investigación, sino una operación fundamental por medio de la cual se logra la comprensión de la esencia de lo que se ha conocido en todos sus componentes particulares (a partir del análisis). Este proceso relaciona hechos aparentemente aislados y formula una teoría que unifica los diversos elementos (Jurado-Rojas, 2002).

Cuadro 10. Métodos de Investigación en relación con los objetivos y entregables de la investigación. Fuente: Elaboración propia

OBJETIVO	ENTREGABLES	MÉTODO SINTÉTICO
Objetivo 1: Diseñar una guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> .	<ul style="list-style-type: none"> Guía para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en el campo. 	<ul style="list-style-type: none"> Permitirá a partir de la observación, la descripción, el examen crítico y la descomposición del problema diseñar una guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i>.
Objetivo 2: Elaborar un protocolo para el monitoreo participativo de <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.	<ul style="list-style-type: none"> Protocolo para el monitoreo participativo de <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica. 	<ul style="list-style-type: none"> Permitirá a partir de la observación, la descripción, el examen crítico y la descomposición del problema para elaborar un protocolo para el monitoreo participativo de <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.
Objetivo 3: Proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica.	<ul style="list-style-type: none"> Medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> en Costa Rica. Folleto informativo sobre las langostas <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Permitirá a partir de la observación, la descripción, el examen crítico y la descomposición del problema proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i> para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica. Permitirá a partir de la observación, la descripción, el examen crítico y la descomposición del problema para elaborar un folleto informativo sobre las langostas <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i>.

3.4. Descripción de la metodología

3.4.1. Objetivo 1: Desarrollar una guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*.

Para lograr este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

a. Determinación de los caracteres morfológicos distintivos. Se realizó una revisión de las descripciones morfológicas de las especies presentes en material

bibliográfico con el fin de determinar los caracteres morfológicos que distinguen a las langostas de los camarones de río (Lara-Hernández, 2009). Además, se investigó sobre los caracteres distintivos que permiten identificar cada especie (*Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*) (Lara-Hernández, 2009, Mendoza, Rodríguez & Castillo 2011, Tadashi, Faulkes & Scholtz, 2016).

b. Corroboración de los caracteres distintivos. Con especímenes colectados en el campo se observaron las características distintivas de las especies, a partir de las cuales se escogieron las más apropiadas para ser utilizadas en el campo por los diferentes actores involucrados en la problemática de estas especies invasoras.

c. Toma de fotografías de los caracteres distintivos. Las fotografías utilizadas para elaborar la guía fueron tomadas dentro del marco del proyecto de investigación: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en Costa Rica: el caso de las langostas de agua dulce, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) y *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae) de Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

d. Diseño gráfico láminas para la identificación de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*. Para el diseño gráfico se utilizó el programa de software libre GIMP versión 2.10 descargada de: <http://www.gimp.org.es/>. Se diseñaron tres láminas, (1) principales diferencias entre camarones de río y langostas de agua dulce, (2) caracteres distintivos de *Cherax quadricarinatus* (3) caracteres distintivos de *Procambarus clarkii*.

3.4.2. Objetivo 2. Elaborar protocolo para el monitoreo participativo de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* el cual será dirigido al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.

Para cumplir este objetivo se desarrollaron las siguientes actividades:

a) Recopilación de técnicas de muestreo de langostas. Se realizó una búsqueda exhaustiva en libros, artículos científicos, entre otras publicaciones de las diferentes técnicas utilizadas para coleccionar langostas de agua dulce (ver Cuadro 8).

b) Muestreo de langostas en el campo. Se realizaron muestreos en lagos, lagunas, canales de riego y ríos utilizando las diferentes técnicas citadas en la literatura, con

el fin de capturar las langostas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*.

c) Desarrollo del protocolo de monitoreo de langostas. Según la literatura recopilada, así como el análisis de los muestreos realizados en el campo se desarrolló un protocolo de monitoreo de langostas que se adapte a las capacidades del SINAC y actores involucrados con la problemática de las especies *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* como especies invasoras en Costa Rica.

Como un insumo adicional y con el fin de aumentar el conocimiento ciudadano sobre las especies exóticas invasoras se elaboró un Folleto informativo sobre las langostas *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*. Este folleto va dirigido para todos los actores involucrados con las especies invasoras acuáticas del país. Contiene principalmente información sobre las langostas invasoras *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*. Además, pretende educar a las personas sobre la problemática de las especies exóticas invasoras en general. Para esto, se realizó una revisión exhaustiva de otros folletos, láminas informativas, entre otros disponibles con el fin de obtener ejemplos de cómo se está abordando la educación acerca de EEI a nivel internacional. Los pasos principales para realizar dicho folleto fueron:

- a) Investigación exhaustiva sobre la problemática asociada a las EEI, principalmente sobre *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*.
- b) Diseño gráfico del folleto informativo sobre las langostas *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*.

3.4.3. Objetivo 3: Proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.

Para poder cumplir con este objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- a) Determinación del estado de invasión de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica, utilizando lo propuesto en Blackburn et al. (2011) y SINAC (2018).

- b) Análisis de riesgo de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica según metodología establecida en Mendoza, Rodríguez & Castillo, (2011) y Copp, Vilizzi, Mumford, Fenwick, Godard, & Gozlan (2009). Se utilizó la herramienta AS-ISK (Aquatic Species Invasiveness Screening Kit) (Copp et al., 2016a, Copp et al. 2016b) de acceso libre y disponible en: <http://www.cefas.co.uk/nns/tools/>.
- c) Propuesta de medidas de manejo para *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.

4. DESARROLLO

4.1. Recopilación de información sobre *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus*

4.1.1. *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae)

Sinonimia: *Cambarus Clarkii* Girard, 1852; *Cambarus clarkii* Faxon 1898; *Procambarus clarkii* Hobbs 1942.

Nombres comunes: Americano, pantano rojo o cangrejo de río / langosta de Luisiana (inglés); Cangrejo de las Marismas, Cangrejo Americano (Español).

Posición taxonómica:

Reino Animalia

Filo Artrópoda

Subclase Mandibulata

Superclase Crustáceo

Clase Malacostraca

Subclase Eumalacostraca

Superorden Eucarida

Orden Decapoda

Suborden Pleocyemata

Superfamilia Astacoidea

Familia Cambaridae

Género *Procambarus*

Subgénero *Scapulicambarus*

Especie *clarkii*

Morfología: tiene un cuerpo típico de crustáceo dividido en cefalotórax y abdomen, con apéndices siguiendo el patrón del decápodo (**Error! Reference source not found.**). Los apéndices abdominales llamados pleópodos están presentes tanto en machos como en hembras. Las tres primeras patas caminadoras (pereiópodos) son queladas (con pinzas) -una característica del infraorden Astacidea- (CAR, 2016). El color del caparazón es típicamente de color rojo oscuro, naranja o rojizo, mientras que las quelas son rojas con protuberancias en ambas caras (Figura 7, CABI, 2018).

Los juveniles suelen ser de color verde claro con una estrecha banda oscura a cada lado del abdomen y una banda más ligera más amplia a lo largo de la superficie dorsal (Figura 7). Los especímenes adultos pueden medir hasta 150 milímetros de longitud total (LT) (CAR, 2016). Los machos y hembras se distinguen por la posición de los poros genitales (gonoporos). En las hembras se localizan en el coxopodito del tercer par de pereiópodos en hembras y en el quinto par en machos (**Error! Reference source not found.**). Adicionalmente los machos presentan un órgano copulador formado por una modificación del primer y segundo par de pleópodos (**Error! Reference source not found.**).



Figura 7. Foto de la langosta de roja de Luisiana, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852). Derecha: macho, Izquierda: juvenil agrandado, colectados en Embalse de Cachi, Cartago, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia con fotos tomadas por Julian Schneider.

Reproducción: esta especie tiene reproducción sexual, alcanzando la madurez sexual a los tres meses aproximadamente, en condiciones favorables puede llegar a tener 3 generaciones por año y es capaz de desovar durante todo el año (Franco-Sustaita, 2014; Loureiro, Gentil, Araujo, Souty-Grosset & Almerao, 2015; CAR, 2016). En los machos adultos, se pueden observar dos morfotipos: (a) el macho tipo I (forma reproductiva) que presenta anzuelos en la isquemia de los 3º y 4º pereiópodos y los órganos copulatorios más calcificados y (b) macho tipo II (forma

no reproductiva) sin ganchos en los pereiópodos y órganos copulatorios suaves (CAR, 2016). *P. clarkii* es una especie que posee la estrategia “r” que consiste en un ciclo de vida corto y una alta tasa de reproducción y propagación (Loureiro, Gentil, Araujo, Souty-Grosset & Almerao, 2015). La cantidad de huevos está relacionado directamente con la talla de la hembra; hembras jóvenes de tallas pequeñas producen entre 50 a 100 huevos, mientras que hembras adultas (> 10 cm de LT) pueden llegar a producir 500 huevos (Loureiro, Gentil, Araujo, Souty-Grosset & Almerao, 2015). El tiempo de eclosión de los huevos varía entre 21 a 30 días. Durante este tiempo, los huevos van cambiando de color a medida que se van desarrollando, y la hembra airea y mueve los huevos con movimientos del abdomen y de los urópodos. Los juveniles permanecen con la madre hasta el estadio III, para posteriormente ser independientes, por lo que es evidente un cuidado materno (Franco-Sustaita, 2014).

Ecología trófica: la especie habita en ambientes de agua dulce lénticos y lóticos como quebradas, ríos, lagunas, arroyos, canales artificiales, estanques, ciénagas y pantanos (Flórez-Brand & Espinosa-Beltrán, 2011, CAR, 2016). Se encuentra entre la vegetación acuática nativa o introducida y hojarasca. Presenta un comportamiento territorial y agresivo con su propia especie cuando entra en un estado de tensión donde se ve afectado su espacio o alimentación. Utiliza las zonas del litoral de los cuerpos de agua como zona de hibernada para enterrarse durante los períodos de sequía o frío (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015). Es una especie generalista omnívora cuya dieta oportunista favorece su propio establecimiento exitoso en diferentes tipos de cuerpos de agua. Se alimenta tanto de detritos vegetales y animales, macrófitos y animales vivos como moluscos, insectos, anélidos, nematodos, platelmintos, renacuajos y alevines. (Gherardi, 2006, CAR, 2016). En cuanto a los depredadores de *P. clarkii*, los más citados en la literatura son peces, aves y mamíferos como las nutrias y las capivaras (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015, CAR, 2016).

El patógeno más conocido y estudiado de *P. clarkii* es el hongo parásito *Aphanomyces astaci*, el agente causante de la “plaga del cangrejo de río”, que es

letal para muchas especies de langostas de agua dulce en Europa (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015). En especies o individuos más susceptibles, penetra en la lámina basal, debajo de la capa celular de la epidermis y se propaga por todo el cuerpo, invadiendo el tejido conectivo y los vasos sanguíneos (CAR, 2016). *A. astaci* no produce estructuras sexuales, la transmisión se produce a través de zoosporas liberadas de animales infectados y es capaz de sobrevivir durante varios días en agua y varias semanas en lodo (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015). Otro parásito que puede infestar el caparazón de esta langosta y constituir una amenaza para otros crustáceos es *Saprolegnia parasitica* (CAR, 2016). Entre los virus, el del síndrome de la mancha blanca (WSSV) es quizás el más devastador de todos los virus de los crustáceos. WSSV tiene una gama de huéspedes muy amplia, incluyendo *P. clarkii* (CAR, 2016). En cuanto a bacterias, *Vibrio mimicus* es una de las más estudiada y es reconocida como causa de gastroenteritis en humanos al alimentarse de langostas crudas contaminadas (CAR, 2016).

Los platelmintos son los parásitos más comunes de *P. clarkii*. El género *Paragonimus* tiene un ciclo de vida complejo que involucra al menos tres huéspedes diferentes: caracoles- crustáceos- mamíferos. Los adultos de este platelminto residen y se aparean en los pulmones de mamíferos que incluyen a los seres humanos, provocando una enfermedad denominada paragonimiasis. En la Figura 8 se muestran otros parásitos que utilizan a *P. clarkii* como huésped intermedio.

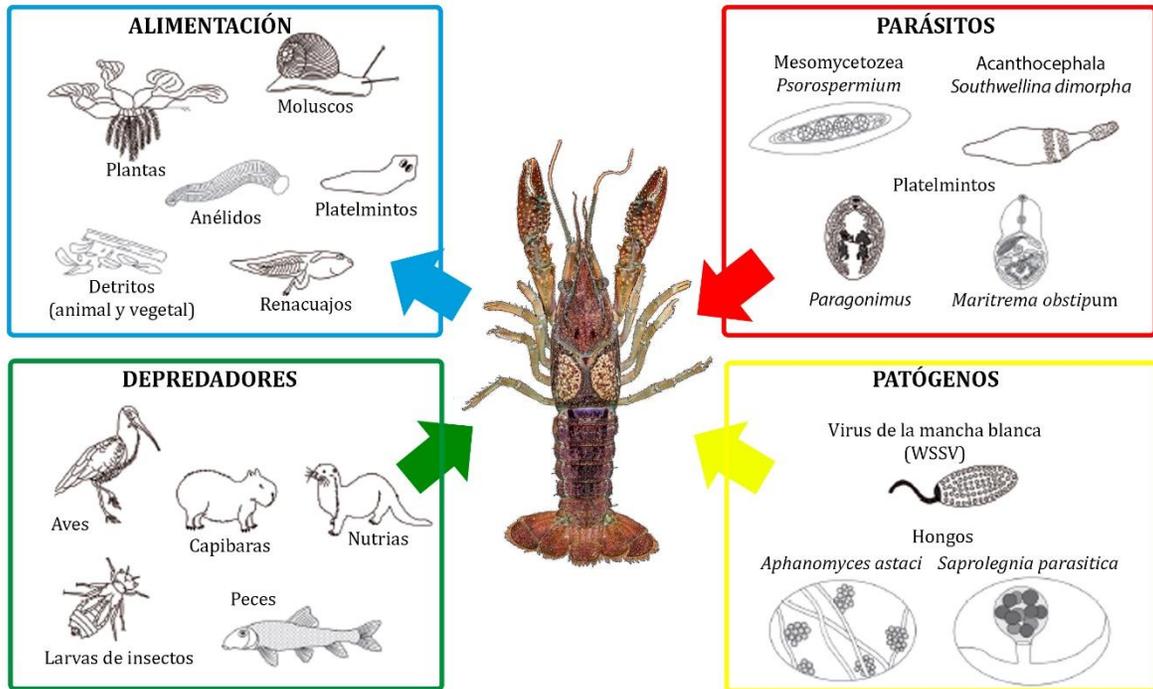


Figura 8. Ecología trófica y relaciones bióticas de *Procambarus clarkii* tomando en cuenta alimentación, depredadores, patógenos y parásitos. Fuente: Modificado de Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015

Comportamiento: es un animal social con formación de jerarquías de dominancia social en adultos y juveniles, mantenida por los altos niveles de agresividad (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015). Esta especie se define como nocturna, aunque algunos individuos han sido observados realizando desplazamientos largos tanto de día como de noche (Barbaresi, Santini, Tricarico & Gherardi, 2004). En cuanto a su locomoción, fidelidad en el hogar y capacidad de dispersión, algunos hallazgos han sido controvertidos, lo que podría indicar que el comportamiento varía según las características ambientales (Barbaresi, Santini, Tricarico & Gherardi, 2004). Se han reportado desplazamientos diarios entre 1 y 11 metros, y diferentes entre sexos, siendo las hembras más nómadas que los machos (CAR, 2016).

Al igual que muchas especies de langostas de agua dulce, *P. clarkii* es un excavador eficiente que utiliza una combinación de información táctil y visual, junto con el uso ambiental de señales es decir, señales de humedad para orientar su

comportamiento de madriguera (CAR, 2016). Las madrigueras se utilizan como refugio para evitar la depredación, la deshidratación y el estrés ambiental, así como para anidar (Correia, 1995).

Como la mayoría de los cangrejos de agua dulce muestra un cuidado parental relativamente complejo en que las hembras permanecen en su madriguera durante muchas semanas mientras ejecutan pocos actos de limpieza y alimentación; Las crías y los jóvenes permanecen unidos al abdomen de la madre durante 3 a 4 meses (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015). Este comportamiento, a pesar de ser costoso, aumenta la aptitud reproductiva aumentando la supervivencia de la cría y mejorando la capacidad de colonización de la especie (CAR, 2016).

Genética: información genética puede aportar información útil sobre la conexión entre las poblaciones y puede ayudar a inferir sobre la historia de invasión de poblaciones exóticas identificando la localización del origen, los eventos de colonización y las rutas de dispersión y así contribuir a la comprensión de la dinámica de invasión y a dirigir los esfuerzos de gestión (CAR, 2016).

En Europa, esta especie ha sido estudiada por diversos autores. Sus resultados revelan alto nivel de variación genética que podría ser el resultado de múltiples eventos de introducción con individuos de diferentes fuentes y/o una sola introducción de un gran número de individuos de una población con fuente genéticamente diversa (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015, Almerao, Delaunay, Coignet, Peiró, Pinet & Souty-Grosset, 2018). Además, las diferentes poblaciones presentan una alta diferenciación genética, lo que indica una ausencia de flujo de genes entre las poblaciones estudiadas (CAR, 2016).

En China, se reportó la ciudad de Nanjing fue el primer punto de introducción y encontraron una diversidad genética relativamente alta en las poblaciones chinas que atribuyeron como resultado de la variación adaptativa o quizás señalando la dispersión mediada por humanos. Además, se ha encontrado gran diversidad genética entre China continental y Taiwán (CAR, 2016).

En América, se demostró que en Nevada, EEUU las langostas utilizaron drenajes para moverse de los manantiales centrales a periféricos y que posteriormente los manantiales aislados fueron colonizados por pocos individuos (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015). Por otro lado, Torres y Álvarez (2012) investigaron la variación genética entre nueve poblaciones de *P. clarkii*, tres poblaciones de su área de distribución nativa (Illinois y Luisiana, Estados Unidos y norte de Coahuila, México) y seis de áreas invadidas (Coahuila central, Nuevo México León, Durango, Chihuahua y Chiapas, México y Cartago, Costa Rica). En este caso las poblaciones de la zona nativa siguen siendo muy similares entre sí y existe baja variación genética tanto en poblaciones nativas como en poblaciones introducidas.

El alto nivel de diversidad genética encontrado por diferentes investigadores en distintas poblaciones invasoras alrededor del mundo indica que la alta variabilidad genética de *P. clarkii* podría facilitar su éxito en el establecimiento y adaptación a nuevos ambientes (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015).

Por otra parte, los estudios que encontraron una baja diversidad genética (Torres y Álvarez, 2012) sostienen que a pesar de esto, las poblaciones todavía son exitosas en establecer y florecer debido a un fenómeno denominado "genotipo de propósito general" propuesto por Baker (1965), en el que se producirían diferentes fenotipos a través de la plasticidad y así la población sería capaz de hacer frente a diferentes condiciones ambientales (CAR, 2016).

La alta diversidad genética en las poblaciones invasoras suele estar relacionada con múltiples introducciones o la existencia de flujo de genes entre poblaciones establecidas, mientras que la baja diversidad genética se asocia con introducciones aisladas, efecto fundador y cuellos de botella genéticos. Ambos escenarios genéticos se observaron en poblaciones invasoras de *P. clarkii* y parece que esta especie puede hacer frente a ambas situaciones por diferentes estrategias y tener éxito (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015, CAR, 2016).

Distribución e historia de invasión: se encuentra distribuida de forma natural en el noreste de México y en el centro-sur de los Estados Unidos de América (EEUU) y ha sido introducida ampliamente en todos los continentes exceptuando Oceanía y Antártida tanto así que se considera la langosta de agua dulce más cosmopolita (Figura 9) (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015).

Su introducción ha sido básicamente para uso en acuicultura, siendo una de las especies de langosta de agua dulce más importantes para consumo. Además, se ha introducido como fuente de alimento para peces y otros animales de cultivo como la rana toro (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015).

Por otro lado en África ha sido introducido como agente de control biológico de un gasterópodo (hospedero intermediario) de schistosomiasis (Bilharzia). En Europa se introdujo para reemplazar la casi extinta especie nativa de langosta de agua dulce, *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858 (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015). Por otro lado, otro vector para la introducción son escapes de los cultivos o acuarios.

Se ha convertido en un invasor exitoso, debido a las siguientes características (1) madurez sexual temprana, (2) crecimiento rápido, (3) alta fecundidad, (4) desarrollo directo, (5) ciclo de vida relativamente corto, (6) tolerante a una amplia gama de condiciones ambientales y (7) estrategia de alimentación flexible (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015).

Impactos: Es considerada como una especie de alto riesgo en aguas continentales (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015). Al llegar a ser una especie ingeniera en el funcionamiento de los sistemas hídricos, los efectos que ha generado su introducción en ambientes acuáticos son variados (CAR, 2016). Debido a que su comportamiento excavador, puede llegar a causar daños en zonas litorales al degradar, debilitar y producir desplazamientos de tierra y desperfectos en embalses y estructuras de irrigación, tambres construidos para el control de inundaciones, cimientos de edificaciones, tuberías de aguas servidas y cultivos (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015, CAR, 2016).

Por otro lado, la tolerancia a condiciones ambientales como largos períodos de sequía sumada a la alta proliferación y establecimiento de la especie, reduce poblaciones de peces, anfibios y crustáceos porque compite por territorio y alimento, además es un gran depredador de invertebrados que en sus diferentes fases de desarrollo ataca a su misma especie (Loureiro, Gentil, Araujo, Grosset & Almerao, 2015). Además, modifica en poco tiempo la estructura de la vegetación, debido a su actividad ramoneadora afectando aves buceadoras de hábitos fitófagos (Gutiérrez-Yurrita, Sancho, Bravo, Baltanás & Montes, 1998). De otro lado, las langostas afectan directamente a más de un nivel trófico (detritívoros, macroinvertebrados y herbívoros (Gutiérrez-Yurrita, Sancho, Bravo, Baltanás & Montes, 1998, CAR, 2016) y es considerada trasmisora de enfermedades exóticas a especies nativas.

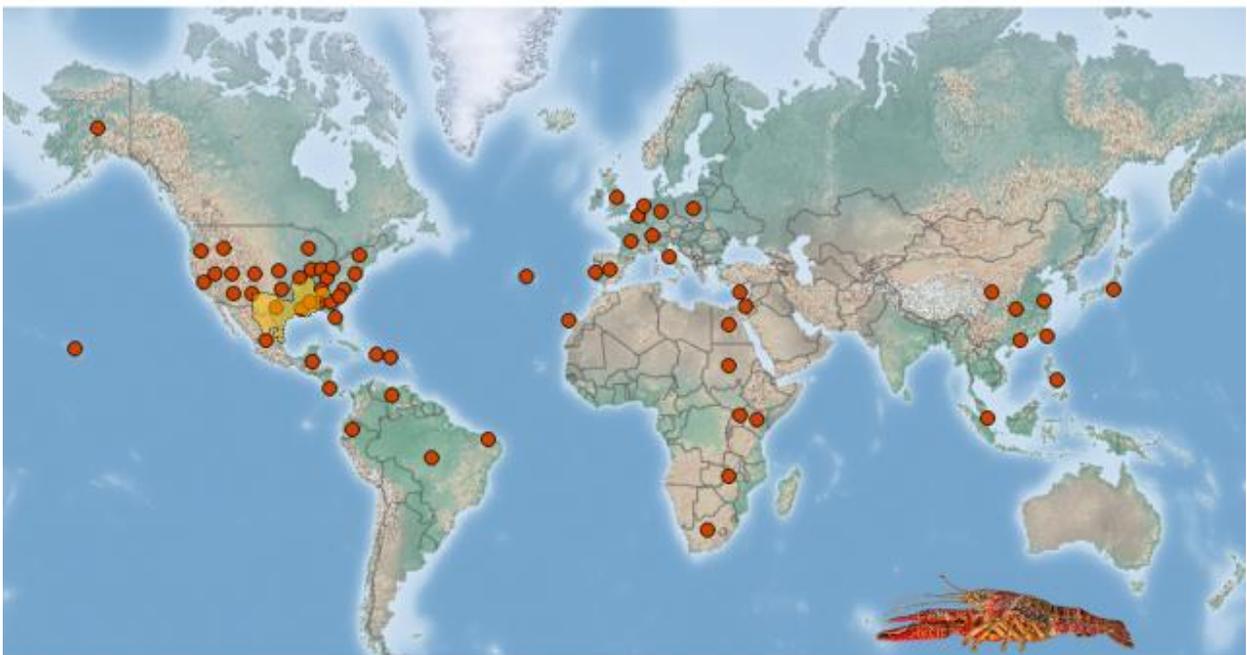


Figura 9. Distribución mundial de *Procambarus clarkii* (Girard, 1852). Puntos naranja indican reportes de presencia de individuos, en amarillo rango nativo de la especie. Modificado con información de: Loureiro, Gentil, Araujo, Souty-Grosset & Almerao (2015) y CABI (2018).

Condición de la especie en Costa Rica

De acuerdo con Huner (1977), *P. clarkii* fue introducida en Costa Rica alrededor del año 1966. Sin embargo, la información publicada sobre esta especie en Costa Rica

es sumamente escasa. Existen únicamente dos estudios publicados hasta la fecha. Cabrera-Peña (1994) describe aspectos morfométricos y reporta la presencia de la especie en las provincias de Cartago, Heredia, Alajuela, Guanacaste y Limón sin brindar coordenadas ni detalles sobre los sitios.

Mientras que Torres & Álvarez (2012), estudiaron la variación genética de poblaciones nativas (México) e introducidas (Costa Rica) de esta especie y concluyeron que la variación entre ambas poblaciones es baja.

Por otro lado, no existe una publicación como se ha dispersado desde su primera introducción al país. Consideramos que la dispersión ha sido principalmente por mediada por humanos intencionalmente.

Actualmente, la Universidad de Costa Rica está realizando un proyecto en el que está documentando la distribución geográfica y composición de la dieta de estas dos especies de langostas en Costa Rica. Hasta la fecha como resultados del proyecto se reporta presencia de *P. clarkii* en las provincias de Alajuela, Cartago y San José (Figura 10).

En San José se colectaron especímenes del Lago Metropolitano La Sabana (cantón de San José), así como de las lagunas del Parque Recreativo Universidad para la Paz- El Rodeo (cantón de Mora) (Figura 11). Por otro lado, las muestras colectadas en Cartago corresponden a la Laguna del Tecnológico de Costa Rica (cantón de Cartago), las lagunas del Jardín Botánico Lankester (cantón de Paraíso), Embalse de La Angostura (cantón de Turrialba) y del Embalse de Cachí (cantón de Paraíso) (Figura 11). En Alajuela se obtuvieron individuos de *P. clarkii* únicamente en la laguna del Parque Recreativo de Fraijanes (cantón de Alajuela) (Figura 11).

Con respecto al contenido estomacal, el ítem principal de la dieta encontrado en *P. clarkii* corresponde a materia vegetal. Además, se reportan una gran variedad de

ítems entre los cuales se pueden mencionar: insectos, cladóceros y plástico (Figura 12).

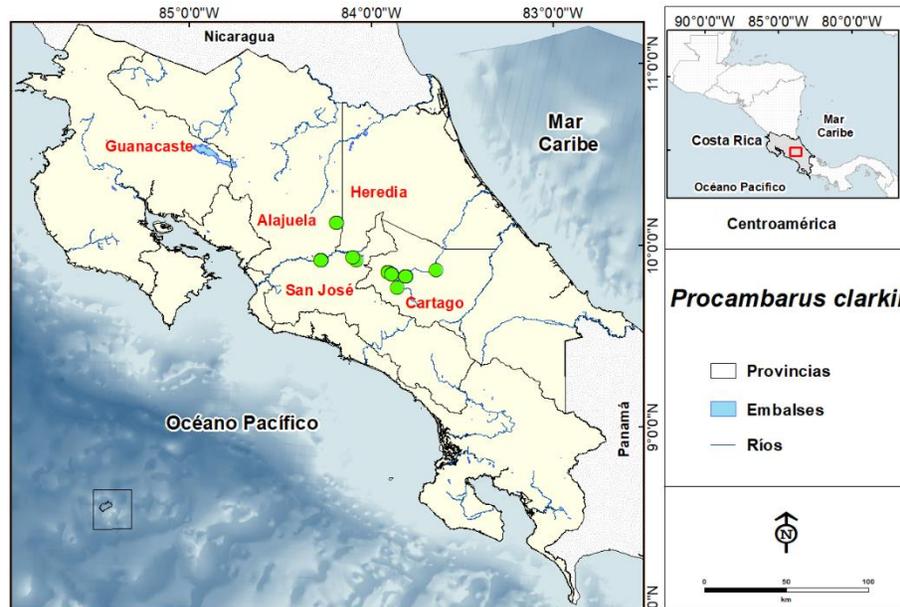


Figura 10. Distribución reportada para *Procambarus clarkii* en Costa Rica. Datos de proyecto: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en Costa Rica: el caso de las langostas de agua dulce, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) y *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). Fuente: Elaborado por Raquel Romero-Chaves.

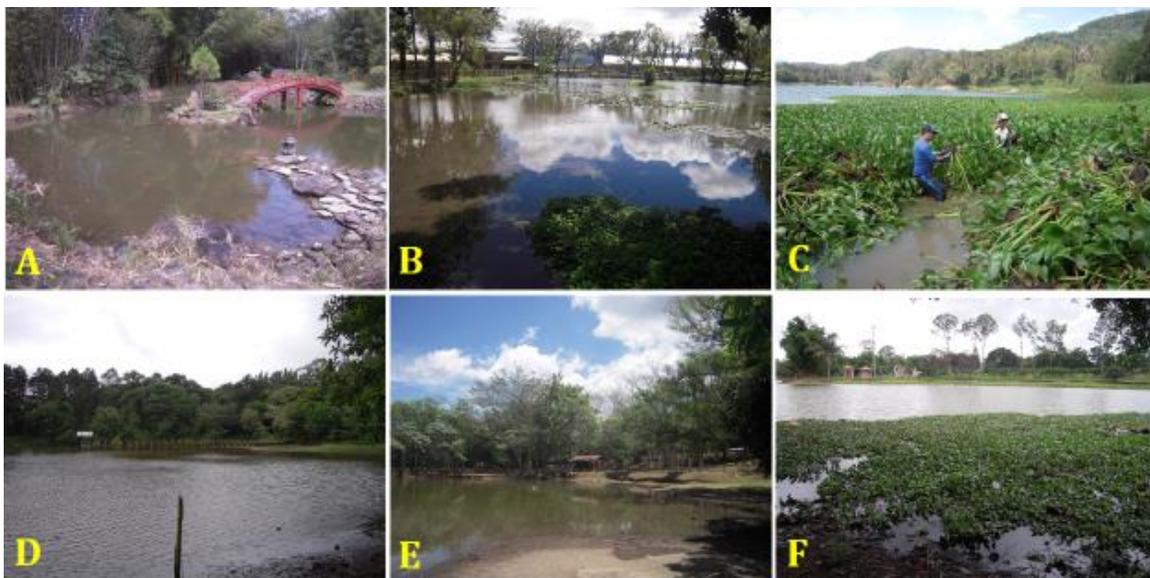
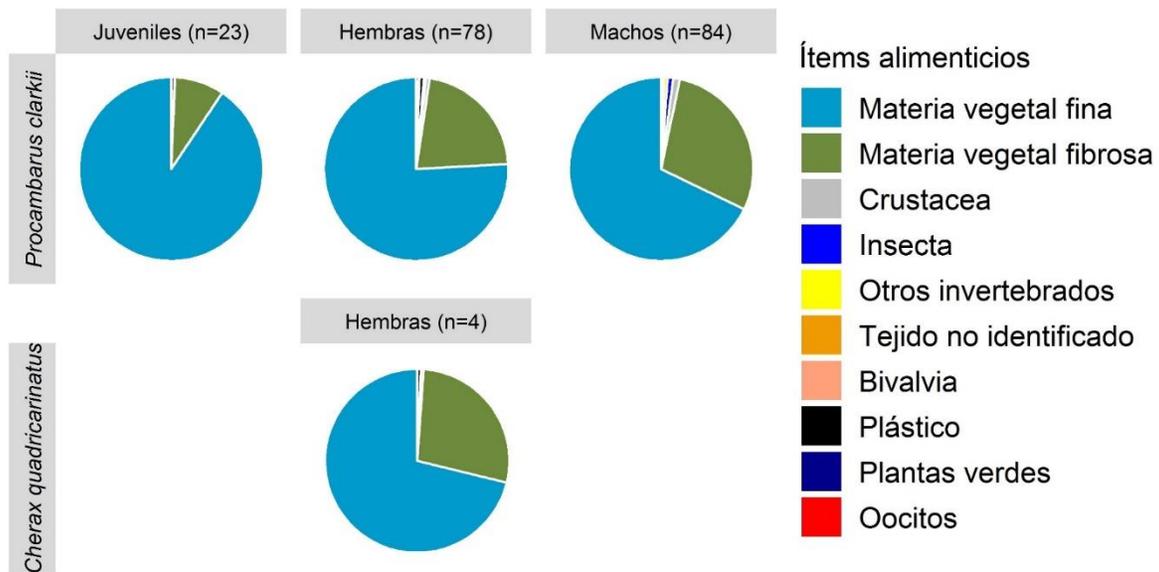


Figura 11. Sitios en que se colectaron especímenes de *Procambarus clarkii* en Costa Rica. Datos de proyecto: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en Costa Rica: el caso de las langostas de agua dulce, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) y *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). A: Jardín Botánico Lankester, B: Laguna del TEC, C: Embalse de Cachí, D: Laguna de Fraijanes, E: Laguna de El Rodeo, F: Lago Metropolitano de La Sabana. Fuente: Fotos de Fresia Villalobos-Rojas.



Porcentaje promedio en peso (g) del contenido estomacal

Figura 12. Contenido estomacal presente en *Procambarus clarkii* en Costa Rica. Fuente: Datos de proyecto: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en Costa Rica: el caso de las langostas de agua dulce, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) y *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae).

A pesar de la falta de información publicada, esta especie es considerada como una especie de importancia comercial por el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA) (AJDIP/289-2017, 2017). Sin embargo, según conversaciones con exfuncionarios del INCOPESCA, dicho instituto nunca incentivó, ni recomendó el cultivo de la especie en el país debido a sus características invasoras y poco rendimiento para comercio debido al tamaño de la cola (*comm. pers.* Herbert Nanne, Efraín Durán).

En una comunicación personal con el Máster Albert P. Gaude III indicó que en los 90's participó en un intento privado por cultivar *P. clarkii* en Guanacaste con el fin de exportar a Suecia. La operación se ubicó cerca del Río Tempisque, cerca del Parque Nacional Palo Verde. La fuente de agua que utilizaba el proyecto provenía del Lago Arenal, pasando por el río Corobicí y descargando al río Tempisque.

Los esfuerzos se vieron frustrados por el aumento de mercado proveniente de China. Para esas fechas indica el Máster Gaude III que *P. clarkii* podía comprarse en el mercado central de San José. De nuestro conocimiento, actualmente en Costa Rica se comercializa *P. clarkii* únicamente en la zona de Cartago, cerca del embalse de Cachí. En esta zona los fines de semana se venden langostas en tramos a la orilla de la calle. También hemos encontrado publicaciones en internet en que se ofrecen especímenes de *P. clarkii* para consumo y acuarismo (por ejemplo: Gambas de Costa Rica).

4.1.2. *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda: Parastacidae)

Sinonimia: *Astacus quadricarinatus* von Martens, 1868; *Chaeraps quadricarinatus* (von Martens, 1868); *Cheraps quadricarinatus* (von Martens, 1868)

Nombres comunes: langosta australiana, redclaw crayfish (inglés), acocil de quelas rojas

Posición taxonómica:

Reino Animalia

Filo Artrópoda

Subclase Mandibulata

Superclase Crustáceo

Clase Malacostraca

Subclase Eumalacostraca

Superorden Eucarida

Orden Decapoda

Suborden Pleocyemata

Familia: Parastacidae

Género: *Cherax*

Especie: *Cherax quadricarinatus*

Morfología: tiene un cuerpo típico de crustáceo dividido en cefalotórax y abdomen, con apéndices siguiendo el patrón del decápodo (**Error! Reference source not**

found.). Los apéndices abdominales llamados pleópodos están presentes tanto en machos como en hembras. Las tres primeras patas caminadoras (pereiópodos) son queladas (con pinzas) -una característica del infraorden Astacidea- (CAR, 2016).

El color del caparazón es típicamente de color azul, moteado con beige y rojo en las articulaciones y el cuerpo, así como con manchas rojas en los segmentos abdominales. El caparazón es liso con un par de largas crestas post-orbitales que forman dos quillas en el caparazón anterior; tres espinas del caparazón detrás del surco cervical (**Error! Reference source not found.**).

El rostro es largo con la punta prominente y tres espinas laterales cortas. Quela con el borde recto y liso, en machos maduros el propodio no está calcificado formando un parche rojo-anaranjado (**Error! Reference source not found.**). Espuela distintiva en el margen inferior de la coxa del quelípedo. Los especímenes maduros pueden llegar a medir hasta 350 milímetros de longitud total. Los machos y hembras se distinguen por la posición de los poros genitales (gonoporos).

En las hembras se localizan en el coxopodito del tercer par de pereiópodos en hembras y en el quinto par en machos (**Error! Reference source not found.**). Adicionalmente, los machos presentan un parche rojo en las quelas, que está ausente en las hembras (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Reproducción: esta especie tiene reproducción sexual, alcanzando la madurez sexual a los 100 milímetros de longitud total aproximadamente. Sin embargo, en sistemas de cultivo se han reportado individuos intersexuales que consisten en individuos machos con características sexuales femeninas o viceversa, los cuales en ocasiones llegan a ser funcionales (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Es una especie que posee la estrategia “r”, que consiste en un ciclo de vida corto y una alta tasa de reproducción y propagación (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Con respecto su fecundidad, se ha reportado que puede variar entre 460 hasta los 1348 huevos por hembra, dependiente de su talla (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Los huevos son fertilizados por un espermátforo que el macho deposita en la base de los pereiópodos durante la cópula. Una vez fertilizados permanecen adheridos a los pleópodos de las hembras y la incubación se lleva a cabo durante un periodo de seis semanas mientras se lleva a cabo el desarrollo larval. Al nacer, los juveniles permanecen adheridos a los pelos o setas de las patas de las hembras y se quedan junto a sus madres por unas semanas.



Figura 13. Foto de la langosta australiana, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). Hembra proveniente de cultivo, Costa Rica. Fuente: Foto tomada por Julian Schneider.

La especie alcanza su madurez sexual en un periodo entre seis a doce meses y su vida reproductiva puede durar de uno a cuatro años. En cautiverio se presenta una regulación de la reproducción dependiente de la densidad (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011). El cuido parental, el ciclo de vida simple (con pocos estadios larvales) y su nacimiento como juveniles parecidos a un adulto milimétrico le confiere gran ventaja a esta especie.

Ecología trófica: Esta langosta se alimenta principalmente de detritus y zooplancton, lo que le permite sobrevivir y persistir en una gran variedad de hábitats (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011). El hábitat natural consiste principalmente en cavidades naturales en la parte alta de los ríos, aunque pueden vivir en una gran variedad de hábitats (desde arroyos rocosos, con agua clara hasta pozas turbias con arena, con una marcada preferencia por aguas estancadas o de lento movimiento (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Se les encuentra en abundancia en donde hay troncos caídos en el agua, presencia de una alta densidad de macrófitas. En esta especie los refugios serían utilizados principalmente como un mecanismo para concentrar individuos y facilitar la reproducción, lo que explicaría el hecho de encontrar un mayor número de hembras ovígeras en estos sitios (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Esta especie se considera bastante susceptible a patógenos. Se ha reportado la presencia de virus, bacterias, hongos (*Afanomyces astaci*, *Saprolegnia*, *Fusarium*), epibiontes (protozoarios), microsporidios, nematodos y trematodos (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Comportamiento: esta especie tiene un comportamiento agresivo dominante, que está influenciado por la talla. Todas las especies de *Cherax* forman jerarquías basadas en la dominancia y en el tamaño, en las que la presencia de los individuos más grandes y más dominantes inhibe el crecimiento de los individuos pequeños. Gran parte de esta inhibición resulta de las interacciones agresivas directas y de la competencia por recursos alimenticios o por hábitat, así como por provocación de stress o señales químicas (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Además, presenta agresividad intraespecífica en etapa juvenil, así como un canibalismo muy marcado (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011). Se ha demostrado que algunas especies de *Cherax* tienen una gran plasticidad en su comportamiento, lo que les permite ser invasores exitosos.

Distribución e historia de invasión: es nativa de Australia y de Papúa Nueva Guinea, y considerada una especie invasora, especialmente en países tropicales y subtropicales como Puerto Rico, Singapur, Jamaica, México y África del Sur (Figura 14) (Vega-Villasante *et al.* 2015, Azoifeifa-Solano, Naranjo-Elizondo, Humberto Rojas-Carranza & Cedeño-Fonseca (2017)).

La langosta australiana es actualmente una de las especies de langostas de agua dulce más cultivadas comercialmente en el mundo (Nueva Caledonia, África, China, Taiwán, Japón, Malasia, Israel, Italia, Estados Unidos, México, el Caribe, Puerto Rico, Ecuador y Argentina) (Vega-Villasante *et al.*, 2015).

No todas las introducciones se han realizado cumpliendo todos los permisos (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011). Debido a que tiene un comportamiento de alimentación omnívoro, crecimiento rápido y es de cultivo fácil ha sido introducido con fines comerciales (Vega-Villasante *et al.*, 2015).

Es una especie altamente invasiva debido a su alta capacidad reproductiva, su capacidad para adaptarse a muchos entornos y de escapar de cautiverio (Torres-Montoya *et al.*, 2016). A pesar de esto, los impactos ecológicos de la proliferación de *C. quadricarinatus* en ríos y embalses son prácticamente desconocidos.

Impactos: Las implicaciones para la ecología de estos ecosistemas aún se desconocen; no obstante, representan un motivo de presión competitiva para las poblaciones de langostinos nativos de las zonas. Además, se considera que es capaz de impactar a macroinvertebrados y a las macrófitas cuando se encuentra en altas densidades. Debido a *C. quadricarinatus* puede excluir a especies endémicas de la región nativa al competir por alimento y hábitat, se sugiere que podrá hacerlo fuera de su área de distribución natural (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).



Figura 14. Distribución mundial de *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). Puntos naranja indican reportes de presencia de individuos, en amarillo rango nativo de la especie. Fuente: modificado con información de Jones & Ruscoe (1996), Azofeifa-Solano, Naranjo-Elizondo, Humberto Rojas-Carranza & Cedeño-Fonseca (2017) y CABI (2018).

Condición de *Cherax quadricarinatus* en Costa Rica:

En Costa Rica una empresa de acuicultura introdujo a la langosta australiana en el año 1985 como una posible alternativa al cultivo de tilapia en la zona de Cañas, Guanacaste (UTN, 2016).

Según comunicación personal con Efraín Durán, exfuncionario del INCOPECA, en los 90's esta institución compró alrededor de 75 parejas de langostas con el fin estudiar su potencial de cultivo en Cañas (Guanacaste) y Guápiles (Limón).

Los resultados del estudio indicaron que no era apta, ni recomendada para cultivo por su comportamiento excavador que le permite escapar de los cultivos. Tanto, así que para esa época se encontraba a la especie en los ríos de la zona de Cañas. En la actualidad el INCOPECA no incentiva el cultivo de esta especie (comm. pers. Álvaro Otárola Director General Técnico a.i. de INCOPECA). Sin embargo, la Universidad Técnica Nacional (UTN) está desarrollando actividades para cultivar esta especie en el país, incluyendo la venta de "juveniles" (UTN 2016).

Por otro lado, Azofeifa-Solano, Naranjo-Elizondo, Rojas-Carranza & Cedeño-Fonseca (2017) reportaron *C. quadricarinatus* en ambientes naturales en un río en San Carlos (Alajuela).

Actualmente, la Universidad de Costa Rica está realizando un proyecto (VI-808-B7-285) en el que está documentando la distribución geográfica y composición de la dieta de estas dos especies de langostas en Costa Rica. Hasta la fecha como resultados del proyecto se reporta presencia de *C. quadricarinatus* en las provincias de Alajuela y Guanacaste (Figura 15). En Alajuela se tienen registros de especímenes en Santa María de San Carlos, mientras que en Guanacaste se colectaron especímenes en los canales de riego de Bagatzí (Figura 16). Durante las giras de muestreos se nos indicó la presencia de la especie en varios canales de riego, y a pesar de observar madrigueras no logramos capturar especímenes. Diversas fuentes de información (María Cháves de MIDEPLAN en San Carlos, la bióloga Fiorella Vásquez, entre otros) nos han indicado la presencia de langosta australiana en fincas y restaurantes en la zona de San Carlos (Alajuela) y Tilarán (Guanacaste) (Figura 16).

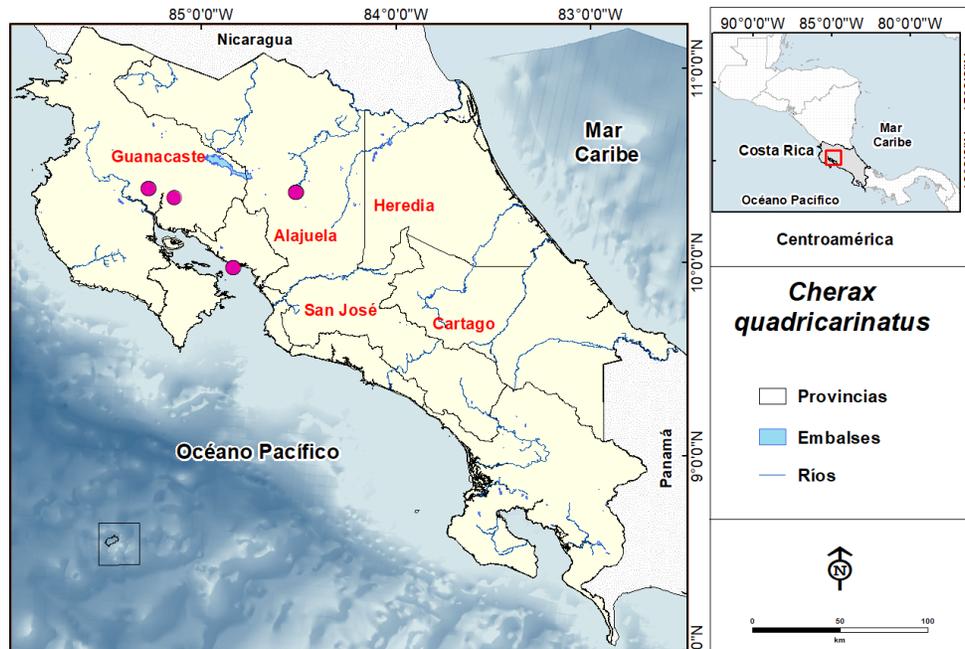


Figura 15. Distribución reportada para *Cherax quadricarinatus* en Costa Rica. Datos de proyecto: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en Costa Rica: el caso de las langostas de agua dulce, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) y *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). Fuente: elaborado por Raquel Romero-Chaves.

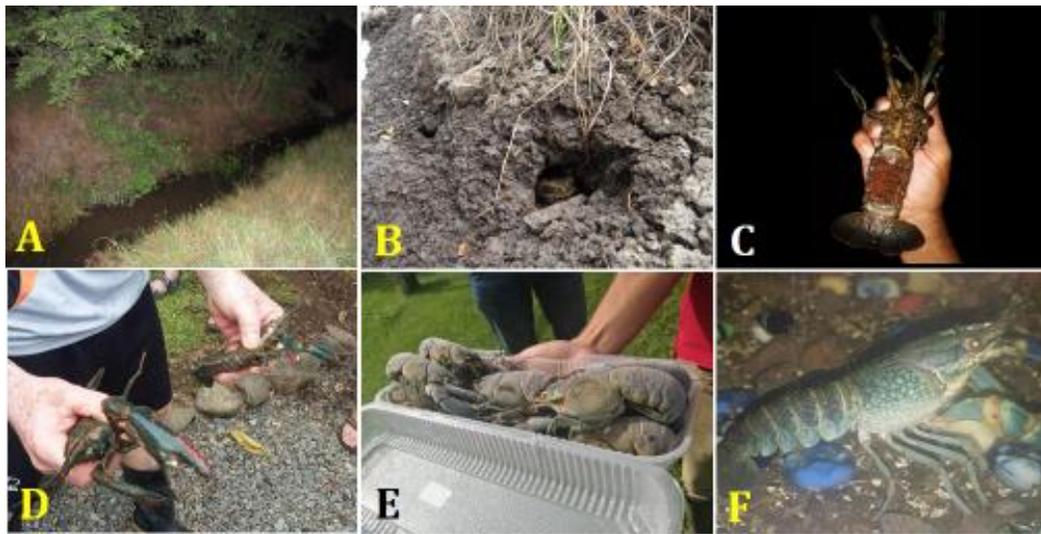


Figura 16. Sitios en que se reportan especímenes de *Cherax quadricarinatus* en Costa Rica. Fuente: Datos de proyecto: B7285 - Decápodos exóticos introducidos en Costa Rica: el caso de las langostas de agua dulce, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) y *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). A: Canal de riego, Bagatzí, B: Madriguera de *Cherax quadricarinatus* ocupada por un sapo, C: Bar y Restaurante Las Peceras, Tilarán (Guanacaste), D: Finca Rancho Verde, E: La Marina de San Carlos (Alajuela), F: No indica localidad (tomada de Gambas de Costa Rica). Fuente: Fotos de Fresia Villalobos-Rojas (A-B) y de páginas de Facebook respectivas (C-F).

4.1.3. Control y manejo de langostas de agua dulce

Dentro de las opciones de manejo se incluyen la eliminación y reducción de poblaciones mediante métodos físicos, químicos o biológicos, así como el uso de legislación para prohibir el transporte y liberación de especímenes (Gherardi, Aquiloni, Diéquez-Uribeindo & Tricarico, 2011). Como método de control físico son comúnmente utilizadas las campañas de extracción utilizando trampas, redes y electropesca, pero no son eficientes para la erradicación de la especie. Cuando se invierte en control físico lo mejor es utilizar el trampeo continuo en vez de un trampeo intenso de corto plazo que tiende a estimular a las poblaciones a madurar más temprano.

Una opción que se ha utilizado para el manejo de poblaciones exóticas de *Cherax* spp. introducidas en el medio natural es impulsar la pesca recreativa de estos organismos. La pesca se realiza principalmente con trampas y hay que tener en cuenta la pesca incidental de otros organismos (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011)

El vaciado de lagos y lagunas es también utilizado, especialmente cuando sus aguas tienen poblaciones con una alta densidad. Sin embargo, como *P. clarkii* es resistente a la sequía debido a su comportamiento excavador, puede que esta técnica no sea eficiente.

También se ha utilizado la excavación mecánica con el fin de destruir las madrigueras y áreas potenciales de refugio de las langostas (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011). La creación de barreras físicas como represas, el cierre de canales y el enrejado se han utilizado con el objetivo de impedir que las poblaciones se escapen al momento de aplicar otra forma de control. Este tipo de barreras han funcionado solo de forma temporal (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Como métodos químicos se han utilizado xenobióticos, organofosfatos, organoclorados, piretroides e insecticidas (Cecchinelli et al., 2012). Se consideran

métodos ineficientes y caros; ya que tiene una alta selectividad en el efecto según el tamaño de la langosta, y además pueden tener impactos devastantes en poblaciones nativas (Loureiro, Gentil, Araujo, Souty-Grosset & Almerao 2015). Además, podría existir la posibilidad de utilizar feromonas como atractivos sexuales para controlar las especies de langostas, sin embargo se necesitan más estudios al respecto para demostrar su eficacia (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

De manera similar otro posible método es la introducción de machos estériles en las poblaciones, pero el método involucra cierto riesgo ya que un solo macho puede reproducirse con muchas hembras en poco tiempo y sería difícil asegurarse de que todos los machos hayan sido esterilizados (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

La mejor alternativa para evitar los escapes de las langostas de los cultivos es utilizar sistemas cerrados. Sin embargo, los resultados de cultivo en sistemas cerrados con recirculación no tienen tan buenos resultados como los abiertos. Por esto una de las medidas más eficaces para el cultivo de poblaciones potencialmente invasoras, es cultivar poblaciones monosexuales con poblaciones de machos (Gherardi, Aquiloni, Diéquez-Urbeindo & Tricarico, 2011; Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Los métodos de control biológicos utilizados a nivel mundial incluyen peces como depredadores, organismos diversos como causantes de enfermedades y microbios como productores de toxinas. El único método eficiente hasta el momento ha sido el uso de peces (anguilas, percas, gadiformes, entre otros) (Gherardi, Aquiloni, Diéquez-Urbeindo & Tricarico, 2011). El uso de control biológico es riesgoso porque podría conducir a nuevas introducciones de especies exóticas afectando a las especies nativas.

Los métodos preventivos para evitar la introducción y dispersión de las langostas en el país son herramientas prioritarias en el país. Por ejemplo, mediante el refuerzo de la normativa y legislación nacional para evitar introducciones intencionales

(Gherardi, Aquiloni, Diéquez-Urbeindo & Tricarico, 2011). Otro método preventivo es la educación de la población acerca de los impactos de especies invasoras, cómo controlar y prevenir sus impactos, entre otros.

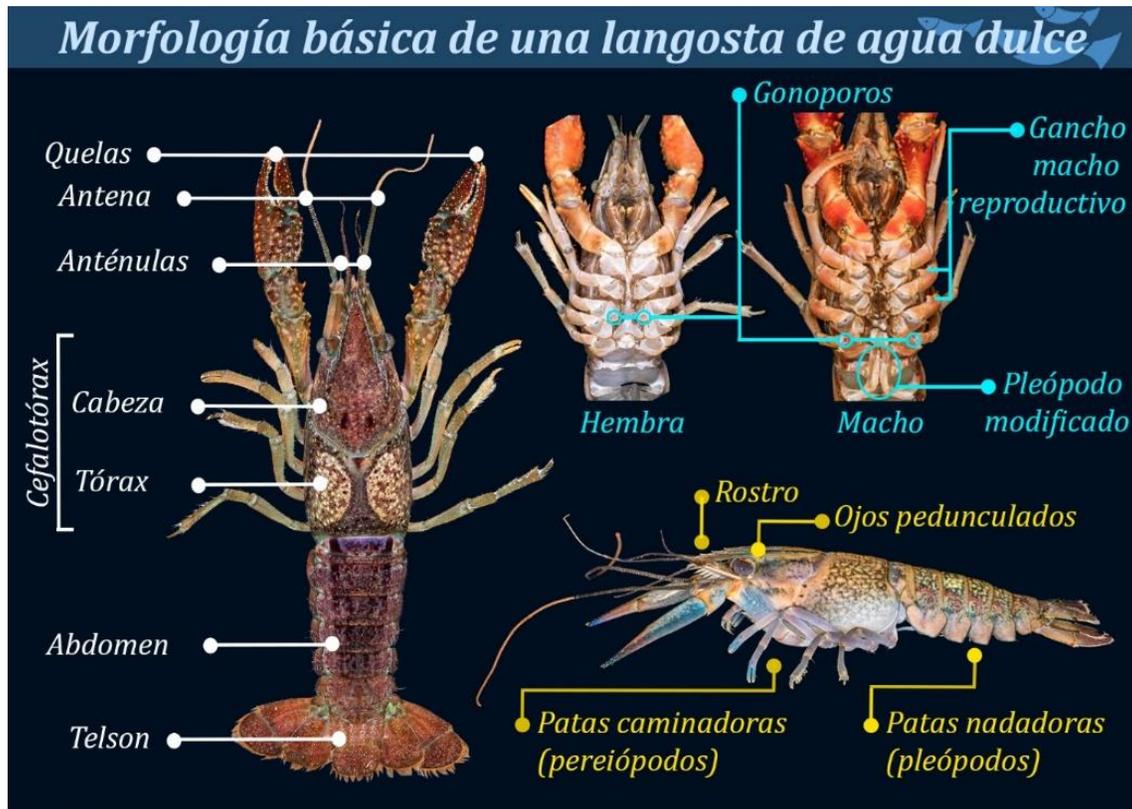
Todos los métodos mencionados anteriormente tienen sus costos y beneficios, por lo tanto una combinación de dichos métodos deben ser considerados (Gherardi, Aquiloni, Diéquez-Urbeindo & Tricarico, 2011).

4.2. Guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*.

Como parte del primer objetivo de este trabajo se presenta la “**Guía de Campo para la identificación de especies de las langostas exóticas *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*.**” El propósito de esta guía es que sea utilizada para facilitar la identificación de ambas especies en el campo, diferenciándolas de especies nativas de decápodos, así como entre sí (*Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*).

La Guía consta de tres láminas que se describen a continuación:

Lámina 1. Primera parte de guía de campo: Morfología básica de una langosta de agua dulce.



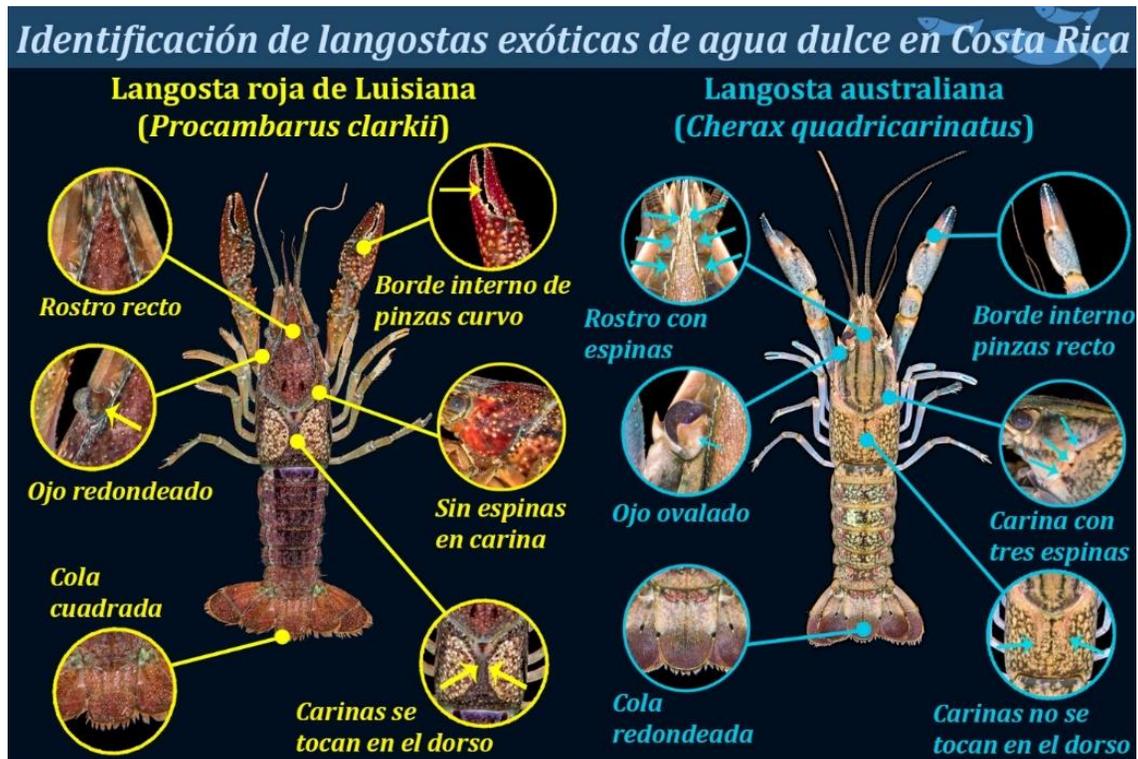
En la lámina 1 se presentan las principales características morfológicas de una langosta de agua dulce. Al lado izquierdo se presenta una vista dorsal de una langosta y se señalan las partes principales del cuerpo de un decápodo. Al lado superior derecho se presentan vistas ventrales del cefalotórax de una hembra y un macho de langosta, con el fin de observar las principales características reproductivas y diferencias entre una hembra y un macho. Al lado inferior derecho se presenta una langosta en vista lateral y se nombran apéndices importantes para la identificación de langostas.

Lámina 2: Segunda parte de guía de campo: ¿cómo distinguir una langosta de langosta de agua dulce?



En la lámina 2 se presentan cinco características que deben de poseer una langosta de agua dulce con el fin de diferenciarlas de otros decápodos de agua dulce presentes en el país. Algunas características son compartidas otras especies langostinos o camarones presentes en el país. Las langostas son las únicas que presentan las cinco características en un solo individuo.

Lámina 3: Tercera parte de guía de campo: Identificación de las langostas exóticas de agua dulce presentes en Costa Rica.



En la lámina 3 se presentan las seis diferencias que se pueden utilizar para diferenciar entre *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus*. Se deben de observar las siguientes características morfológicas del cuerpo de las langostas para poder diferenciar entre especies:

CARACTERÍSTICA	<i>Procambarus clarkii</i>	<i>Cherax quadricarinatus</i>
Rostro	Sin espinas	Con espinas
Forma de ojo	Redondeado	Ovalado
Forma de cola	Cuadrada	Redondeada
Borde interno de pinzas	Curvo	Recto
Carina del cefalotórax	Sin espinas	Con espinas
Carinas del dorso	Se tocan	No se tocan

4.3. Protocolo para el monitoreo participativo de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Costa Rica.

El protocolo para el monitoreo debe de ser una herramienta práctica, lo suficientemente detallada para que sea replicada por los actores involucrados con la problemática de las langostas de agua dulce (*Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii*) en Costa Rica. Este protocolo es complementario a la guía de identificación y es indispensable para adoptar las medidas de manejo que se proponen para *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.

Se pretende proveer las herramientas metodológicas mínimas necesarias para que los funcionarios del SINAC puedan sumarse a la consecución de información sobre el comportamiento e impacto de las especies *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* en nuestros ecosistemas.

Mediante el monitoreo biológico, se pretende registrar información específica sobre una especie de modo consistente a lo largo del tiempo, con el fin de mejorar entendimiento de las especies exóticas y contribuir a un manejo más efectivo de las mismas (García-Lahera, Rodríguez-Farrat, Salabarría-Fernández, 2017).

4.3.1. Indicadores

Con el fin de evaluar la integridad ecológica de un Área Silvestre Protegida (ASP) se desarrolló el Marco conceptual y guía metodológica para la Integridad ecológica en Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica (SINAC, 2016b). La evaluación de la integridad ecológica, está inmersa dentro del marco conceptual y operativo desarrollado para evaluar la efectividad de manejo de las ASP (Hockings, Stolton, Leverington, Dudley & Courrau, 2006). La integridad ecológica se define como la capacidad de un sistema ecológico de soportar y mantener una comunidad de organismos de carácter adaptativo, cuya composición de especies, diversidad y organización funcional, son comparables con los hábitats naturales dentro de una región particular (SINAC, 2016b). En otras palabras un sistema mantiene su

integridad ecológica cuando sus características ecológicas dominantes (ej. composición, estructura, función, procesos ecológicos) ocurren dentro de los rangos de variación naturales, y son capaces de resistir y recuperarse de la mayoría de disturbios ambientales, ya sean de carácter natural o antropogénico (SINAC, 2016b). Se ha determinado siete pasos para la evaluación de la integridad ecológica:

- a. La revisión de los objetivos de conservación del ASP
- b. La identificación de objetos de conservación
- c. La identificación de atributos ecológicos clave
- d. La identificación de indicadores
- e. La identificación del rango aceptable de variación de los indicadores
- f. La calificación de cada objeto de conservación

Existe una serie de conceptos claves para el entendimiento y aplicación de la evaluación de la integridad ecológica. Se definen a continuación (SINAC, 2016^a, 2016b):

Objetos de conservación: son un número limitado de especies, comunidades naturales, o sistemas ecológicos, que representan la biodiversidad de un paisaje a ser conservado, o de un Área Protegida, y que por lo tanto, pueden ser utilizados en la medición de la efectividad de las medidas de conservación. Se recomienda la selección de comunidades ecológicas o sistemas, como objetos de conservación, seleccionando además especies individuales con características ecológicas únicas, que no estén representadas en la conservación de las comunidades o sistemas ecológicos en los cuales ocurren.

Atributos ecológicos clave (AEC): para cada elemento de conservación, deben identificarse los AEC, que constituyen la estructura, composición, interacciones y factores bióticos o abióticos, que hacen posible que el objeto de conservación persista; ya que influyen en características como el tamaño del objeto de conservación, su condición y el contexto paisajístico donde se encuentra.

Tamaño: Mide el área de abundancia u ocurrencia del elemento focal de manejo. Una disminución en el tamaño mínimo y el número de hábitats naturales puede llevar a la desaparición de especies individuales.

Contexto paisajístico: Mide el grado en que los paisajes facilitan o impiden el movimiento de recursos entre diferentes hábitats o comunidades.

Directamente relacionado con el grado de conectividad del hábitat, procesos de fragmentación, interrupción o agregación de hábitats.

Condición (Composición y Estructura): Mide los procesos bióticos y abióticos dentro de la zona de ocurrencia del elemento focal de manejo. Incluye factores como: reproducción, composición biológica, estructura biológica, características ambientales, perturbaciones naturales y factores abióticos.

Indicador: Es aquella característica o condición que sea relevante, precisa y sensible a cambios durante el tiempo y que pueda ser determinado y caracterizado de forma precisa y práctica con costo razonable.

Monitoreo: Es la medición de un indicador a través del tiempo para evaluar los cambios en el medio ambiente.

Ámbito de variación permisible: Condiciones mínimas en las cuales cada especie de mamífero acuático puede persistir tanto en el tiempo como el espacio.

En el caso de este proyecto los indicadores propuestos podrían ser características a monitorear en un cuerpo de agua, en caso de que éste sea considerado un objeto de conservación de un ASP. Por medio de estos indicadores será posible determinar acciones de manejo adecuadas según el proceso de invasión en que se encuentren las especies en cada Área de Conservación. Con respecto, el ámbito de variación permisible no fue posible determinarlo por falta de información sobre la interacción de las langostas en ecosistemas nacionales.

Para el monitoreo de *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* se proponen tres indicadores: (1) distribución geográfica de las langostas, (2) número de individuos por especie, (3) número de hembras reproductivas.

Cada indicador tiene un objetivo asociado, sin embargo este protocolo está diseñado para que los tres indicadores se puedan desarrollar simultáneamente durante la misma salida de campo (Cuadro 11, Cuadro 12 y Cuadro 13).

La distribución geográfica de las langostas estará representado por un punto de coordenadas geográficas del sitio en que se ha colectado especímenes. Este indicador es importante para determinar la amplitud de distribución de las especies a través del tiempo.

El número de individuos por especie permitirá darse una idea preliminar de la abundancia de especímenes por sitio de muestreo. Mientras que el número de hembras reproductivas permitirá conocer si la población en un sitio se está reproduciendo.

Cuadro 11. Indicador 1: distribución geográfica de las langostas. Fuente: Elaboración propia

OBJETIVO 1: Determinar la presencia de <i>Procambarus clarkii</i> y <i>Cherax quadricarinatus</i> en los cuerpos de agua de las Áreas de Conservación.	
FRECUENCIA DE MONITOREO: Mínimo dos veces al año en cada localidad, una en época seca (entre diciembre y marzo) y otra en época lluviosa (entre setiembre y noviembre).	
ESFUERZO DE MONITOREO: Muestreo manual (Red D) 2 horas por sitio como mínimo: 1 hora en el día (entre 6am-5pm) y 1 hora en la noche (entre 6pm-4am). Muestreo con trampas: mínimo 5 días continuos.	RECURSO HUMANO: 1 funcionario EQUIPO REQUERIDO: 3 trampas, 1 red D, guantes, 6 bolsas de tela, GPS, hoja de datos, lápiz, reloj, etiquetas, cámara fotográfica.
CONOCIMIENTO PREVIO: Uso de guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i>	

Cuadro 12. Indicador 2: número individuos por especie. Fuente: Elaboración propia

OBJETIVO 2: Determinar abundancia de <i>Procambarus clarkii</i> y <i>Cherax quadricarinatus</i> en las Áreas de Conservación.	
FRECUENCIA DE MONITOREO: Mínimo dos veces al año en cada localidad, una en época seca (entre diciembre y marzo) y otra en época lluviosa (entre setiembre y noviembre).	
ESFUERZO DE MONITOREO: Muestreo manual (Red D) 2 horas por sitio como mínimo: 1 hora en el día (entre 6am-5pm) y 1 hora en la noche (entre 6pm-4am). Muestreo con trampas: mínimo 5 días continuos.	RECURSO HUMANO: 1 funcionario
	EQUIPO REQUERIDO: 3 trampas, 1 red D, guantes, 6 bolsas de tela, GPS, hoja de datos, lápiz, reloj, vernier, etiquetas, cámara fotográfica.
CONOCIMIENTO PREVIO: Uso de guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i>	

Cuadro 13. Indicador 3: número de hembras reproductivas. Fuente: Elaboración propia

OBJETIVO 3: Determinar la presencia de hembras reproductivas de <i>Procambarus clarkii</i> y <i>Cherax quadricarinatus</i> en las Áreas de Conservación.	
FRECUENCIA DE MONITOREO: Mínimo dos veces al año en cada localidad, una en época seca (entre diciembre y marzo) y otra en época lluviosa (entre setiembre y noviembre).	
ESFUERZO DE MONITOREO: Muestreo manual (Red D) 2 horas por sitio como mínimo: 1 hora en el día (entre 6am-5pm) y 1 hora en la noche (entre 6pm-4am). Muestreo con trampas: mínimo 5 días continuos.	RECURSO HUMANO: 1 funcionario
	EQUIPO REQUERIDO: 3 trampas, 1 red D, guantes, bolsas de tela, GPS, hoja de datos, lápiz, reloj, vernier, etiquetas, cámara fotográfica.
CONOCIMIENTO PREVIO: Uso de guía de campo para la identificación de las langostas exóticas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i> y <i>Procambarus clarkii</i>	

4.3.2. Caracterización del muestreo y cuerpo de agua muestreado

Es esencial caracterizar el cuerpo de agua que se está muestreando con el fin de conocer el tipo de hábitat que están usando las langostas. Además es importante anotar las características del muestreo realizado (tipo de muestreo, tiempo de muestreo, hora de inicio y final de muestreo, nombres de colectores, etc.).

Muchas características se deben de tomar en el campo, mientras que otras pueden obtenerse de literatura. Es importante documentar el muestreo de campo, la captura de langostas y lo observado en el campo mediante la toma de fotografías. Se recomienda utilizar la hoja de datos presente en Anexo 5.

Las características primordiales a anotar del cuerpo de agua son:

Altitud: se anota la altitud en msnm.

Ubicación de tramo del cuerpo de agua muestreado: con GPS se debe tomar los puntos de inicio y final del tramo muestreado en grados decimales.

Tipo de cuerpo de agua: riachuelo, río, laguna, lago, estanque artificial.

Tipo de sustrato dentro cuerpo de agua: barro, arena, piedras, rocas, presencia de plantas acuáticas, etc.

Clima: se anota el estado del tiempo lluvioso, nublado, soleado.

Estacionalidad: época lluviosa, seca o transición.

Longitud del tramo muestreado: se toma la medida del tramo muestreado en metros.

Presencia de cuevas: ambas especies de langostas son excavadoras por lo tanto es común observar huecos en las paredes u orillas de los cuerpos de agua (Figura 17) en sitios con presencia de langosta.

4.3.3. Metodología de muestreo

Es indispensable preparar con anticipación el equipo básico presente en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Equipo básico requerido para la colecta de langostas en el campo.

Fuente: Elaboración propia

	• Guantes de nitrilo, látex, para realizar capturas directamente con la mano, que permitan una alta sensibilidad y maniobrabilidad.
	• Red de mano con mango telescópico o fijo de longitud adecuada a la profundidad de los tramos de muestreo.
	• Lintera , para los muestreos nocturnos
	• Bolsas de tela o recipientes , para almacenar las capturas.
	• Nasas o trampas , para dejar con cebo y capturar langostas
	• Estereoscopio o lupa , para sexar los especímenes más pequeños
	• GPS , para tomar las coordenadas del sitio de muestreo
	• Reloj , para tomar el tiempo de muestreo
	• Cámara fotográfica

El muestreo de langostas de agua dulce se puede realizar mediante diversas técnicas dentro de las cuales podemos nombrar: extracción manual, uso de trampas o nasas y uso de electropesca. Este protocolo recomienda el uso de la extracción manual y el uso de trampas, ya que son las técnicas más prácticas y factibles para ser utilizadas por funcionarios de las Áreas de Conservación.

Extracción manual: Este método consiste en buscar en un cuerpo de agua y extraer todas las langostas que sean encontradas. Se pueden capturar con la mano o utilizando redes (principalmente en áreas con vegetación y en aguas muy turbias). En ocasiones, incluso se puede excavar en las madrigueras para incrementar el número de organismos extraídos (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Este método tiene la desventaja de que involucra mucho esfuerzo y trabajo, pero cuenta con la ventaja de que se pueden capturar organismos de todos tamaños, lo que no es posible lograr con otros métodos, como el trampeo (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Para las capturas manuales, aunque pueda resultar más cómodo trabajar a piel descubierta, pueden producirse lesiones y arañazos, con el consiguiente riesgo de infección. Para evitar lesiones los cangrejos se sostienen por el cefalotórax, realizando la aproximación siempre por el lado opuesto a las pinzas.

Se recomienda como mínimo un esfuerzo de muestreo total de 2 horas por cuerpo de agua; 1 hora de muestreo en el día (entre 6am-5pm) y otra hora de muestreo en la noche (entre 6pm-4am).

Extracción con trampas: Estas trampas o nasas se deben colocar con un cebo fijado en el interior sin que quede en contacto con la malla, con el fin de impedir que las langostas puedan consumirlo desde el exterior. Para esto, el cebo puede colgarse de la malla de la nasa con gacillas o introducirlo en envases de plástico perforados para evitar que sea consumido por otras especies de peces, aves, etc.

El cebo debe ser de preferencia vísceras de pollo, alimento de gato o desechos de carnicería y deben de reponerse diariamente. Existen diversos tipos de trampas que difieren en materiales de construcción, tamaño de malla, dimensiones físicas, número de entradas, entre otros.

Se recomienda confeccionar una nasa con las dimensiones mencionadas en la Figura 17. Una vez en el sitio es indispensable anclar las trampas y etiquetarlas para evitar que las extraigan sin querer. Las trampas se deben de dejar por cinco días y ser revisadas cada 24 horas para:

- (1) comprobar su correcta operatividad (anclajes, cebo);
- (2) evitar o reducir capturas accidentales de especies no objetivo;

(3) evitar pérdida de eficacia porque esté saturada de capturas (una nasa llena de cangrejos adultos puede cohibir, desanimar o cuanto menos alertar a otros congéneres);

(4) evitar pérdida de eficacia porque la malla se tape con algas (especialmente en medios estancados eutróficos).

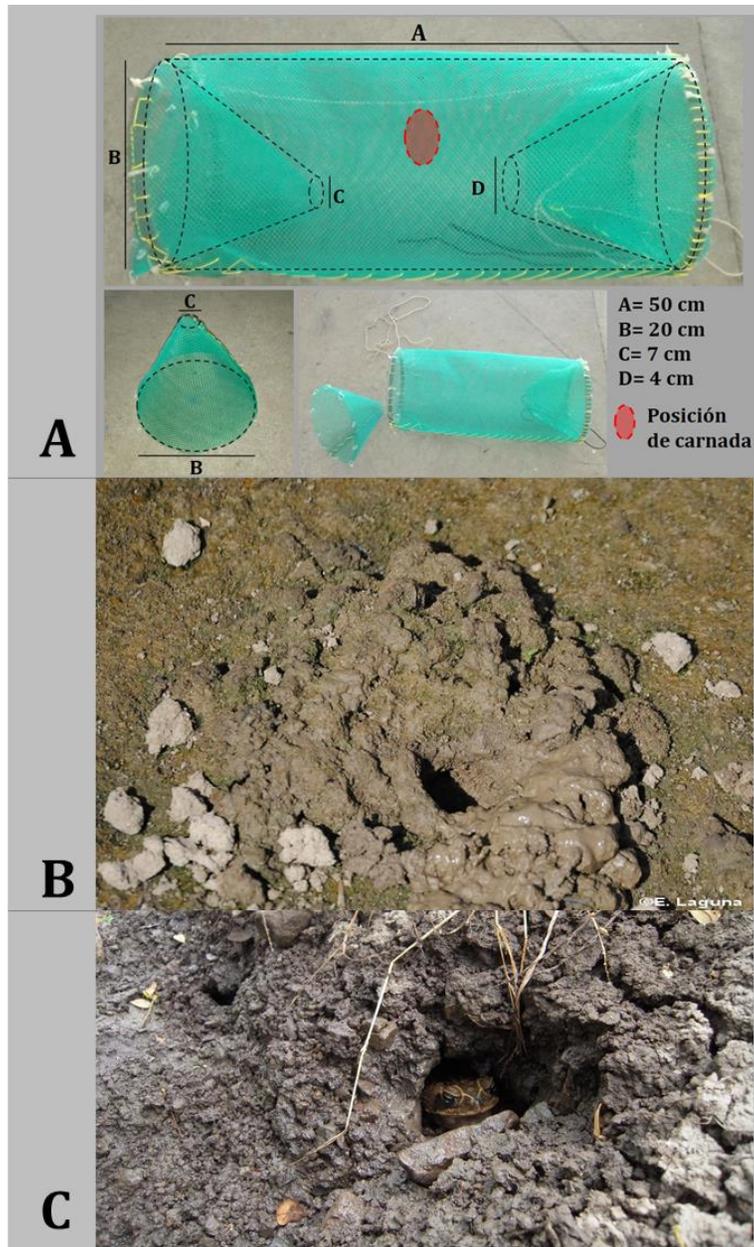


Figura 17. A. Dimensiones de trampa recomendada para captura langostas de agua dulce, B. Madriguera de *Procambarus clarkii*, C. Madriguera de *Cherax quadricarinatus*. Fuente: A y C Elaboración propia, B. <http://zorruno.blogspot.com/2015/08/los-cangrejos-de-rio.html>

4.3.4. Toma de datos de las langostas

Una vez capturadas las langostas se deberán sexar y medir los especímenes. Lo ideal es transportar a las langostas en frío al laboratorio para realizar las mediciones por lo que es importante etiquetar muy bien las muestras para saber a cuál sitio de muestreo corresponden. Los datos básicos a tomar son: longitud cefalotórax (LC), longitud total (LT), peso total (PT) sexo (macho, hembra, juvenil), presencia de huevos o juveniles en hembras.

Las hembras se caracterizan por tener los orificios reproductivos (gonoporos) en la base del tercer par de patas caminadoras (pereiópodos), mientras que los machos los presentan en el quinto par de patas caminadoras (Figura 18, Figura 19). La observación de los gonoporos de la hembra es más fácil de realizar, debido a que son de tamaño mayor.

En el caso de los machos *P. clarkii*, se puede utilizar el segundo par de pleópodos endurecidos para identificar el sexo (Figura 18). Para especímenes pequeños (>10 mm de longitud total) es necesario utilizar un estereoscopio o lupa para determinar el sexo, ya que los gonoporos son muy pequeños. Cuando no se pueda observar el gonoporo utilizando un estereoscopio el espécimen debe de categorizarse como *juvenil*. Si no se puede observar el gonoporo por la falta de estereoscopio o lupa, se deberá anotar al espécimen como *indeterminado*.

Es muy importante anotar si las hembras portan sus huevos o juveniles debajo del abdomen. Cada espécimen debe de tener un identificador numérico único (N° de individuo), que permita diferenciarlo de otros especímenes y asociarlo a las mediciones, datos de colecta y de sitio. Para anotar los datos de las mediciones de las langostas se recomienda utilizar una hoja de mediciones como la presente en el Anexo 6.

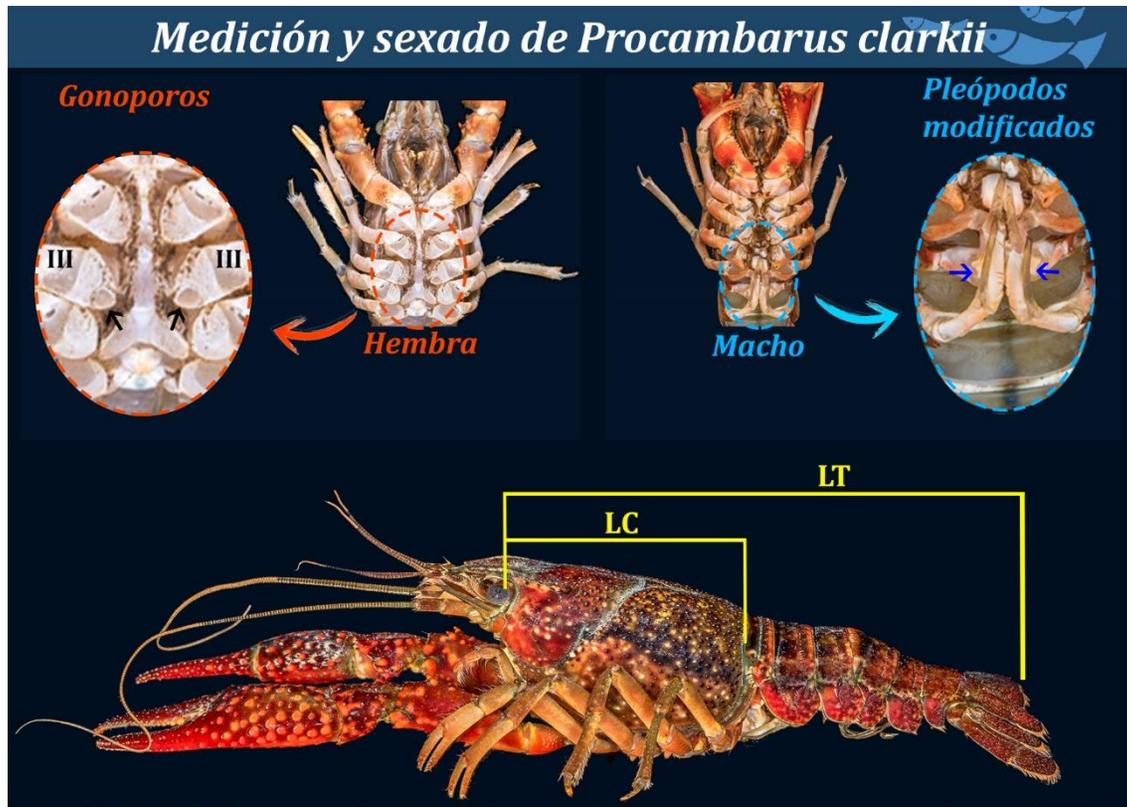


Figura 18. Sexado y medidas a tomar de *Procambarus clarkii*. CL: longitud cefalotórax, LT: longitud total. Flechas negras señalan posición de gonoporos, flechas azules los pleópodos modificados y números romanos indican número de pereiópodo. Fuente: Elaboración propia.

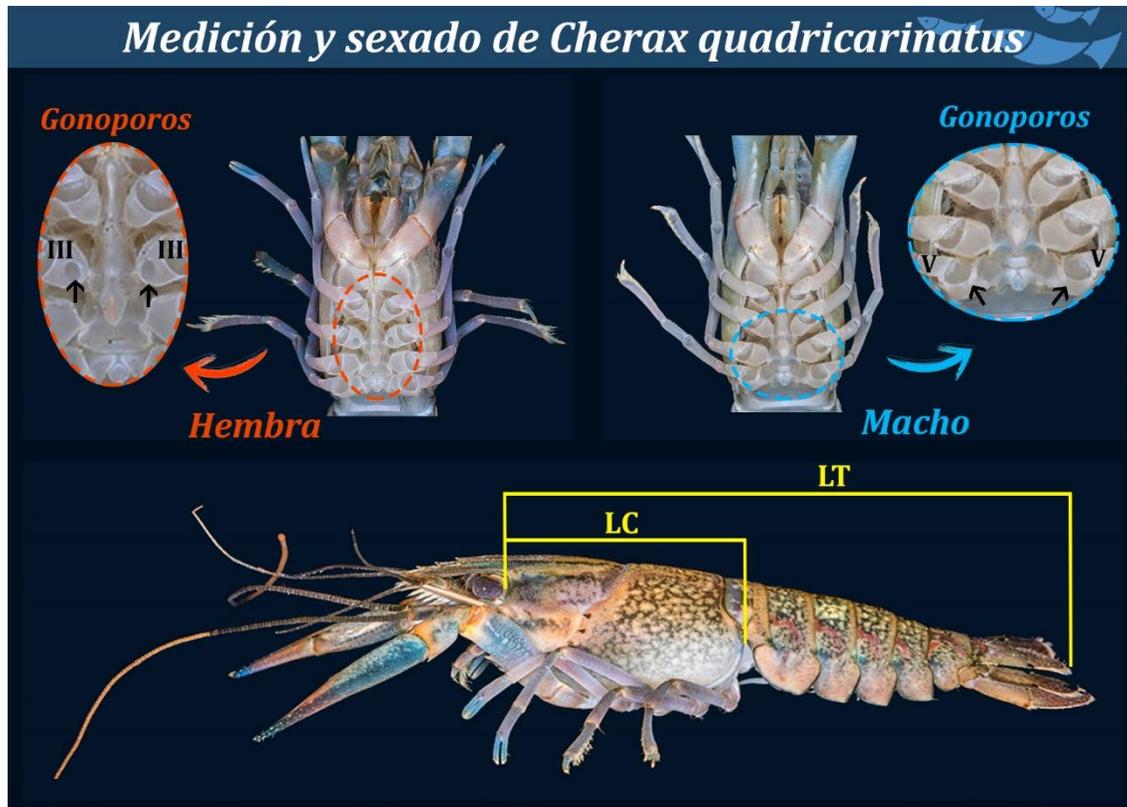


Figura 19. Sexado y medidas a tomar de *Cherax quadricarinatus*. CL: longitud cefalotórax, LT: longitud total. Flechas negras señalan posición de gonoporos y números romanos indican número de pereiópodo. Fuente: Elaboración propia.

4.3.5. Archivo de los datos

Una vez tomados los datos es muy importante guardar la información de la hoja de campo y de la hoja de mediciones en un archivo digital, por ejemplo Excel semejante a la presente en la Figura 20. Además es importante archivar en una carpeta identificada con todas las fotografías tomadas cada el sitio de muestreo.

The figure displays three sequential screenshots of a digital data sheet in Excel format, showing columns for field data collection. The first screenshot shows columns A through K, the second shows columns L through T, and the third shows columns U through AG.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Fecha	Hora	N° de Sitio	Nombre de localidad	Latitud (N)	Longitud (O)	Clima	Tipo de cuerpo de agua	Tipo de Sustrato	Presencia cuevas	Manual hora inicial
2											
3											

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Manual hora final	Manual Latitud inicial	Manual Longitud inicial	Manual Latitud final	Manual Longitud final	Tiempo colecta (min)	Cantidad de personas	Fecha trampas inicial	Fecha trampas final
2									
3									

	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
1	Hora trampas inicial	Hora trampas final	N° de trampa	N° de langosta	Especie langosta	LC	LT	PT	Sexo				
2													
3													

Figura 20. Hoja de datos digital recomendada para ingresar los datos de las mediciones, así como información presente en la hoja de campo. Fuente: Elaboración propia.

4.3.6. Folleto informativo para el manejo participativo

Con el fin de informar a la ciudadanía en general y así colaborar con el control y manejo de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica, se elaboró una propuesta de folleto informativo. Este folleto contribuiría con la educación ambiental indispensable para un manejo adecuado de estas dos especies en el país.

Además la información presente en este folleto permitirá a la ciudadanía colaborar con la detección temprana de las especies, que corresponde a la fase inicial de un protocolo de Detección Temprana y Respuesta Rápida (DTRR) (PNUD, 2018). La fase de Detección Temprana incluye un proceso de vigilancia activa y pasiva que incluye reconocimiento y monitoreo.

La vigilancia “activa” consiste en el reconocimiento de los puntos de control, así como métodos de monitoreo, por lo que requiere entrenamiento y capacitación para los monitores. Mientras que la vigilancia “pasiva” consiste en involucrar a los actores locales, comunidades y personal de gobierno, con el uso de los medios de

comunicación, propaganda impresa, rótulos y campañas de educación. Es aquí principalmente donde el folleto puede ser de gran utilidad.

El folleto tiene las dimensiones de 18 cm de alto x 21 cm de ancho y está compuesto de dos lados (Figura 21, Figura 22).

La información presente en este folleto incluye:

- ¿Qué es una especie exótica invasora? (página 1).
- Característica de langostas de agua dulce como especies invasoras (página 1).
- Características de *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* (páginas 2 y 3).
- Ubicación de *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* en Costa Rica (páginas 2 y 3).
- Impactos de *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* (páginas 2 y 3).
- Todos debemos cuidar de nuestra biodiversidad (página 4).
- ¿Qué hacer en caso de encontrarlos? (página 4).
- Contactos de Enlaces de Vida Silvestre del SINAC para cada Área Conservación (página 4).



Langostas exóticas invasoras de agua dulce en Costa Rica

¿Qué es una especie exótica invasora (EEI)?

Se refiere a especie no nativa establecida en ecosistemas naturales o semi-naturales que es un agente de cambio y amenaza a la biodiversidad nativa. Las especies exóticas invasoras son la segunda causa de extinción de especies en el mundo.

Características invasoras de langostas de agua dulce

- _Tolerancia a diferentes condiciones ambientales,
- _Diets generalistas
- _Cuido parental
- _Comportamiento agresivo y territorial
- _Comportamiento excavador

Estas características han facilitado su invasión en Sudáfrica, México, Japón, Italia, la Península Ibérica y EEUU donde han mostrado efectos negativos sobre la fauna nativa de los ecosistemas acuáticos.



Todos debemos cuidar de nuestra biodiversidad

Para preservar la biodiversidad de nuestros ecosistemas, el país tiene la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025. Sin embargo, es necesaria la colaboración de la ciudadanía.

¿Qué hacer en caso de encontrarlos?

Si localizas o capturas cualquiera de estas especies de langostas de agua dulce no debe soltarlo, no trasladarlos es necesario que contacte al enlace de Vida Silvestre del Área de Conservación más cercana.

Enlace de Vida Silvestre por Área de Conservación	Correo electrónico	Teléfono
Área de Conservación Arenal Huétar Norte		
José M. Quirós Rodríguez	josemanuel.quirós@sinac.go.cr	8341-6046
Área de Conservación Central		
Pablo Vásquez Badilla	pablo.vasquez@sinac.go.cr	8433-1482
Fabrizio Carbonell	fabrizio.carbonell@sinac.go.cr	7183-6567
Ronald Mora Vargas	ronald.mora@sinac.go.cr	8839-3458
Anthony Barrientos	anthonybarrientos@sinac.go.cr	
Área de Conservación Guanacaste		
Evelyn Solano Brenes	evelyn.solano@sinac.go.cr	8894-2575
Área de Conservación Osa		
Olger Mendez Fallas	olgermendez@sinac.go.cr	8838-3572
Ilsia Olivares Hernández	ilsia.olivares@sinac.go.cr	8337-2329
Área de Conservación La Amistad-Pacífico		
Marisol Rodríguez Pacheco	marisol.rodriguez@sinac.go.cr	8445-7470
Norma Jiménez Coronado	norma.jimenez@sinac.go.cr	8336-3081
Área de Conservación La Amistad-Caribe		
Alvaro Sauma Rossi	alvaro.sauma@sinac.go.cr	8842-5314
Área de Conservación Arenal Tempisque		
Wilbert Orozco Ríos	wilberth.orozco@sinac.go.cr	2695-5180
Área de Conservación Tempisque		
José J. Rodríguez Araya	jose.rodriguez@sinac.go.cr	8358-4690
Área de Conservación Pacífico Central		
Gerardo E. Alvarado Araya	esteban.alvarado@sinac.go.cr	8516-4944
Ingrid Campos Leiva	ingrid.campos@sinac.go.cr	8309-3598
Área de Conservación Tortuguero		
José J. Vargas Mora	joaquin.vargas@sinac.go.cr	2710-7542

Contacto:
Fresia Villalobos Rojas
v.fresia@gmail.com, (506) 2511-5963

Figura 21. Folleto informativo, lámina externa. Línea punteada indica zona para doblar folleto. Fuente: Elaboración propia

Langosta roja de Luisiana (*Procambarus clarkii*)

Características

Ubicación

Langosta australiana (*Cherax quadricarinatus*)

Características

Ubicación

Impactos

- _ Daño en cultivos agrícolas
- _ Transmisión de enfermedades a humanos

- _ Reducción de especies nativas
- Cambio en estructura del ambiente

Figura 22. Folleto informativo, lámina interna. Línea punteada indica zona para doblar folleto. Fuente: Elaboración propia.

4.4. Proponer medidas para el manejo de langostas exóticas de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.

Las medidas para el manejo de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* son indispensables para evitar y/o controlar los efectos negativos de la presencia de estas especies invasoras en ambientes acuáticos (ver 1.2 Problemática, pág. 7).

Debido a que ambas especies son utilizadas con fines comerciales en el país (UTN, 2016; DGT, 2017), la autorización de su uso la debe de realizar el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) a través del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) posterior a un análisis técnico. Sin embargo, el INCOPECA no posee un protocolo para el análisis de riesgos que indique los aspectos que debe de incluir dicho análisis técnico (*comm pers.* Álvaro Otárola-Fallas).

Por lo tanto, se utilizó lo detallado en el artículo 31 del Reglamento de Conservación de Vida Silvestre como la información necesaria para declarar, manejar y controlar especies exóticas en el país (Cuadro 1) (Decreto Ejecutivo N°40548, 2017). Una vez obtenida esta información se propusieron acciones según la etapa de invasión en que se encuentre cada especie (Anexo 4) así como el estado de conocimiento que se posee de las especies de interés.

4.4.1. Análisis de riesgo en Costa Rica

Debido a que la introducción de ambas especies al país fue de manera intencional, se realizó un análisis de riesgo (AR) de su introducción. Esta herramienta permite evaluar la posibilidad de que una especie introducida en un nuevo ecosistema se convierta en problemática (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011, Copp *et al.*, 2016a). Este tipo de análisis ayuda a determinar las acciones prioritarias encaminadas a evitar el establecimiento de agentes invasores o epidemias. Las acciones son de tipo preventivo y permiten descartar labores más difíciles y onerosas, como la erradicación, el control y el manejo (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Se utilizó la herramienta AS-ISK (Aquatic Species Invasiveness Screening Kit) que consta de 55 preguntas en total: las primeras 49 preguntas (adaptadas de FISK: Copp et al. 2016b) cubren el tema de biogeografía (sección 1) y aspectos biológicos (Sección 2) aspectos del taxón bajo análisis, y comprenden la Evaluación Básica de Riesgos (BRA, por sus siglas en inglés).

Las seis preguntas restantes comprenden la sección 3 de la Evaluación del Cambio Climático (CCA), y requieren que el evaluador indique cómo las predicciones de condiciones climáticas podrían afectar al BRA con respecto a los riesgos de introducción, establecimiento, dispersión e impacto. Para cada pregunta, el evaluador debe proporcionar una respuesta, justificación y nivel de confianza (ver abajo), y el taxón seleccionado eventualmente recibe una puntuación tanto en BRA como en BRA + CCA (compuesto). Las calificaciones AS-ISK <1 sugieren que es poco probable que el taxón se convierta en invasión en el área del AR y es clasificado como "bajo riesgo". En contraste, los valores de puntuación > 1 representan un "riesgo medio" o un "alto riesgo" de volverse invasivo.

La distinción entre los niveles de riesgo medio y alto depende de establecer un valor de "umbral", que suele ser obtenido a través de la "calibración" específica del área AR sujeto a la disponibilidad de una muestra representativa tamaño (es decir, número de taxones seleccionados).

Finalmente, los niveles de confianza clasificados (1 = bajo, 2 de 10 posibilidades, 2 = medio, 5 de 10; 3 = alto, 8 de 10; 4 = muy alto, 9 de 10) asociado a cada una respuesta relacionada con la pregunta en AS-ISK refleja la confianza (Copp et al., 2016b). Para ambas especies se utilizó un umbral para BRA y BRA+CCA de 19.25 (Tricarico, Vilizzi, Gherardi & Copp, 2010).

Según los resultados del análisis realizado la introducción tanto de *Procambarus clarkii* como de *Cherax quadricarinatus* representan un riesgo alto para Costa Rica.

Procambarus clarkii obtuvo una puntuación BRA= 49, Cuadro 15), mientras que *Cherax quadricarinatus* puntuación BRA= 47 (Cuadro 16). Ambas especies han sido evaluadas anteriormente en otros países en categorías de alto riesgo y riesgo medio.

Para *P. clarkii* se han obtenido puntajes entre 26 (Patoka 2014) y 39 (Tricarico, Vilizzi, Gherardi & Copp, 2010), ambas clasificadas en categoría de alto riesgo. Mientras que las evaluaciones de para *C. quadricarinatus* han arrojado valores entre 12 (riesgo medio, Tricarico, Vilizzi, Gherardi & Copp 2010) y 45 (alto riesgo, Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Cuadro 15. Resultados generales del análisis de riesgo para *Procambarus clarkii*. Realizado con la herramienta AS-ISK (Aquatic Species Invasiveness Screening Kit). Fuente: Elaboración propia.

Detalles del taxón y del evaluador	
Categoría	Invertebrados (dulceacuícolas)
Nombre del taxón	<i>Procambarus clarkii</i>
Nombre común	Langosta de Luisiana
Evaluador	Fresia Villalobos Rojas
Contexto de la evaluación de riesgo	
Motivo y beneficios socioeconómicos	Cultivo en pequeñas fincas
Área de análisis de riesgo	Costa Rica
Taxonomía	Cambaridae
Área de distribución nativa	Norte de México y Sur de EEUU
Área de distribución no nativa	Introducida en muchos países
Fecha de análisis	17 de enero del 2019
Estadísticas	
Calificación	
BRA	49.0
Resultado BRA	Riesgo Alto
BRA+CCA	59.0
Resultado BRA+CCA	Riesgo Alto
Componentes de la calificación	
A. Biogeográfico/Histórico	23.0
1. Domesticación/Cultivo	4.0
2. Clima, distribución y riesgo de introducción	1.0
3. Invasora en otros sitios	18.0
B. Biología/Ecología	26.0
4. Rasgos no deseables (o persistencia)	10.0
5. Utilización de recursos	7.0
6. Reproducción	2.0
7. Mecanismos de dispersión	2.0
8. Atributos de tolerancia	5.0
C. Cambio climático	10.0
9. Cambio climático	10.0
Sectores afectados	
Comercial	19
Ambiental	17
Rasgos nocivos de la especie o población	26
Umbrales	
BRA	19
BRA+CCA	19
Confianza	
BRA+CCA	0.85
BRA	0.89
CCA	0.46

Cuadro 16. Resultados generales del análisis de riesgo para *Cherax quadricarinatus*. Realizado con la herramienta AS-ISK (Aquatic Species Invasiveness Screening Kit). Fuente: Elaboración propia.

Detalles del taxón y del evaluador	
Categoría	Invertebrados (dulceacuícolas)
Nombre del taxón	<i>Cherax quadricarinatus</i>
Nombre común	Langosta australiana
Evaluador	Fresia Villalobos Rojas
Contexto de la evaluación de riesgo	
Motivo y beneficios socioeconómicos	Cultivo en pequeñas fincas
Área de análisis de riesgo	Costa Rica
Taxonomía	Parastacidae
Área de distribución nativa	Norte de Australia y Sur de Nueva Guinea
Área de distribución no nativa	Introducida en muchos países
Fecha de análisis	17 de enero del 2019
Estadísticas	
Calificación	
BRA	47.0
Resultado BRA	Riesgo Alto
BRA+CCA	59.0
Resultado BRA+CCA	Riesgo Alto
Componentes de la calificación	
A. Biogeográfico/Histórico	23.0
1. Domesticación/Cultivo	4.0
2. Clima, distribución y riesgo de introducción	1.0
3. Invasora en otros sitios	18.0
B. Biología/Ecología	24.0
4. Rasgos no deseables (o persistencia)	11.0
5. Utilización de recursos	2.0
6. Reproducción	3.0
7. Mecanismos de dispersión	3.0
8. Atributos de tolerancia	5.0
C. Cambio climático	12.0
9. Cambio climático	12.0
Sectores afectados	
Comercial	20
Ambiental	12
Rasgos nocivos de la especie o población	31
Umbrales	
BRA	19
BRA+CCA	19
Confianza	
BRA+CCA	0.66
BRA	0.69
CCA	0.42

4.4.2. Determinación del estado de invasión de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica

Con el fin de poder proponer medidas de acción para el control y manejo de estas dos especies de langosta exóticas en Costa Rica es indispensable determinar el estado de invasión en que se encuentran según el sistema de clasificación de Blackburn et al. (2011) (Anexo 4).

Según la información recopilada para ambas especies, se encuentran en la Categoría D2, la cual se define como: Población viable en estado silvestre, con individuos sobreviviendo y reproduciéndose a una distancia significativa del punto de origen de introducción.

4.4.3. Medidas de manejo de *Cherax quadricarinatus* y *Procambarus clarkii* en Costa Rica.

Una vez establecidas en un ecosistema acuático, la presencia de las especies exóticas es considerada como permanente y su erradicación es casi imposible. Debido al efecto nocivo de diferentes langostas exóticas sobre el ambiente, es necesario impulsar la investigación y el desarrollo de métodos de control.

El problema fundamental en cualquier intento por erradicar una población es la dificultad para detectar que la población ha sido eliminada por completo. Para que una metodología de erradicación sea exitosa debe ser capaz de eliminar suficientes organismos para asegurar la extinción de la población, y esto último debe ser demostrable (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011).

Es importante que cualquier programa de control considere los siguientes criterios (Mendoza, Rodríguez & Castillo, 2011):

- Debe ser seguro para el ambiente y causar el menor daño posible a la biota involucrada.
- Debe tener buenas posibilidades de éxito.
- Debe ser relativamente barato.
- Debe involucrar el menor trabajo posible.

- No debe causar daños al humano, como contaminar el agua, etc.
- Debe ser justificable para el público en general.
- Es poco probable que un solo método de control pueda resolver el problema, por lo que se deben de desarrollar múltiples aproximaciones.
- Cada población debe ser tratada por separado aplicando las técnicas más apropiadas en cada caso.

Por otro lado, las acciones preventivas son de gran importancia tanto cuando son accidentales o intencionales. En ambos casos, se requiere conocer las rutas o vías potenciales para las invasiones sean conocidas y que se puedan identificar las especies invasoras potenciales. Ambos aspectos son necesarios para conocer detalladamente su potencial invasivo y para su regulación.

La información sobre las rutas y la identificación de especies podría compartirse a nivel global mediante la creación de bases de datos locales e internacionales a las que se puede recurrir en caso de un riesgo de invasión en cualquier país. Por otro lado, la prevención de introducción de especies exóticas es mucho más rentable y viable que posteriores programas de control y erradicación.

De igual manera la Detección Temprana y Respuesta Rápida (DTRR) es un enfoque de gestión que capitaliza las habilidades y esfuerzos disponibles para prevenir la introducción y controlar poblaciones exóticas de forma más efectiva cuando aún no logran diseminarse.

Considerando la etapa del proceso de invasión biológica en que se encuentran ambas especies en el país (Categoría D2, población viable en estado silvestre, con individuos sobreviviendo y reproduciéndose a una distancia significativa del punto de origen de introducción), así como los resultados de AR que las clasifican como especies de alto riesgo es necesario realizar acciones que permitan el control de las poblaciones ya establecidas y la prevención de introducciones secundarias.

A continuación se presenta una lista de acciones que deberán ser coordinadas por el coordinador de enlaces de Vida Silvestre de cada Área de Conservación:

1. Educación ambiental:

Producir y divulgar información para todo público sobre los efectos negativos del escape, establecimiento y dispersión de la especie invasora, y de la necesidad de detener toda introducción secundaria.

Para esto se recomienda la divulgación del folleto informativo elaborado en este trabajo. Además, es importante realizar charlas y talleres para la divulgación de los resultados de esta investigación, así como del uso del protocolo de monitoreo y de la guía identificación.

2. Legislación y regulaciones:

Según los resultados de este trabajo no se recomienda el cultivo de las especies, ya que son especies de alto riesgo. Según SINAC (2018), la institución deberá prohibir la importación al país de la especie, o de aquellos productos u otras especies que se comprueben como portadores u hospederos, según el artículo 172 del Reglamento de la Ley de Conservación de Vida Silvestre (Decreto Ejecutivo N° 40548, 2017).

Debido a que estas especies son utilizadas para acuicultura es importante que las regulaciones incluyan insumos de las siguientes instituciones SENASA, INCOPECA, MINAE-SINAC. Además, es necesario trabajar dentro de la Comisión Nacional de Especies Exóticas Invasoras del SINAC a través de la Comisión Nacional de Vida Silvestre (CONAVIS) para lograr esta medida.

En conjunto se deberá tener una visión país para el manejo de estas especies, ya que en la actualidad no existe claridad en cuanto a las atribuciones del INCOPECA y el SINAC sobre este tema. Algunas preguntas que se deben responder son: ¿Qué acciones puede realizar al capturar las especies?, ¿Cuáles

acciones pueden legalmente realizar los ciudadanos?, ¿Cómo eliminar el cultivo de estas especies en ambientes abiertos?

3. Investigación:

Identificar todas las posibles vías de ingreso, así como reconocer si la introducción es accidental, intencional o producto del libre desplazamiento de la especie, para así proceder a idear, proponer y ejecutar los mecanismos idóneos que impidan su llegada, y bajar o eliminar la presión por propágulos (SINAC, 2018). En el caso de nuestras especies se cree que la introducción y dispersión ha sido en su mayoría mediada por el ser humano. Sin embargo, información más específica para cada Área de Conservación es necesaria.

Garantizar la investigación respecto a los efectos de la especie invasora en el país, recurriendo para ello a los medios y socios estratégicos que sean necesarios. Para esto es necesario que se fortalezca el trabajo en el tema de Especies Exóticas Invasora a nivel nacional. Además de promover la alianzas con Universidades (Universidad Técnica Nacional, Universidad de Costa Rica, Universidad Nacional, Tecnológico Costarricense, CATIE) y/o Instituciones (INCOPECA, MAG, Instituto Costarricense de Electricidad, Acueductos y Alcantarillados) que puedan ya poseer recursos humanos, equipos y materiales, entre otros necesarios para realizar la investigación.

4. Colaboración regional:

Establecer, según sea el caso, mecanismos de colaboración regional, con los países vecinos que también poseen la especie invasora, para procurar en un esfuerzo conjunto la contención de la invasión, evitar la propagación o lograr la erradicación, según los incisos a) y ñ) del artículo 7 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre (Ley N° 7317, SINAC, 2018).

En este aspecto se puede continuar fortaleciendo la Red Mesoamericana de Especies Exóticas Invasoras conformada en el marco del XX Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación.

5. Participación ciudadana:

Se recomienda utilizar el folleto informativo elaborado en este trabajo, con el fin de promover la participación ciudadana en el manejo. Esta acción favorece una estrategia de Detección Temprana y Respuesta Rápida (DTRR) en cada Área de Conservación. Adicionalmente, la participación ciudadana va a ser indispensable para poder llevar a cabo el monitoreo de las especies.

6. Monitoreo:

Identificar la totalidad de sitios donde la especie ha logrado dispersarse, por medio de entrevistas a actores locales y validación en el campo, muestreos intensivos en el campo o mediante informes de investigadores, para ejecutar las acciones de gestión de la especie en toda su zona de distribución, o en puntos claves que impidan que la especie continúe dispersándose (SINAC, 2018). Para esto se recomienda utilizar el protocolo de monitoreo, así como la guía de campo desarrollados en este trabajo.

Iniciar esfuerzos de monitoreo para *Procambarus clarkii* en la zona de Cartago, y para *Cherax quadricarinatus* en la zona de San Carlos, Cañas y Tilarán. Las principales áreas silvestres protegidas (ASP) que deben involucrarse en el monitoreo de *P. clarkii* son la Reserva Forestal de Río Macho, Parque Nacional Cerro de la Muerte-Tapantí y Zona Protectora de la Carpintera, todas pertenecientes al Área de Conservación Central. Para *C. quadricarinatus* se deberían iniciar esfuerzos en el Parque Nacional Palo Verde, la Zona Protectora Tenorio y la Reserva Biológica Lomas de Barbudal, pertenecientes al Área de Conservación Arenal Tempisque (ACAT); así como la Zona Protectora Juan Castro Blanco del Área de Conservación Arenal Huetar Norte (ACAHN). Las ASP mencionadas anteriormente se encuentran cerca de los sitios en que se han

localizado las especies por el proyecto del CIMAR de la Universidad de Costa Rica. Los esfuerzos de monitoreo deberían ser liderados por los enlaces de Vida Silvestre de cada Área de Conservación, pero para que sea factible es indispensable que se involucre a la ciudadanía, así como otras instituciones gubernamentales y a las Universidades.

7. Control de las especies:

Debido a que es poco probable la erradicación de estas dos especies se recomiendan medidas de control de las poblaciones ya establecidas en el país. Para esto se recomienda una combinación del uso de trampas, electropesca y pesca recreativa. Estos esfuerzos deberán ser realizados por cada Área de Conservación.

Monitorear la efectiva erradicación o contención de la especie invasora, durante varios ciclos reproductivos.

En ambos aspectos es indispensable que las regulaciones sobre la especies estén claras, así como que haya claridad sobre la distribución de las especies.

Algunas de estas acciones se podrán realizar simultáneamente, mientras que otras de manera secuencial en el tiempo. Para esto se presenta una propuesta esquemática en la Figura 23.



Figura 23. Esquema temporal de las acciones necesarias para un manejo de *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* en Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al esquema presentado anteriormente la Educación ambiental (1), es necesaria que siempre esté presente y puede iniciarse inmediatamente. La legislación y regulaciones (2), es indispensable que inicie inmediatamente ya que afecta como se llevan a cabo otras acciones. La investigación (3) y colaboración regional (4), es necesario que siempre estén presentes y pueden iniciarse inmediatamente. La participación ciudadana, puede iniciar a través de la detección de la presencia de especies (5a) y evolucionar hacia un monitoreo participativo (5b). Sin embargo, para esto es indispensable tener un panorama regulatorio claro. El monitoreo, al inicio consta del monitoreo de las especies (6a), mientras que después se constituye de un monitoreo del control de las especies (6b). El control de las especies (7), puede iniciarse una vez que se tenga claro del panorama de acción y las competencias de las identidades.

5. CONCLUSIONES

- Costa Rica tiene un marco regulatorio amplio en cuanto al tema de EEI. Pero no hay claridad en cuanto a las acciones a tomar para el manejo de dichas especies.
- En cuanto al INCOPESCA, no incentiva oficialmente el cultivo de estas dos especies de langostas exóticas en Costa Rica. A pesar de esto, no está cumpliendo su competencia como entidad ejecutora de regular éstas especies exóticas de interés pesquero o acuícola (Ley 9106, Art. 1, 2012). Además, en la Ley de Pesca y Acuicultura, ni en su respectivo reglamento se presenta la información necesaria para realizar el análisis técnico necesario para una autorización de uso por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
- *Procambarus clarkii* se encuentra distribuida principalmente en la zona de Cartago, mientras que *Cherax quadricarinatus* en la zona de Cañas y San Carlos.
- Según el análisis de riesgo realizado tanto *Procambarus clarkii* como *Cherax quadricarinatus* son especies de alto riesgo para Costa Rica.
- *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* son especies exóticas invasoras que ya se encuentra en la categoría D2 de proceso de invasión biológica. Lo que indica que tienen una población viable en estado silvestre, con individuos sobreviviendo y reproduciéndose a una distancia significativa del punto de origen de introducción.
- Una vez establecidas las poblaciones de langostas en el país es casi imposible erradicarlas, por lo que las medidas propuestas son principalmente de control y preventivas. Las medidas constan de acciones relacionadas con siete categorías: educación ambiental, legislación, investigación, colaboración regional, participación ciudadana, monitoreo y control de las especies.

6. RECOMENDACIONES

- El MINAE-SINAC debería procurar la creación de una comisión nacional interinstitucional que atienda el tema de Especies Exóticas bajo el marco regulatorio amplio que posee el país. Esta comisión brindaría recomendaciones que sean vinculantes para la toma de decisiones. Además, deberá gestionar la elaboración de protocolos de acción con respaldo legal y así poder atender la problemática de EEI en Costa Rica.
- El INCOPESCA deberá cumplir su competencia como entidad reguladora de especies exóticas de interés pesquero o acuícola. Para esto el análisis científico-técnico utilizado para analizar su autorización y traslado de un cuerpo de agua a otro debería incluir como mínimo la información presente en el Cuadro 1. Además, es necesario que esta institución posea un mayor recurso humano para monitorear el uso de EE de interés pesquero o acuícola en el país.
- Procurar la creación de una comisión interinstitucional conformada como mínimo por el INCOPESCA, MINAE-SINAC, SENASA y Universidades, para crear protocolos de acción con respaldo legal para estas dos especies de langostas exóticas. Esta comisión debería poder responder las siguientes preguntas: ¿Qué acciones puede realizar al capturar las especies?, ¿Cuáles acciones pueden legalmente realizar los ciudadanos?, ¿Cómo eliminar el cultivo de estas especies en ambientes abiertos?
- El INCOPESCA no debe brindar permisos de cultivo de *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus* en ambientes abiertos en Costa Rica.
- Fortalecer la estructura de monitoreo del SINAC, con el apoyo de la Comisión Nacional de Vida Silvestre (CONAVIS), el Grupo de Especialistas de Especies Invasoras del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), y la colaboración

con Universidades, Instituciones gubernamentales (Instituto Costarricense de Electricidad, Servicios de agua potable, INCOPECA, entre otros), así como de la participación ciudadana para realizar el monitoreo de las poblaciones de *Procambarus clarkii* y *Cherax quadricarinatus*.

- Utilizar la herramienta de acceso libre AS-ISK (Aquatic Species Invasiveness Screening Kit) para analizar el riesgo (AR) de otras especies exóticas en el país. Ya que es una herramienta fácil de utilizar y podría ser utilizada para priorizar esfuerzos de gestión de especies exóticas en Costa Rica.

7. BIBLIOGRAFIA

- AJDIP/289-2017 (Acuerdo de Junta Directiva de INCOPESCA). 2017. Lista de especies de interés pesquero y acuícola. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica. 17 de agosto del 2017.
- Alonso, A., Castro-Díez, P. 2015. Las invasiones biológicas y su impacto en los ecosistemas. *Ecosistemas* 24(1):1-3. Doi.:10.7818/ECOS.2015.24-1.01.
- Juan Carlos Azofeifa-Solano, J.C., Naranjo-Elizondo, B., Rojas-Carranza, A.H & Cedeño-Fonseca, M. 2017. Presence of the Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Parastacidae, Astacoidea) in a freshwater system in the Caribbean drainage of Costa Rica *BioInvasions Records* 6 (4): 351–355 DOI: <https://doi.org/10.3391/bir.2017.6.4.08>.
- Barbaresi, S., Santini, G., Tricarico, E., & Gherardi, F. (2004). Ranging behaviour of the invasive crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). *Journal of Natural History*, 38 (22), 2821–2832. doi:10.1080/00222930410001663308.
- Blackburn T.M.; Pysek, P.; Bacher, S.; Carlton, J.; Duncan, R.; Jarosik, V.; Wilson, J. y Richardson, D. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*, 26(7): 333-339.
- Breedy, O. & Guzman, H. 2018. Revision of the genus *Adelogorgia* Bayer, 1958 (Cnidaria: Anthozoa: Octocorallia) with the description of three new species. *Zootaxa* 4369 (3): 327–348. doi:10.11646/zootaxa.4369.3.2
- Burgiel, S.W. & Muir, A.A. 2010. Invasive Species, Climate Change and Ecosystem-Based Adaptation: Addressing Multiple Drivers of Global Change. Global Invasive Species Programme (GISP), Washington, DC, US, and Nairobi, Kenya.
- CABI. 2018. Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc.
- Capdevila-Argüelles, L., Zilletti, B. & Suárez-Álvarez, V.A. 2013. Causas de la pérdida de biodiversidad: Especies Exóticas Invasoras *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 55-75.
- CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca) Dirección de Modelamiento, Monitoreo y Laboratorio Ambiental. 2016. Plan de manejo y

- control del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) en la Jurisdicción CAR. 44p
- CDB. 2001. Invasive Alien Species. Status, impacts and trends of alien species that threaten ecosystems, habitats and species. Convention on Biological Diversity. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-06/information/sbstta-06-inf-11-en.pdf> (consultado en noviembre 2018)
- CDB. 2002. Conferencia de las Partes COP 6, Decisión VI/23: Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies. Convenio sobre Diversidad Biológica. Disponible en <https://www.cbd.int/decision/cop/default.shtml?id=7197> > (consultado en julio 2018)
- CDB. 2004. Conferencia de las Partes COP 6, Decisión VII/13: Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies. Convenio sobre Diversidad Biológica. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-07/cop-07-dec-13-en.pdf> > (consultado en julio 2018)
- Cecchinelli, E., Aquiloni, L., Maltagliati, G., Orioli, G., Tricarico, E., & Gherardi, F. 2012. Use of natural pyrethrum to control the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in a rural district of Italy. *Pest Management Science*, 68(6), 839–844. doi:10.1002/ps.2335
- Chacón-Madrigal, E. 2009. Bases de datos de especies invasoras: el sistema de información de especies invasoras de Costa Rica *Revista Biocenosis* 22 (1-2): 13-20.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- CONAGEBIO-SINAC. 2015. Política Nacional de Biodiversidad 2015-2030, Costa Rica. GEF-PNUD, San José, Costa Rica. 72 p.

- Correia, A. M. & Ferreira, O. 1995. Burrowing Behavior of the Introduced Red Swamp Crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae) in Portugal. *Journal of Crustacean Biology*, 15(2), 248. doi:10.2307/1548953
- Copp, G. H., Vilizzi, L., Mumford, J., Fenwick, G. V., Godard, M. J. & Gozlan, R. E. 2009. Calibration of FISK, an Invasiveness Screening Tool for Nonnative Freshwater Fishes. *Risk Analysis*, 29(3), 457–467. doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01159.x
- Costa Rica-MINAE-SINAC (Ministerio de Ambiente y Energía. Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2017. Sistematización del proceso de creación y desarrollo del SINAC: una práctica de innovación social. San José, Costa Rica. 123 pp.
- Copp, G.H., Vilizzi, L., Tidbury H. Stebbing, P.D., Tarkan, A.S., Miossec, L. & Gouletquer, P. 2016a. Risk Assessment Development of a generic decision-support tool for identifying potentially invasive aquatic taxa: AS-ISK. *Management of Biological Invasions* 7 (4): 343–350.
- Copp, G.H., Russell, I.C., Peeler, E.J., Gherardi, F., Tricarico, E., MacLeod, A., Cowx, I.G., Nunn, AD, Occhipinti Ambrogi, A., Savini, D., Mumford, J.D. & Britton, J.R. 2016b. European Non-native Species in Aquaculture Risk Analysis Scheme – a summary of assessment protocols and decision making tools for use of alien species in aquaculture. *Fisheries Management and Ecology* 23: 1–11, <http://dx.doi.org/10.1111/fme.12074>
- Crandall, K.A & Buhay, J.E. 2008. Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae–Decapoda) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 295–301. DOI 10.1007/s10750-007-9120-3
- Dana, E.D., de Lomas, J.G., González, R., García-Ocaña, D.M., Gámez, V. Ceballos G. & Ortega, F. (2011). Manual de gestión de cangrejos exóticos invasores. Consejería de Medio Ambiente, Junta Andalucía. 67 pp.
- Decreto N° 35803. Decreto Humedales. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 07 de octubre de 2010.
- Decreto Ejecutivo N° 36782. Reglamento a la Ley de Pesca y Acuicultura N° 8436. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 30 de setiembre del 2011

- Decreto Ejecutivo N° 40244. Oficialización de la Política Nacional de Humedales. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 05 de abril del 2017
- Decreto Ejecutivo N° 40548. Reglamento a la Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317. 12 de julio del 2017.
- Donato-Calderón, F. 2011. Biodiversidad. *Biocenosis* 24 (1-2): 1-8.
- Filippini, V, Micó, E & Galante, E. 2016. Checklist and identification key of Anomalini (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae) of Costa Rica. *ZooKeys*: 621: 63-136. DOI: 10.3897/zookeys.621.7565
- Flórez-Brand, P. E. & Espinosa-Beltrán, J. O., 2011. Presencia y dispersión del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii* Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 12(2): 57-62.
- Franco-Sustaita M.K. 2014. Morfometría, Distribución actual y potencial en el Norte de México del acocil rojo *Procambarus clarkii* (Girard, 1856) (Crustacea: Malacostraca). Universidad Autónoma de Nuevo León Tesis para Doctor en Ciencias con Acentuación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo Sustentable
- García, M., Ramírez, O, Ruiz, T. & March, I.J. 2014. Especies invasoras acuáticas en áreas naturales protegidas, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 445-468 pp.
- García-Lahera, J.P., Rodríguez Farrat, L.F. & Salabarría Fernández, D.M. (eds.). 2017. Protocolos para el monitoreo de especies exóticas invasoras en Cuba. Editorial GAIA, La Habana, Cuba. 324 pp.
- Gherardi, F. (2006): Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39:3, 175-191. <http://dx.doi.org/10.1080/10236240600869702>
- Global Invasive Species Database (2018). Downloaded from <http://www.iucngisd.org/gisd/search.php> on 30-10-2018.
- Gutiérrez-Yurrita, P.J, Sancho, G., Bravo, M.A., Baltanás, Á, Montes, C. 1998. Diet of the Red Swamp Crayfish *Procambarus clarkii* in Natural Ecosystems of the

- Doñana National Park Temporary Fresh-water Marsh (Spain), *Journal of Crustacean Biology* 18 (1): 120–127.
<https://doi.org/10.1163/193724098X00124>
- Hernández, G. 2002. Invasores en Mesomérica y El Caribe. 1era Ed. San José, C.R. UICN, 54 p.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista-Lucio, P. 2010. Metodología de Investigación. 5ta Ed. McCrawhill. México. 606 pp.
- Hockings, M., Stolton, S., Leverington, F., Dudley, N. & Courrau, J. 2006. *Evaluating Effectiveness: A framework for assessing management effectiveness of protected areas*. 2nd Ed. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- IUCN. 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2018-1. <https://www.iucnredlist.org/>. Consultado el 15 de octubre de 2018.
- Jones, C.M. & Ruscoe, I. 1996. Final report production technology for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Fisheries Research and Development Corporation, Australia.
- Jurado-Rojas, Y. 2002. Técnicas de investigación documental. Manual para la elaboración de tesis, monografías, ensayos e informes académicos. International Thompson Editors. D.F., México. 236 pp.
- Lara-Hernández, L.R. 2009. Camarones Dulceacuícolas (Decapoda; Palaemonidae y Atyidae) de la cuenca del río Grande de Térraba Costa Rica, 39pp
- Ley N° 6084. Ley de Creación del Servicio de Parques Nacionales. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 24 de junio 1977.
- Ley N° 7152. Ley Orgánica del Ministerio del Ambiente, Energía. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 21 de junio 1990.
- Ley N° 7224. Convención sobre Humedales Internacionales como Habitat Aves Acuáticas. La Gaceta de Costa Rica. San José, Costa Rica. 08 de mayo de 1991.
- Ley N° 7317. Ley de Conservación de Vida Silvestre. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 07 de diciembre 1992. Y sus modificaciones.
- Ley N° 7416. Convenio sobre Diversidad Biológica y Anexos (Río de Janeiro, 1992). La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 28 de julio de 1994.

- Ley N° 7554. Ley Orgánica del Ambiente. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 13 de noviembre del 1995.
- Ley N° 7575. Ley Forestal. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 13 de febrero 1996
- Ley N° 7788. Ley de Biodiversidad. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 27 de mayo 1998.
- Ley ° 8436. Ley de Pesca y Acuicultura. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 25 de abril del 2005.
- Ley N° 9106. Reforma Ley de Conservación de la Vida Silvestre. La Gaceta de Costa Rica, San José, Costa Rica, 24 de abril del 2013.
- Lobo-Cabezas, L. 2012. Especies invasoras importantes en El Rodeo, Costa Rica. *Brenesia*: 361-364.
- Loureiro, T.G, Gentil, A., Araujo, P.B., Souty-Grosset, C. & Almerao, M. 2015. Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion - an overview. *Nauplius* 23(1): 1-19.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S. & De Poorter M. 2004. *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12pp. Primera edición, en inglés, sacada junto con el número 12 de la revista Aliens, Diciembre 2000. Versión traducida y actualizada: Noviembre 2004.
- MINAE-CONAGEBIO-SINAC (Ministerio de Ambiente y Energía, Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad, Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2016. Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025, Costa Rica. FMAM-PNUD, Fundación de Parques Nacionales-Asociación Costa Rica por Siempre, San José, Costa Rica. p.146
- Mendoza, R., Rodríguez, G. & Castillo, S. 2011. Riesgo de dispersión y posibles impactos de los acociles australianos del género *Cherax* en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 140 pp.

- Mendoza, R., & Koleff, P. 2014. Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 17-41.
- Paaby, P. 2008. Vacíos en los esfuerzos de conservación de la biodiversidad en aguas continentales de Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 54: 28-36
- Patoka, J., Kalous, L. & Kopecky, O. 2014. Risk assessment of the crayfish pet trade based on data from the Czech Republic. *Biol Invasions* 16: 2489–2494. DOI:10.1007/s10530-014-0682-5
- PEN (Programa Estado de la Nación). 2014. Conservación y biodiversidad: resultados de la gestión ambiental. CONARE. 45 pp.
- PEN (Programa Estado de la Nación). 2017. Conservación, biodiversidad y zona marino costera en Costa Rica: avances, cambios y desafíos. CONARE. 44pp.
- PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Protocolo de detección temprana y respuesta rápida para la enredadera tripa de zopilote (*Cissus verticillata*), carrizo (*Arundo donax*) y zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*). Servicio de consultoría para el estudio e las vías de introducción y elaboración de un sistema de detección temprana y respuesta rápida (DTRR) para tres especies exóticas invasoras en la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit (RBMNN) y su área de influencia. Proyecto 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Ramírez-Carballo, H. Consultoría, Asesoría y Manejo Estratégico, S. C. (CAME). Bermejillo, Durango, México. 51 pp. + 4 Anexos.
- Rodríguez-Almaraz, G.A. & García-Madrugal, M.S. 2014. Crustáceos exóticos invasores, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 347-371 pp.
- Roldán-Chacón, C. 2010. Las especies invasoras amenazan la biodiversidad. *Biocenosis* 23 (2): 39-43.

- Sarat, E., Mazaubert, E., Dutartre, A., Poulet, N. & Soubeyran, Y. 2015. Invasive alien species in aquatic environments. Practical information and management insights. Volume 1. Practical information. Onema. Knowledge for action series. 252 pp.
- SCBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity). 2001. Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies. Abstracts of keynote addresses and posters presented at the sixth meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice, held in Montreal, Canada, from 12 to 16 March 2001. Montreal, SCBD, 123pp.
- SE-SINAC (Secretaría Ejecutiva-Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2013. Definición de los componentes estructurales del SINAC. San José CR 6pp
<http://www.sinac.go.cr/ES/conozca/Doc%20Conozcanos/Definici%C3%B3n%20Componentes%20Estructurales%20SINAC.pdf> descargado 08 de noviembre 2018
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2009. IV Informe de País al Convenio sobre la Diversidad Biológica. GEF-PNUD, San José, Costa Rica. Mimeografiado. 216 p
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2015. Plan Estratégico SINAC 2016-2026. San José CR 115 pp
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2014a. V Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica, Costa Rica. GEF-PNUD, San José, Costa Rica. 192 p.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2014b. Estrategia Nacional de Investigación del SINAC 2014 – 2024: Áreas temáticas priorizadas y Portafolio de Perfiles de proyectos de Investigación. Costa Rica. 42 pp.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2015. Plan Estratégico SINAC 2016-2026. San José CR 115 pp
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2016a. Protocolo PRONAMEC: Protocolo para el monitoreo ecológico de las agregaciones de mamíferos acuáticos. Proyecto Consolidación de las Áreas Marinas

- Protegidas. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), San José, Costa Rica. 55p.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2016b. Marco conceptual y guía metodológica para la Integridad ecológica en Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. San José-Costa Rica. 40pp.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2018. Protocolo para la atención de Especies Exóticas Invasoras de Costa Rica. Heredia, Costa Rica. 23 pp.
- SINAC-MINAET (Sistema Nacional de Áreas de Conservación- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones). 2010. Políticas para las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación- SINAC 2011-2015. San José CR 44 pp.
- SINAC-MINAET (Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones MINAET). 2012. Plan de Acción 2013-2017, del Plan Estratégico Sistema Nacional de Áreas de Conservación- SINAC. San José CR 121 pp.
- Schüttler, E. & Karez, C.S. 2008. Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas. UNESCO, Montevideo. 305 p
- Tadashi, K., Faulkes Z. & Scholtz, G. 2016. *Freshwater Crayfish A Global Overview*. Taylor & Francis Group. 669 pp.
- Torres, E. & Alvarez, F. 2012. Genetic variation in native and introduced populations of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea, Decapoda, Cambaridae) in Mexico and Costa Rica. *Aquatic Invasions* 7(2): 235-241.
- Torres-Montoya, E.H., Salomón-Soto S. V., Bucio-Pacheco, M., Torres-Avendaño, J. I., López-Ruiza, M., Sánchez-González, S. & Castillo-Ureta, H. 2016. Primer registro de poblaciones silvestres de *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 258–260.

- Tricarico, E., Vilizzi, L., Gherardi, F. & Copp, G.H. 2010. Calibration of FI-ISK, an invasiveness screening tool for nonnative freshwater invertebrates. *Risk Anal* 30:285–292
- UTN. 2016. Se realizó un taller sobre la langosta australiana en Guanacaste. Universidad Técnica Nacional, Periódico Acción Universitaria Costa Rica, Guanacaste. http://utn.ac.cr/periodico/pdf/periodico_accion_universitaria_1-2016.pdf (Accesado 25 de Diciembre 2016)
- Vargas-Alpizar, P. 2018. Especies exóticas invasoras: dos casos en humedales Ramsar. *Ambientico* 266 (6) 34-40.
- Vega-Villasante, F., Ávalos-Aguilar, J.J., Nolasco-Soria, H, Vargas-Ceballos, M.A., Bortolini-Rosales, J.L., Chong-Carrillo, O. Ruiz-Núñez, M.F. & Morales-Hernández J.C. 2015. Wild populations of the invasive Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Crustacea, Decapoda) near the northern coast of Jalisco, Mexico: a new fishing and profitable resource *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(4): 781-785. DOI: 10.3856/vol43-issue4-fulltext-17

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1: ACTA DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

8.2. Anexo 2: Cronograma. Fuente: Elaboración propia

ACTIVIDAD	OCT. (01-31)	NOV. (01-30)	DIC. (01-31)	ENE. (01-31)	FEB. (01-17)
Introducción	X				
Marco Teórico		X			
Marco Metodológico		X			
Desarrollo			X	X	
Conclusiones y Recomendaciones					X
Entrevistas	X	X			
Petición de prórroga			X		
Entrega de avance 1		X			
Entrega de avance 2				X	
Entrega versión final 1					X
Entrega versión final 2					X

8.3. Anexo 3: Cuadros citados en Antecedentes.

Cuadro 1. Tendencias de algunas poblaciones de animales según los Informes Nacionales de Costa Rica al Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD).

GRUPO DE ORGANISMOS	IV INFORME CDB (2009)	V INFORME CDB (2014)	Simbología
Anfibios	↗	↗↘	↗ Poblaciones estables de mayoría del grupo
Mamíferos	→	↗↘	↗↘ Algunas poblaciones aumentan otras disminuyen, según especies y/o localidad
Corales	↘	↗↘	↘ Evidencia de reducción general del grupo
Peces Marinos	↘	↘	
Aves	↘	↗↘	

Simbología	
↗	Poblaciones estables de mayoría del grupo
↗↘	Algunas poblaciones aumentan otras disminuyen, según especies y/o localidad
↘	Evidencia de reducción general del grupo
	Situación positiva
	Atención
	Crítico

Fuente: Política Nacional de Biodiversidad 2015-2030, CONAGEBIO-SINAC, 2015.

Cuadro 2. Tendencias de algunos indicadores en cuanto a las amenazas de la biodiversidad (presiones directas) según los Informes Nacionales de Costa Rica al Convenio sobre la Diversidad Biológica CBD).

AMENAZA PARA LA BIODIVERSIDAD	TENDENCIA DE ALGUNOS INDICADORES
Pérdida de hábitat (cambio uso de suelo)	↗ Cobertura forestal neta
	↘ Degradación de bosques
	↘ Pérdida de cobertura de ecosistemas (manglares, páramo, entre otros)
	↗ Incendios forestales en general y fuera de ASP
Extracción insostenible	↘ Incendios forestales dentro de ASP
	→ Tala ilegal
Contaminación-sedimentación	↘ Poblaciones de peces y crustáceos comerciales
	↗ Consumo de plaguicidas por hectárea
Cambio climático	↘ Calidad sanitaria de playas, estero y ríos
	↗ Conflictividad ambiental
	↗ Déficit hídrico
	↗ Temperatura (promedio y superficial del mar)

Fuente: Política Nacional de Biodiversidad 2015-2030, CONAGEBIO-SINAC, 2015.

Cuadro 3. Principales impactos asociados a la presencia de especies exóticas invasoras.

MEDIO AMBIENTE	ACTIVIDADES HUMANAS	ECONOMÍA	SALUD HUMANA Y AMBIENTAL
<ul style="list-style-type: none"> • Extinción de especies y poblaciones nativas • Degradación de ambientes acuáticos y terrestres • Casos de hibridación • Depredación, desplazamiento de especies nativas • Reducción de la diversidad genética 	<ul style="list-style-type: none"> • Daño de infraestructura • Degradación de tierras de cultivo • Afectan la calidad de agua y los paisajes de valor turístico e histórico 	<ul style="list-style-type: none"> • Entidades públicas y privadas invierten recursos (humanos, económicos) en controlar, erradicar, así como mitigar los impactos de las especies exóticas invasoras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de los procesos y funciones ecológicas • Modificación de ciclos biogeoquímicos • Transmiten enfermedades a humanos y especies nativas

Cuadro 4. Rutas intencionales e involuntarias de introducción de especies exóticas en los ambientes acuáticos continentales.

INTRODUCCIONES INTENCIONALES		INTRODUCCIONES INVOLUNTARIAS
INTRODUCCIONES DIRECTAS	FUGAS DE CAUTIVERIO/ PLANTACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura • Silvicultura • Horticultura • Cría de animales • Repoblación • Liberación de mamíferos. • Caza • Control biológico • Mejoramiento del suelo • Expansión agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas desde jardines botánicos. • Jardines privados • Viveros/tiendas de mascotas • Zoológicos • Granjas de animales • Apicultura • Acuicultura • Acuarios • Centros de investigación • Repoblación 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga aérea • Agua de lastre • Ensuciamiento de los cascos • Maquinaria de transporte y construcción. • Tierra transportada y relleno sanitario. • Corte y relleno de carreteras. • Productos agrícolas • Semillas • Materiales de construcción • Madera • Materiales de embalaje • Paquetes postales • Residuos • Canales (navegación)

Modificado de Sarat, Mazaubert, Dutartre, Poulet & Soubeyran, 2015.

Cuadro 5. Lista de especies exóticas invasoras (EEI) más dañinas del mundo introducidas en aguas continentales, ruta de introducción, rango nativo y rango invasor.

GRUPO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	RUTA DE INTRODUCCIÓN	RANGO NATIVO	RANGO INVASOR
Plantas	<i>Eichhornia crassipes</i>	Lirio acuático	Ornamentalismo, acuarismo	Cuenca del Amazonas, Brasil	África, Asia, América, Europa
Invertebrados	<i>Pomacea canaliculata</i>	Caracol manzana dorado	Acuicultura	Argentina, Bolivia, Paraguay	Asia, EEUU
Peces	<i>Lates niloticus</i>	Perca del Nilo	Pesca	África	Lago Victoria (África), EEUU, Cuba
	<i>Clarias batrachus</i>	Pez gato andador	Acuicultura, acuarismo	Asia	Asia, Europa, EEUU
	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	Acuicultura	África	América, África, Oceanía, Asia, Europa
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arco iris	Acuicultura	EEUU	Europa, Asia, África,
	<i>Salmo trutta</i>	Trucha común	Acuicultura	Europa, Asia	Asia, Europa, América, Oceanía
	<i>Micropterus salmoides</i>	Perca americana	Acuicultura	Canadá, EEUU, México	Europa, África, América, Asia
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	Acuicultura, ornamentalismo, acuarismo	Europa, Asia	Europa, África, América, Asia, Oceanía
	<i>Gambusia affinis</i>	Gambusia	Control biológico mosquitos	México	Europa, África, América, Asia, Oceanía
Anfibios	<i>Rhinella marina</i>	Sapo gigante	Control biológico de plagas agrícolas	América	América, Oceanía, Europa, África, Asia
	<i>Lithobates catesbeianus</i>	Rana toro	Granjas de explotación	Canadá, EEUU	Europa, Asia, América
	<i>Eleutherodactylus coqui</i>	Rana coquí	Comercio de plantas ornamentales	Puerto Rico	Bahamas, República Dominicana, Ecuador, Guam, EEUU
Mamíferos	<i>Myocastor coypus</i>	Nutria	Granjas de explotación de pieles.	Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay	América, Asia, Europa

Elaboración propia con información proveniente de Lowe et al. (2004), <http://enciclovida.mx/exoticas-invasoras> y <http://www.iucngisd.org/gisd/>.

Cuadro 6. Langostas de agua dulce reportadas como especies exóticas invasoras

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	RANGO NATIVO	RANGO DE INTRODUCCIÓN	RUTA DE INTRODUCCIÓN	IMPACTOS
CAMBARIDAE	<i>Orconectes virilis</i> (Hagen, 1870)	Langosta virile (3)	Centro-Este de EEUU y Ontario (Canadá) (1, 2)	EEUU, Canadá, Europa, México (1, 2)	Cebo en la pesca deportiva y acuarismo (1, 2)	Desplaza eficientemente a las especies nativas pues tiene una tasa de crecimiento individual más rápida que éstas (1)
	<i>Orconectes rusticus</i> (Girard, 1852)	Cangrejo oxidado (2)	Ohio, Indiana, Illinois, and Kentucky (EEUU) (2)	Canadá, Francia, Lago de Michigan (EEUU) (2)	Cebo en la pesca (2)	Agresivo, desplaza a cangrejos nativos, reduce abundancia de macrófitas, invertebrados y peces de importancia deportiva, se alimenta de caracoles nativos (2)
	<i>Pacifastacus leniusculus</i> Dana, 1852	Cangrejo señal (3)	Noroeste de EEUU y suroeste de Canadá (2)	Japón, Canadá, EEUU, Austria, Bélgica, Chipria, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, Lituania, Holanda, Noruega, Letonia, Polonia, Rusia, Eslovaquia, España, Suecia, Suiza, Reino Unido (3)	Acuicultura (3)	Responsable del desplazamiento de especies de cangrejos nativos, vector para el hongo de la plaga del cangrejo de río (<i>Aphanomyces astaci</i>), al cual todos los cangrejos de Norteamérica son susceptibles (2)
	<i>Procambarus acutus</i> (Girard, 1852)	Cangrejo blanco (3)	EEUU (3)	Egipto, EEUU, Holanda (3)	Acuicultura (3)	No se conocen, pero se infieren los impactos en base a su biología y las similitudes con <i>Procambarus clarkii</i> (3)
	<i>Procambarus clarkii</i> (Girard, 1852)	Cangrejo rojo, acocil rojo, langosta de Luisiana (1, 2)	Sur de EEUU y Norte de México (1, 2)	Belice, Costa Rica , República Dominicana, Brasil, Nicaragua, Guatemala, Venezuela, Colombia, Ecuador, España, Francia, Gran Bretaña, Portugal, Italia, Chipre, Alemania, Holanda, Suiza, China, Taiwán, Hawái, Japón, Kenia, Uganda, Zambia, Zimbabue (1, 2)	Acuicultura (1)	Depredación y competencia agresiva con especies acuáticas nativas, introducción de la plaga del cangrejo de río, reducción de macrófitas, alteración de la calidad del agua e impactos negativos en las industrias agrícolas y pesqueras (2)
	<i>Procambarus fallax f. virginalis</i> Martin et al., 2010	Cangrejo marmol (3)	Es la versión partenogénica de <i>Procambarus fallax</i> de Georgia y Florida (EEUU) (3)	Japón, Alemania, Madagascar, Holanda, Italia, Reino Unido (3)	Aquarismo (3)	Impacto sobre cultivos de arroz, pesquería y acuicultura. Amenaza para especies nativas, por transmisión de enfermedades (3)
PARASTACIDAE	<i>Cherax quadricarinatus</i> (von Martens, 1868)	Acocil de quelas rojas (1)	Noroeste de Queensland y del Norte Australiano (1)	China, Costa Rica , Ecuador, Israel, Jamaica, Malasia, México, Puerto Rico, Singapur, Tailandia, EEUU, Oeste de Australia, Zambia (3)	Acuicultura (3)	Aún se desconocen; son motivo de presión competitiva para las poblaciones de langostinos nativos (3)
	<i>Cherax destructor</i> Clark, 1936	Cangrejo yabby (3)	Australia (3)	China, Sur África, Zambia, Italia, España, Suiza y Tasmania (3)	Acuarismo, carnada y acuicultura (3)	Capacidad potencial para hibridizar con especies congénicas, competir por alimentos o espacio, alimentarse de macroinvertebrados (caracoles), peces y ser un vector de parásitos (3)

(1) Rodríguez-Almaraz & García-Madrigal (2014), (2) Global Invasive Species Database (2018), (3) CABI (2018), (4) Mendoza, Rodríguez & Castillo (2011). En rojo las especies introducidas en Costa Rica

8.4. Anexo 4: Proceso de invasión Biológica

Introducción de una especie exótica: en esta fase la especie exótica cruza una barrera geográfica y ambiental hacia un nuevo hábitat fuera de su área de distribución natural (Figura 1). Puede ser el resultado de la expansión natural de su área de distribución o mediada por los humanos. En esta fase son importantes las oportunidades que tiene una especie para asociarse con las vías de introducción, así como la disponibilidad de hábitats en donde las especies introducidas se puedan establecer (Mendoza & Koleff, 2014). En esta última, la especie puede ser liberada de manera intencional y/o introducida accidentalmente en una región receptora. Además, se puede presentar una introducción secundaria cuando una especie exótica es introducida en un área diferente a la inicial. La introducción de especies por los humanos ocurre por tres razones principales: (a) introducciones involuntarias (a menudo invertebrados y patógenos), (b) especies importadas para un propósito específico y que luego escapan y (c) introducciones deliberadas (normalmente plantas y vertebrados) (Anexo 3: Cuadro 4) (Mendoza & Koleff, 2014; Sarat, Mazaubert, Dutartre, Poulet & Soubeyran, 2015). Las introducciones mediadas por humanos son frecuentes y se presentan a una tasa que aumenta mucho más rápido que la dispersión natural (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Por otra parte, las probabilidades de invasión están fuertemente asociadas a los vectores por medio de los cuales se introducen las especies (Sarat, Mazaubert, Dutartre, Poulet & Soubeyran, 2015). No todas las especies que son introducidas sobreviven, ya que algunas no se adaptan al medio ambiente, mientras que otras pueden ser reemplazadas por las poblaciones nativas (Sarat, Mazaubert, Dutartre, Poulet & Soubeyran, 2015). Cuando las especies introducidas tienen pocos depredadores, patógenos y enfermedades, serán capaces de prevalecer ante las especies nativas, principalmente por carecer de lazos co-evolutivos con la comunidad receptora, pudiendo fácilmente expandirse más allá del nicho que han logrado ocupar (Capdevila-Argüelles, Zillett & Suárez-Álvarez, 2013; Mendoza & Koleff, 2014).

Establecimiento de especies exóticas: En esta fase las especies exóticas sobreviven, se reproducen y son capaces de mantener poblaciones en la región

receptora (Figura 1). Los dos factores principales por lo que las especies exóticas no logran establecerse son un clima inapropiado y la depredación de las mismas. Sin embargo, los efectos de competencia, enfermedades, entre otros factores son difíciles de cuantificar por lo que están probablemente subestimados (Mendoza & Koleff, 2014). Existen dos tipos de establecimientos: temporal y permanente (Mendoza & Koleff, 2014). Dentro del establecimiento temporal, existe la casual (aquella que no forma poblaciones viables y depende de introducciones repetidas para su existencia) y la de expansión y recesión (especie aumenta su demografía, pero posteriormente tiene un descenso en el número de individuos) (Mendoza & Koleff, 2014). Es importante entender que los rasgos requeridos para la colonización inicial y los que se requieren para el establecimiento permanente pueden diferir (Mendoza & Koleff, 2014).

Dispersión (propagación) de especies exóticas: La dispersión se refiere a una expansión del rango de distribución de la especie exótica de manera natural o mediada por los humanos a partir del lugar de introducción y es la última etapa del proceso de invasión (Figura 1) (Mendoza & Koleff, 2014). Dicha dispersión puede ser de larga distancia (dispersión saltatoria) o de corta distancia (dispersión difusional) con expansiones laterales a partir de donde está establecida la población (Mendoza & Koleff, 2014). Los factores que influyen en el número de propágulos, el modo de dispersión y las tasas vitales (nacimientos y muertes) son factores críticos que regulan la dispersión de las especies invasoras (Mendoza & Koleff, 2014; Sarat, Mazaubert, Dutartre, Poulet & Soubeyran, 2015). Al establecerse en un nuevo ambiente, las especies exóticas no están bajo los mismos controles que mantienen sus poblaciones naturales. Entonces, sin depredadores parásitos o patógenos naturales tienden a incrementar rápidamente sus poblaciones hasta el punto en que pueden dominar el nuevo ambiente (Mendoza & Koleff, 2014; Sarat, Mazaubert, Dutartre, Poulet & Soubeyran, 2015).

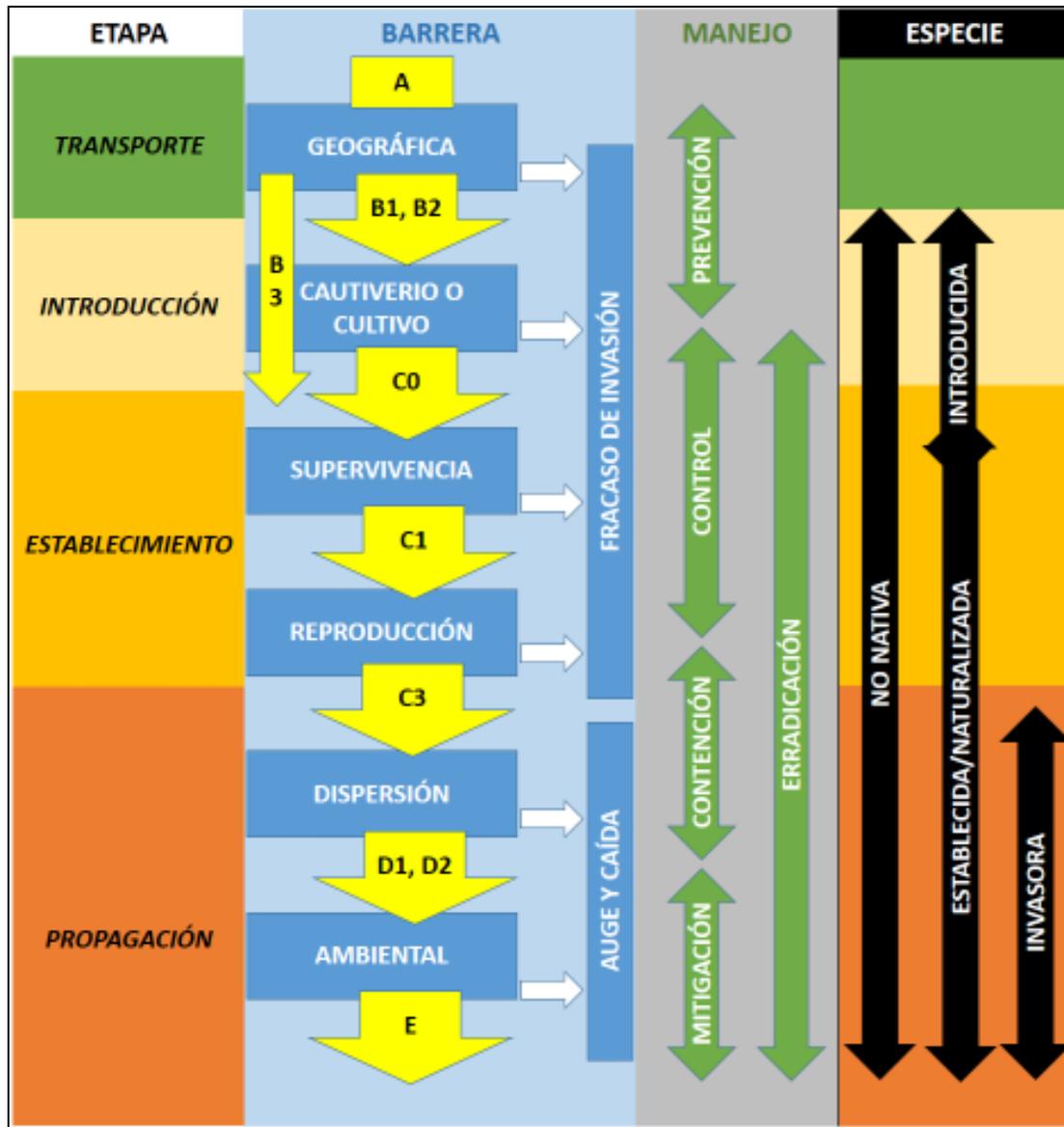


Figura 1. Proceso de una invasión biológica. (A) No transportada fuera de los límites de su distribución natural. (B1) Individuos transportados fuera de los límites de su distribución natural y en cautiverio o cuarentena (en condiciones favorables para ellos, pero bajo estrictas medidas de contención). (B2) Individuos transportados fuera de los límites de su distribución natural y en cultivo o crianza (en condiciones favorables para ellos, pero con medidas limitadas para prevenir su dispersión). (B3) Individuos transportados fuera de los límites de su distribución natural, y directamente liberados en un nuevo ambiente. (C0) Individuos liberados en estado silvestre en la localidad de introducción, pero incapaces de sobrevivir. (C1) Individuos sobreviviendo en estado silvestre en la localidad de introducción, pero sin poder reproducirse. (C2) Individuos sobreviviendo en estado silvestre en la localidad de introducción; la reproducción ocurre, pero la población no es viable. (C3) Individuos sobreviviendo en estado silvestre en la localidad de introducción, se reproducen y la población es auto sostenible. (D1) Población viable en estado

silvestre, con individuos sobreviviendo a una distancia significativa del punto de origen de introducción. (D2) Población viable en estado silvestre, con individuos sobreviviendo y reproduciéndose a una distancia significativa del punto de origen de introducción. (E) Especies completamente invasivas, con individuos que se dispersan, sobreviven y se reproducen en múltiples sitios a través de un espectro mayor o menor de hábitats y extensiones de ocurrencia. Modificado de Blackburn et al., (2011); SINAC, (2018).

8.5. Anexo 5: Hoja de datos para trabajo de campo

Hoja de campo para monitoreo de langostas de agua dulce			
Fecha: _____	Hora: _____	N° de Sitio: _____	
Nombre de localidad: _____	Altitud: _____ msnm		
Coordenadas geográficas:	Latitud: _____ N	Longitud: _____ O	
Clima: _____	lluvioso	_____ soleado	_____ nublado
Caracterización del cuerpo de agua			
Tipo de cuerpo de agua:	_____ riachuelo	_____ laguna	_____ estanque
	_____ río	_____ lago	_____
Tipo de sustrato:	_____ barro	_____ arena gruesa	_____ rocas
	_____ arena fina	_____ grava	_____ vegetación acuática
Presencia de cuevas:	_____ orilla	_____ paredes	_____ otro
Muestreo manual			
Hora inicial _____	Hora final _____		
Coordenadas geográficas:	Inicial: Latitud: _____ N	Longitud: _____ O	
	Final: Latitud: _____ N	Longitud: _____ O	
Tiempo de colecta: _____ minutos	Cantidad de personas: _____		
Cantidad de langosta roja: _____	Cantidad de langosta australiana: _____		
Muestreo con trampas			
Fecha de puesta: _____	Fecha de sacada: _____		
Hora inicial: _____	Hora final: _____		
Número de trampas colocadas: _____			
Trampa	Tiempo (horas)	Cantidad de langosta roja	Cantidad de langosta australiana
1			
2			
3			
Observaciones:			

8.7. Anexo 7: Lista de los enlaces de Vida Silvestre de cada Área de Conservación del SINAC. Fuente: Angie Sánchez Coordinadora de Vida Silvestre

Enlace de Vida Silvestre por Área de Conservación	Correo electrónico	Teléfono
Área de Conservación Arenal Huétar Norte (ACAHN)		
José M. Quirós Rodríguez	josemanuel.quirós@sinac.go.cr	8341-6046
Área de Conservación Central (ACC)		
Pablo Vásquez Badilla	pablo.vasquez@sinac.go.cr	8433-1482
Fabricio Carbonell	fabricio.carbonell@sinac.go.cr	7183-6567
Ronald Mora Vargas	ronald.mora@sinac.go.cr	8839-3458
Anthony Barrientos	anthony.barrientos@sinac.go.cr	
Área de Conservación Guanacaste (ACG)		
Evelyn Solano Brenes	evelyn.solano@sinac.go.cr	8894-2575
Área de Conservación Osa (ACOSA)		
Olger Mendez Fallas	olger.mendez@sinac.go.cr	8838-3572
Ilsia Olivares Hernández	ilsia.olivares@sinac.go.cr	8337-2329
Área de Conservación La Amistad-Pacífico (ACLAP)		
Marisol Rodríguez Pacheco	marisol.rodriguez@sinac.go.cr	8445-7470
Norma Jiménez Coronado	norma.jimenez@sinac.go.cr	8336-3081
Área de Conservación La Amistad-Caribe (ACLAC)		
Álvaro Sauma Rossi	alvaro.sauma@sinac.go.cr	8842-5314
Área de Conservación Arenal Tempisque (ACAT)		
Wilbert Orozco Ríos	wilberth.orozco@sinac.go.cr	8831-9005
Área de Conservación Tempisque (ACT)		
José J. Rodríguez Araya	jose.rodriguez@sinac.go.cr	8358-4690
Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC)		
Gerardo E. Alvarado Araya	esteban.alvarado@sinac.go.cr	8516-4944
Ingrid Campos Leiva	ingrid.campos@sinac.go.cr	8309-3598
Área de Conservación Tortuguero (ACTo)		
José J. Vargas Mora	joaquin.vargas@sinac.go.cr	2710-7542