



Translocation as a conservation tool for endangered tortoises in Mexico

Las translocaciones como herramienta de conservación para las tortugas terrestres en México

Palomo Ramos, R. *, Gatica Colima, A. B., Ríos Arana, J. V.

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas. Av. Plutarco Elías Calles #1210, Fovissste Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. C. P. 32310

ABSTRACT

Translocation programs have largely been focused on birds and mammals, however reptiles have been gaining public appeal thus allowing the creation of spaces for their conservation over the last few decades. With more than 80 % of turtle and tortoise species at risk of becoming extinct in the world, translocation may be the only option for recovering populations. In Mexico, 33 chelonian species, out of the 48 described, have a protection status but no translocation programs have been conducted. Therefore, we reviewed open literature on worldwide tortoise translocation projects to attempt the development of a guideline to improve success rate. We identified the main influencing factors for a successful outcome in a translocation: habitat suitability, acclimatization (soft release), selection of translocation candidates, monitoring post translocation and public acceptance of the translocation program. The information provided by this review will be useful to develop strategies for future tortoise translocations in Mexico and around the world.

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: August 10th 2017.

Accepted/Aceptado: December 18th 2017.

*Corresponding Author:

Rosalinda Palomo-Ramos, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas. Av. Plutarco Elías Calles #1210, Fovissste Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. C. P. 32310. Phone/Fax: (656) 688 1800.. E-mail: rosalinda@rosalindapalomoramos.com .

RESUMEN

Los programas de translocación se han enfocado principalmente en aves y mamíferos, sin embargo, el aumento de la atracción y aceptación de los reptiles por el público ha permitido la creación de espacios para su conservación en las últimas décadas. Con más del 80 % de especies de tortugas terrestres y dulceacuícolas que se encuentran en peligro de extinción en el mundo, las translocaciones podrían ser la única opción para recuperar poblaciones. En México, 33 especies de quelonios, de las 48 descritas, cuentan con algún estatus de protección, sin embargo, ningún programa de translocación ha sido llevado a cabo. Es por ello que revisamos literatura abierta sobre translocaciones de tortugas en diversas partes del mundo y desarrollamos una guía de translocación para mejorar la tasa de éxito. Los principales factores para realizar una translocación exitosa que identificamos son: hábitat idóneo, aclimatación (liberación blanda), elección de los candidatos idóneos a ser translocados, el monitoreo después de la translocación y la aceptación por el público de la translocación. La información proporcionada por esta revisión será útil para desarrollar estrategias de translocaciones de tortugas en México y otras partes del mundo.

PALABRAS CLAVE

En peligro de extinción; herpetofauna; translocaciones; tortugas; México.

KEY WORDS

Endangered, herpetofauna, translocations, tortoises, Mexico.

Introduction

The introduction of species is an age-old process that has occurred along human evolution (Mendelson, *et al.*, 2006). Since ancient times, some authors count the gathering of animals in Noah's ark as the first reference to animal reintroduction (Gilbert and Dodds, 1992). It is however during the Pleistocene, when the first reintroductions occurred along agricultural development and animal domestication; also, when the first human-caused extinctions started (Soriguer, *et al.*, 1998). Nowadays species are still moved from and to their original habitat to establish populations, this strategy is known as translocation.

Translocation is defined by the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources/Species Survival Commission [IUCN/SSC] as any movement of living organisms from one location and releasing them to another by human intervention. There are three types of translocations: introduction (transfer of organisms outside their historic native range), reintroduction (deliberate movement of organisms into part of its native range from where they were extirpated in historic times) and reinforcement (transferring organisms to increase the number of individuals of an existing population). We will use the term translocation for all conservation releases (IUCN, 2013).

As the world population grows, so does the demand for urban space and for agricultural production, which has led to an increasing transformation of habitat to meet human demands. Since the XXI century, 6 million hectares of primary forests have been lost yearly (IUCN) posing a threat to the existence of many animals such as the giant *Cylindraspis* tortoises in the Mascarene Islands (Griffiths *et al.*, 2009). The main causes of animal extinction are overharvesting, habitat loss and fragmentation (Dissanayake *et al.*, 2012). It is estimated that more than 18,000 assessed species (out of 52,000) are at risk of becoming extinct in the next few decades (IUCN, 2014). The loss of species emphasizes the need

Introducción

La introducción de las especies es un proceso secular que ha ocurrido a lo largo de la evolución humana (Mendelson *et al.*, 2006). Desde la antigüedad, algunos autores citan a la recolección de animales en el Arca de Noé como la primera referencia a la reintroducción animal (Gilbert y Dodds, 1992). Sin embargo, fue durante el Pleistoceno cuando la primera reintroducción ocurrió junto con el desarrollo agrícola y la domesticación animal; además, cuando las primeras extinciones ocasionadas por los humanos iniciaron (Soriguer *et al.*, 1998). Actualmente, aún son movidas algunas especies desde y hacia su hábitat original para establecer poblaciones, a esta estrategia se le conoce como translocación.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus Recursos/Comisión de Supervivencia de Especies (IUCN/SSC por sus siglas en inglés) define a la translocación como cualquier movimiento de organismos vivos de un lugar y su liberación en otro mediante intervención humana. Existen tres tipos de translocación: Introducción (transferir organismos fuera de su rango nativo histórico); reintroducción (movimiento deliberado de organismos a parte de su rango nativo, de donde fueron extraídos en épocas remotas); y reforzamiento (transferir organismos para incrementar el número de individuos de una población existente). Utilizaremos el término translocación para todas las liberaciones que tienen como propósito la conservación (IUCN, 2013).

A medida que crece la población mundial, crece también la demanda para espacio urbano y para la producción agrícola, lo que ha llevado a una creciente transformación del hábitat para satisfacer las demandas humanas. Desde el siglo XXI, seis millones de hectáreas de bosques primarios se han perdido anualmente (IUCN), provocando una amenaza a la existencia de muchos animales tal como las tortugas gigantes *Cylindraspis* in las Islas Mascareñas (Griffiths *et al.*, 2009). Las principales causas de la extinción de los animales son la sobreexplotación, pérdida y fragmentación del hábitat (Dissanayake *et al.*, 2012). Se estima que más de 18000 especies evaluadas (de 52,000) están en riesgo de extinguirse en las siguientes décadas (IUCN, 2014). La pérdida de las especies enfatiza la necesidad de estrategias de conservación efectivas. Varias estrategias de conservación han sido implementadas para enfrentar estos problemas, incluyendo los programas de translocación. En México, el primer programa de translocación consistió en la liberación de 22 berrendos o antílopes americanos (*Antilocapra americana*) a la Isla Tiburón en 1962, así como otros vertebrados tales como aves y mamíferos enlistados en la Tabla 1.

**Table 1.
Translocations in Mexico.**

**Tabla 1.
Translocación en México.**

Species	Year	Release location	No. of individuals	Outcome ^a	Type ^b	Reference
American bison (<i>Bison bison</i>)	2009	Janos, Chihuahua	23	S	T	CONANP, 2012
California condor (<i>Gymnogyps californianus</i>)	2002	San Pedro Mártir Sierra, Baja California	20	IP	R	Rojo et al., (2003)
Pronghorn (<i>Antilocapra americana</i>)	1967	Tiburón island, Sonora	22	F	R	CONANP, 2009
	1972	Guadalupe ranch, San Luis Potosí	52	F	R	
	1996	Valle Colombia, Coahuila	65	PS	R	
	1998	Valle Colombia, Coahuila	85	PS	RS	
	2000	Estrella Bioparque, Nuevo Leon	12	F	R	
	2005	Valle Colombia, Coahuila	47	PS	RS	
	2006	Valle Colombia, Coahuila	54	PS	RS	
	2007	Zacatecas	159	IP	R	
Red macaw (<i>Ara macao cyanoptera</i>)	2012	Los Tuxtlas, Veracruz	27	S	R	Estrada, 2014
Mexican Wolf (<i>Canis lupus baileyi</i>)	2011	Sonora	6	F	R	CONABIO, 2011
	2013	Chihuahua	7	PS	R	SEMARNAT, 2016
Black footed ferret (<i>Mustela nigripes</i>)	2001	Janos-Casas Grandes, Chihuahua	94	S	R and RS	Pacheco et al., 2002
Bighorn sheep (<i>Ovis canadensis</i>)	1975	Tiburón Island, Sonora	17	S	R	INE, 2000
	1996	Isla del Carmen, Baja California Sur	26	S	R	Jiménez et al., 1996; Jiménez et al., 1997

Outcome^a of the translocation projects (F=failure, IP=in progress, PS=partially successful, S=success). Type^b of translocation (R=reintroduction, RS=restocking, and T=translocation).

Resultado^a de los proyectos de translocación (F=fracaso, IP=en progreso, PS=parcialmente exitoso, S=exitoso) Tipo^b de translocación (R=reintroducción, RS=repoblación, y T=translocación).

for effective conservation strategies. Several conservation strategies have been implemented to address these problems, including translocation programs. In Mexico the first translocation program was the release of 22 pronghorn (*Antilocapra americana*) to Tiburon Island in 1962 as well as other vertebrates such as birds and mammals listed in Table 1. These programs gained importance since 2007 when President Felipe Calderón created the PROCER (Conservation Program for Species at Risk), initiative aimed at protecting endangered species. Although, there have been translocation programs in Mexico before the creation of PROCER, being the translocation of the initiative included 30 priority risk species, where the only reptiles considered were sea turtles. Because of the lack of translocation research aimed at tortoises in Mexico, it is our interest to develop guidelines for future tortoise translocation programs by identifying successful and unsuccessful tortoise programs worldwide, determining variables related to successful outcomes to promote a more strategic approach to reintroducing these chelonians.

Translocation: strategies and its role in wildlife conservation

Habitat loss and fragmentation are the main causes of wildlife extinction, which result in the reduction of population sizes, and it increases the chance of species extinction (Fahrig, 1997). The extinction of species does not only reduce the world's biodiversity, it also diminishes ecological interactions and evolutionary pressures that sustain plant and animal diversity (Bazzaz, 1996; Hoekstra *et al.*, 2005), species evolution (Myers and Knoll, 2001) and create ecosystem services that benefit the public (Daily, 1997). Since 2008, the practice of translocations has existed following the International Union for the Conservation of Nature (IUCN) guidelines, where the majority have focused on mammals and birds (Figure 1). Most population reestablishing programs have been focused on mammals and birds with successful outcomes (Figure 2), nonetheless there has been growing interest in the conservation of reptiles and amphibians despite the fact that reptiles are not as popular with the public (Dodd and Seigel, 1991).

As the worldwide herpetofauna declines and a great number of amphibian and reptile species become extinct, it is clear that a hands-on conservation strategy is nee-

Estos programas cobraron importancia desde el 2007 cuando el Presidente Felipe Calderón creó PROCER (Programa de Conservación de Especies en Riesgo), iniciativa dirigida a la protección de las especies en peligro de extinción. Sin embargo, en México han existido programas de translocación antes de la creación de PROCER, siendo la translocación de la iniciativa, la cual incluye 30 especies prioritarias en riesgo, donde los únicos reptiles considerados fueron las tortugas marinas. Debido a la falta de investigación sobre translocación de tortugas terrestres en México, es nuestro interés desarrollar pautas para futuros programas de translocación de tortugas terrestres mediante la identificación de programas exitosos y fallidos a nivel mundial, determinando las variables relacionadas con los resultados exitosos para promover un enfoque más estratégico en la reintroducción de estos quelonios.

Translocación: estrategias y su rol en la conservación de la vida salvaje

La pérdida y fragmentación del hábitat son las causas principales de extinción de la vida salvaje, lo que resulta en la reducción de tamaño de la población e incrementa la posibilidad de la extinción de especies (Fahrig, 1997). La extinción de las especies no solo reduce la biodiversidad mundial, sino que también disminuye las interacciones ecológicas y las presiones evolutivas que sustentan la diversidad de la flora y fauna (Bazzaz, 1996; Hoekstra *et al.*, 2005), la evolución de las especies (Myers y Knoll, 2001) y crean servicios de ecosistema que benefician al público (Daily, 1997). Desde 2008 ha existido la práctica de translocaciones siguiendo las directrices de la Unión para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), donde la mayoría se ha concentrado en mamíferos y aves (Figura 1). La mayor parte de los programas de restablecimiento de la población se han enfocado a los mamíferos y aves con resultados exitosos (Figura 2), sin embargo, ha ido creciendo el interés en la conservación de reptiles y anfibios a pesar de que los reptiles no son tan populares para el público (Dodd y Seigel, 1991).

Mientras que la herpetofauna mundial disminuye y un gran número de especies de anfibios y reptiles se extingue, queda claro que es necesaria una estrategia de conservación práctica (Gibbons *et al.*, 2000; Stuart *et al.*, 2004; Mendelson *et al.*, 2006). Como parte de esto, las translocaciones de especímenes salvajes y los proyectos acompañados de programas de criadero en cautiverio han ganado populari-

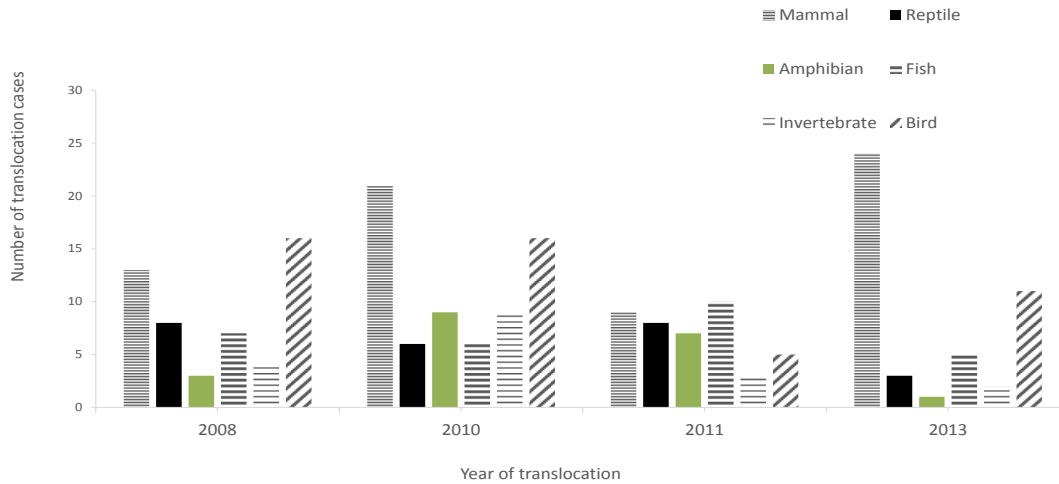


Figure 1. Worldwide translocation cases organized by taxa (IUCN data, 2008-2013).

Figura 1. Casos de translocación mundial organizados mediante taxones (datos IUCN, 2008-2013).

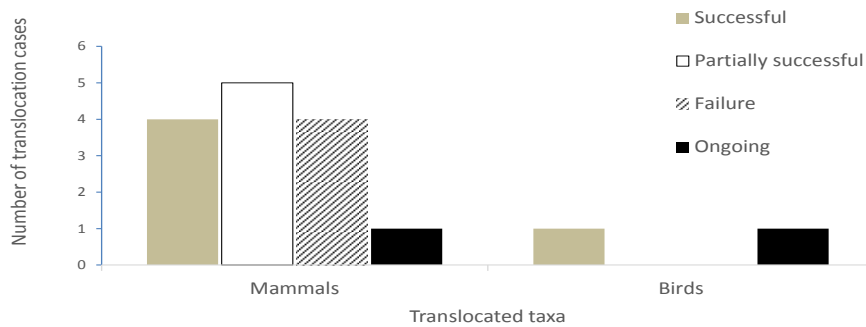


Figure 2. Outcomes on worldwide translocation cases by taxa.

Figura 2. Resultados de casos mundiales de translocación organizados por taxones.

ded (Gibbons *et al.*, 2000; Stuart *et al.*, 2004; Mendelson *et al.*, 2006). As part of this, both translocations of wild individuals and projects coupled with captive breeding programs appear to be gaining popularity (Seddon *et al.*, 2005). However, in the case of sea turtles, public attention about human created threats coupled with management policies have aided in the recovery of some

dad (Seddon *et al.*, 2005). Sin embargo, en el caso de las tortugas marinas, la atención pública sobre las amenazas creadas por los humanos, junto con las políticas de gestión, han ayudado en la recuperación de algunas poblaciones (Stanford, 2010). El escenario para las tortugas terrestres, en contraste, no ha sido tan positivo, aun cuando dos tercios de sus especies están en peligro de extinguirse debido

populations (Stanford, 2010). Tortoise scenario on the other hand, has not been that positive, even though two thirds of their species are in danger of becoming extinct due to habitat loss, human consumption and illegal pet trade (Stanford, 2010).

Nonetheless, with 80 % of the world's tortoises and turtle species at risk of becoming extinct, translocation may be the option for recovering extirpated populations and reconnecting fragmented ones (Tuberville *et al.*, 2005; Tuberville *et al.*, 2011). Tortoises can also aid in the recovery of an ecosystem, where extant non-indigenous tortoises are used to replace extinct ecosystem engineers, such as *Cylindraspis* tortoises in the Mascarene Islands (Griffiths *et al.*, 2009). A successful translocation case is the reintroduction of the Española giant Galapagos tortoise (*Chelonoidis hoodensis*) in Española Island in the mid 1960's (Malcolm and Gibbs, 2007). In the 1800's the Española Giant Galapagos tortoises were excessively hunted by whaling ships arriving to the island to restock food supplies, only 15 individuals remained in Española by 1960. As a conservation effort, these individuals were moved to the Breeding Center at the Charles Darwin Research Station and Galápagos National Park in 1963. Now the population is recovering and has grown to 3000 individuals (Gibbs *et al.*, 2014).

Although not every translocation program can be counted as successful. In 2005, a total of 109 Egyptian Tortoises (*Testudo kleinmanni*) were translocated to an area of its historic range in Omayed Province, Egypt. Only 19 % of males and 12 % of the females were found during post release surveys two years later (Attum *et al.*, 2010). Defining success or failure in reintroduction of tortoises can be difficult: Griffith *et al.*, (1989) considered that a successful translocation occurs when evidence of a self-sustaining population is presented, but this definition does not explain how populations can be determined to be self-sustaining. In population Ecology, a self sustaining population is one where the added individuals by birth or immigration replace individuals lost by death or emigration (Pulliam, 1989).

Developing a translocation project: requirements and considerations

Based on open literature on tortoise translocation, in particular about *Gopherus* tortoises, the motive behind the translocation project should be the initial step to consider before implementing a translocation.

a la pérdida de hábitat, consumo humano y comercio ilegal de mascotas (Stanford, 2010).

No obstante, con 80 % de las especies de tortugas marinas y terrestres en riesgo de extinguirse a nivel mundial, la translocación puede ser la opción para recuperar las poblaciones extirpadas y reconectar aquellas fragmentadas (Tuberville *et al.*, 2005; Tuberville *et al.*, 2011). Las tortugas terrestres también pueden ayudar a recuperar un ecosistema, donde tortugas nativas existentes se utilizan para reemplazar a los ingenieros de ecosistema extintos, tales como las tortugas *Cylindraspis* en las Islas Mascareñas (Griffiths *et al.*, 2009). Un caso de translocación exitosa es la reintroducción de la tortuga Gigante Española de Galápagos (*Chelonoidis hoodensis*) en la Isla Española a mediados de la década de 1960 (Malcolm y Gibbs, 2007). En el año 1800, las tortugas Gigantes Españolas de Galápagos fueron cazadas de manera excesiva por los barcos balleneros que llegaban a la isla a reabastecer sus suministros alimenticios, quedando solamente 15 especímenes en Isla Española para el año 1960. En un esfuerzo de conservación, estos individuos fueron movidos al Centro de Crianza en la Estación Científica Charles Darwin y el Parque Nacional Galápagos en 1963. Actualmente la población se está recuperando y ha aumentado a 3000 especímenes (Gibbs *et al.*, 2014).

Aunque no todos los programas de translocación pueden contarse como exitosos. En 2005, un total de 109 tortugas egipcias (*Testudo kleinmanni*) fueron translocadas a un área de su rango histórico en la provincia de Omayed, Egipto. Solo el 19 % de los machos y 12 % de las hembras fueron encontrados durante estudios posteriores a la liberación, dos años después (Attum *et al.*, 2010). Definir el éxito o fracaso en la reintroducción de tortugas puede ser difícil: Griffith *et al.*, (1989) consideran que una translocación exitosa ocurre cuando se presenta evidencia de una población auto-sustentable, pero esta definición no explica cómo pueden las poblaciones determinarse auto-sustentables. En Ecología de población, una población auto-sustentable es aquella donde los individuos añadidos por nacimiento o migración reemplazan a los individuos perdidos por muerte o emigración (Pulliam, 1988).

Desarrollando un proyecto de translocación: requisitos y consideraciones

De acuerdo a la literatura existente en translocación de tortugas terrestres, en particular sobre tortugas *Gopherus*, el objetivo detrás de un proyecto de translocación debería ser el paso inicial a considerar antes de implementar una translocación. Existen tres objetivos para las translocaciones animales: para resolver conflictos seres huma-

There are three aims for animal translocations: to solve human-wildlife conflicts, to restock game populations and conservation (Fischer and Lindenmayer, 2000). When defining the objective, the outcome should be achieving success in the long term by monitoring the translocated individuals (Riedle et al., 2008).

Once the motive for conducting a translocation has been established, a multidisciplinary team needs to be created, where participants must be able to face uncertainty and stress (Clark and Westrum, 1989). The work team must have the ability to recognize poor performance caused by an internal weakness or some other cause to fix it. A poorly integrated work team is noted when public failures reveal internal weakness (Clark and Westrum, 1989). An example in wildlife management failure linked to organizational weakness is the reintroduction of 19 confiscated slow lorises (*Nycticebus* spp.) in Sumatra, a species that is susceptible to stress in captivity. Twelve of these lorises died due to miscommunication between researchers and the local workers, meaning that the enclosures were altered often creating stress and resulting in the premature death of some of the lorises (Collins et al., 2008).

Decision support teams are playing a vital role in natural resource conservation and management because they address everyday problems using scientific and management knowledge (Heaton et al., 2008) to be successful.

After the team has been structured, their major assignment is finding suitable habitat for translocation candidates to establish a population. To protect a species, it is not enough to preserve representative areas in the animal's home range: an area with minimal human impact surrounded by buffer zones and the predator-prey relationship must be also considered for a successful translocation (Esque et al., 2010). There was a case of tortoise translocation in Ft. Irwin, California, where Desert Tortoises (*Gopherus agassizii*) suffered predation, by Coyotes resulting in a high tortoise mortality rate (48 %) within the first year of translocation (Esque et al., 2010). To increase the probability of a successful translocation it is necessary to understand the specific ecological requirements for the species including its dispersal and reproduction (Tuberville et al., 2011). The ideal candidates to be translocated are healthy individuals with a high reproductive rate. Riedl (2006) suggests that it is necessary to know the behavioral and phy-

nos - vida silvestre, para repoblar poblaciones de caza y para conservación (Fischer y Lindenmayer, 2000). Al definir el objetivo, el resultado debe concentrarse en alcanzar el éxito a largo plazo mediante el monitoreo de los especímenes translocados (Riedle et al., 2008).

Una vez que el motivo para llevar a cabo la translocación ha sido establecido, se requiere crear un equipo multidisciplinario donde los participantes deben ser capaces de enfrentar incertidumbre y stress (Clark y Westrum, 1989). El equipo de trabajo debe tener la habilidad de reconocer bajo rendimiento ocasionado por debilidad interna o alguna otra causa para repararla. Un equipo de trabajo deficiente se evidencia cuando las fallas públicas revelan debilidad interna (Clark y Westrum, 1989). Un ejemplo de fracaso en el manejo de la vida silvestre ligado a la debilidad organizacional es la reintroducción de 19 loris perezosos (*Nycticebus* spp.) confiscados en Sumatra, una especie que es susceptible de estrés en cautiverio; 12 de estos loris murieron debido a la falta de comunicación entre los investigadores y trabajadores locales, es decir, los recintos fueron alterados de manera continua, ocasionando estrés y como resultado la muerte prematura de algunos loris (Collins et al., 2008).

Los equipos de apoyo juegan un rol vital en la toma de decisiones sobre la conservación y el manejo de recursos naturales, porque enfrentan problemas cotidianos utilizando conocimientos científicos y de gestión (Heaton et al., 2008) para lograr el éxito.

Una vez que el equipo ha sido estructurado, su principal tarea es encontrar un hábitat adecuado para la translocación de los candidatos para establecer una población. Para proteger una especie, no es suficiente preservar las áreas representativas del rango de distribución del animal: un área con mínimo impacto humano rodeado de zonas de contención, y la relación predator-presa debe ser también considerada para lograr una translocación exitosa (Esque et al., 2010). Hubo un caso de translocación de tortugas en Ft. Irwin, California, donde Tortugas del Desierto (*Gopherus agassizii*) sufrieron depredación por coyotes, resultando una alta tasa de mortalidad de tortugas (48 %) dentro del primer año de translocación (Esque et al., 2010). Para incrementar la probabilidad de una translocación exitosa, es necesario entender los requerimientos ecológicos específicos para las especies, incluyendo su distribución y reproducción (Tuberville et al., 2011). Los candidatos ideales para ser translocados son individuos saludables con una alta tasa de reproductividad. Riedl (2006) sugiere que es necesario conocer los perfiles conductuales y psicológicos de las tortugas residentes y translocadas, y entonces comparar dichos perfiles

biological profiles of resident and translocated tortoises and compare those profiles before and after translocation. Indicators of health, such as body condition, site fidelity, reproductive activity, home range size and location patterns, may be used as criteria to determine what effects translocation has on individuals (Riedl, 2006). For example, Tuberville *et al.*, (2011) studied the mating behavior of a translocated population of Gopher Tortoises (*Gopherus polyphemus*) established through multiple restockings during 1987 through 1994. In 2006 they determined the relative frequency of multiple paternity and estimated individual reproductive success by genotyping candidate male and female tortoises and offspring. They found that there is a reproductive advantage associated with prior residence and that reproductive success varied among males. The sex ratio of pre-released tortoises is another factor to consider because males are less likely to be established due to their larger home ranges compared to females, thus resulting in higher mortality which could have long term viability implications (Attum *et al.*, 2011). However, release strategies can also affect the translocation outcome. The two most commonly employed strategies are soft and hard release. A soft release is the use of an enclosure where captive animals are awaiting translocation and have access to food and water, while a hard release consists of releasing animals into the wild without any acclimation or experience with the site. Field *et al.*, (2007) conducted a study where they compared the effects of not providing water to captive adult Desert Tortoises (*Gopherus agassizii*) prior to their release would increase the probability of a successful outcome. They used mortality and the changes in body mass, carapace length, behavior and dispersal to test this hypothesis. They had a high mortality rate (21 %) due to drought conditions at the site, rather than the translocation being the cause of tortoise deaths. They also found that water supplementation correlated with high rates of carapace growth and distant movements by males after release. Wide dispersal from the translocation site is undesirable because tortoises could be exposed to high mortality rate (due to predation), anthropogenic disturbance or high energetic costs associated with greater activity as well as little or no range overlap with conspecifics (Fritts *et al.*, 1984; Larkin *et al.*, 2004; Kingsbury and Attum, 2009; Attum *et al.*, 2010). A soft release is preferable because it allows tortoises to acclimatize and develop site fidelity, and makes monitoring their health and behavior easier (Tuberville *et al.*, 2005; 2008; Attum *et al.*, 2010).

antes y después de la translocación. Los indicadores de salud, tales como condición corporal, fidelidad al lugar, actividad reproductiva, tamaño del área de distribución y patrones de localización, pueden ser utilizados como criterios para determinar qué efectos tiene la translocación en los individuos (Riedl, 2006). Por ejemplo, Tuberville *et al.*, (2011) estudiaron la conducta de apareamiento de una población translocada de Tortugas Gopher (*Gopherus polyphemus*), establecidas mediante múltiples repoblaciones durante 1987 y hasta 1994. En 2006, se determinó la frecuencia relativa de la paternidad múltiple y se estimó el éxito reproductivo individual mediante la genotipificación de candidatos macho y hembra de tortugas, y descendencia. Encontraron que existe una ventaja reproductiva asociada con la residencia previa y que el éxito reproductivo varió entre machos. El cociente sexual de las tortugas pre-liberadas es otro factor a considerar porque los machos son menos factibles al establecimiento debido a que sus áreas de distribución son más grandes en comparación con las hembras, resultando en mortalidad más alta, lo cual podría derivar en implicaciones de viabilidad a largo plazo (Attum *et al.*, 2011). Sin embargo, las estrategias de liberación pueden también afectar el resultado de la translocación. Las dos estrategias comúnmente más empleadas son liberación blanda y liberación dura. La liberación blanda corresponde al uso de un recinto donde los animales cautivos esperan por translocación y tienen acceso a alimento y agua, mientras que la liberación dura consiste en liberar a los animales en la vida salvaje sin aclimatación ni experimentación en el sitio. Field *et al.*, (2007) dirigió un estudio donde se compararon los efectos de no proveer de agua a tortugas de desierto adultas cautivas (*Gopherus agassizii*) previo a su liberación, lo cual aumentaría la probabilidad de un resultado exitoso. Para probar su hipótesis, utilizaron mortalidad y cambios en la masa corporal, longitud del caparazón, conducta y dispersión. Tuvieron una alta tasa de mortalidad (21 %) debido a condiciones de sequía en el sitio, y no la translocación como causa de las muertes de las tortugas. También encontraron que el suplemento de agua se correlacionó con altas tasas de crecimiento del caparazón y movimientos distantes de los machos después de la liberación. La amplia dispersión del sitio de translocación no es deseable porque las tortugas podrían estar expuestas a altas tasas de mortalidad (debido a la depredación), perturbación antropogénica o altos costos energéticos asociados con actividades mayores, así como nulo o poco rango de solapamiento con sus congéneres (Fritts *et al.*, 1984; Larkin *et al.*, 2004; Kingsbury y Attum, 2009; Attum *et al.*, 2010). Una liberación blanda es preferible porque permite que las tortugas se aclimaten y desarrollen fidelidad al sitio, y también hace el monitoreo de su salud y conducta más sencillo (Tuberville *et al.*, 2005; 2008; Attum *et al.*, 2010). Un monitoreo a largo plazo de

A long-term monitoring of released individuals must be implemented to assess population establishment and development, although this seldom occurs in translocation projects (Bertolero *et al.*, 2007).

Methods

A literature review was conducted to identify translocation efforts in the world. We identified the important factors that will increase the probability of a successful tortoise translocation as habitat suitability, acclimatization (soft release), selection of translocation candidates, monitoring post translocation and public acceptance of the translocation program. There are other factors that were not mentioned because further research on these topics need to be conducted: recruitment rate, fecundity and the minimum number of animals to translocate.

We read and analyzed published research in the open literature in Google Scholar, using the following search words: animal translocation, wildlife translocation, animal reintroduction, tortoise translocations, and reptile translocation and translocations in Mexico. Tortoise and turtle translocation and reports from resource management agencies such as National Commission of Natural Protected Areas (CONANP) and reports by The International Union for Conservation of Nature (IUCN). We reviewed worldwide cases that we found in open literature and reports on tortoise translocations to assess the main factors that lead to success or failure when translocating tortoises. We define success by meeting the goals that each translocation project has established for itself. We identified the main factors that have influence in achieving a successful translocation.

We developed a guideline for tortoise translocation based on a literature review and the IUCN/SSC criteria.

Results and Discussion

Looking at worldwide animal translocations, we obtained 57 articles from open access articles and IUCN reports and extracted the ones that mention chelonian translocation (n=12, see Table 2). Nine of these cases had a successful outcome, two failed attempts and one unknown outcome. An influencing factor in a successful translocation is habitat suitability (Griffiths *et al.*, 1989; Stamps and Swaisgood, 2006). In 1987,

los especímenes liberados debe implementarse para evaluar el establecimiento y desarrollo de la población, aunque esto raramente ocurre en proyectos de translocación (Bertolero *et al.*, 2007).

Métodos

Se llevó a cabo una revisión de la literatura disponible para identificar los esfuerzos de translocación en el mundo. Identificamos los factores importantes que incrementarían la probabilidad de una translocación de tortugas exitosa tales como idoneidad del hábitat, aclimatación (liberación blanda), selección de candidatos para translocación, monitoreo post-translocación y aceptación pública del programa de translocación. Existen otros factores que no fueron mencionados porque se necesita mayor investigación en esos temas: tasa de reclutamiento, fecundidad y el número mínimo de animales a translocar.

Leímos y analizamos investigaciones publicadas en literatura disponible en Google Académico, utilizando las siguientes palabras de búsqueda: translocación animal, translocación en vida salvaje, reintroducción animal, translocación de tortugas y translocaciones en México. Translocaciones de tortugas terrestres y tortugas marinas y reportes de las agencias de gestión de recursos como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y reportes de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Revisamos casos a nivel mundial que encontramos en la literatura y reportes en translocaciones de tortugas para evaluar los factores principales que llevan al éxito o fracaso cuando se realiza la translocación de tortugas. Definimos el éxito mediante el cumplimiento de los objetivos que cada proyecto de translocación ha establecido. Identificamos los factores principales que han influenciado el logro de una translocación exitosa.

Desarrollamos una guía para la translocación de tortugas basada en la revisión literaria y en los criterios del IUCN/SSC.

Resultados y Discusión

Analizando las translocaciones animales a nivel mundial, obtuvimos 57 artículos de acceso abierto y de reportes de IUCN y extrajimos aquellos que mencionaron la translocación de quelonios (n=12, ver Tabla 2). Nueve de estos casos tuvieron un resultado exitoso, dos intentos fallidos y un resultado desconocido. Un factor influenciante en una translocación exitosa es la idoneidad del hábitat (Griffiths *et al.*, 1989; Stamps and Swaisgood, 2006).

44 *Testudo hermanni hermanni* individuals were translocated and ten years later an additional 22 tortoises were introduced to areas within their historic range. The authors attribute their success to the high quality of the habitat, which means that the tortoises had suitable refuges, food availability, absence of predators (Bertolero *et al.*, 2007). Another example of high quality of habitat

En 1987, 44 especímenes de *Testudo hermanni hermanni* fueron translocados y 10 años después 22 tortugas adicionales fueron introducidas a áreas dentro de su rango histórico. Los autores atribuyen su éxito a la alta calidad del hábitat, lo que significa que las tortugas tuvieron refugios apropiados, disponibilidad de alimento y ausencia de depredadores (Bertolero *et al.*, 2007).

Table 2.
Worldwide tortoise translocation programs.

Tabla 2.
Programas de translocación de tortugas a nivel mundial.

Species	Year	Location	N ^a	Criteria for selecting sites ^b	Candidates criteria ^c	Type of release ^d	Outcome ^e	References
Western swamp tortoise (<i>Pseudemys umbrina</i>)	1994	Australia	162	PA	J, CB	HR	S	Kuchling 2008
Babcock's leopard tortoise (<i>Stigmochelys p. babcock</i>)	2005	South Africa	17	PL	A, J, HT	HR	F	Wimberger <i>et al.</i> , 2009
African spurred tortoise (<i>Centrochelys sulcata</i>)	2007		7	PL	NA	NA	S	Garrigues & Cadi 2011
	2006	Senegal	24	PA	A, HT	HR	PS	Gerlach <i>and</i> Gerlach, 2011
	2006	Seychelles	5	PL	A, HT	HR		
	2010	Seychelles	30	PL	J, HT	HR		
Gopher tortoise (<i>Gopher polyphemus</i>)	1987-1993	USA	25	PL	A, HT	HR	S	Tuberville <i>et al.</i> , 2011
	1994	USA	74	PL	A, HT	HR	S	Tuberville <i>et al.</i> , 2011
	2009	USA	60	PL	A, HT	HR	S	Charles-Smith <i>et al.</i> , 2009
Egyptian tortoise (<i>Testudo kleinmanni</i>)	2005	Egypt	109	PA	A, HT, R	HR	F	Attum <i>et al.</i> , 2010
Hermann's tortoise (<i>Testudo hermanni</i>)	1987	Spain	44	PA	A, J, HT, CB	HR	S	Bertolero <i>et al.</i> , 2007
	1997	Spain	22	PA	A, J, HT, CB	HR	S	Bertolero <i>et al.</i> , 2007
	2013	France	12	PA	A, R, HT, GT	HR	S	Caron <i>et al.</i> , 2013
	1990	France	284	PL	A, R, HT	SR	S	Guyot <i>and</i> Clobert 1997

^anumber of translocated individuals, ^btranslocation sites (PA=Protected area, PL=Public land), ^creleased animals (CB=Captive bred, R=Rescued, J=Juveniles, A=Adults, GT=Underwent genetic test, HT=Underwent health tests), ^dtype of release (HR=Hard release, SR=Soft release), and the ^eoutcome of the translocation (F=Failure, S=Success, PS=Partial success). NA=Information was not available.

^anúmero de especímenes translocados, ^bsitios de translocación (PA=Área protegida, PL=Propiedad pública), ^canimales liberados (CB=criadas en cautiverio, R=Rescatadas, J=Juveniles, A=Adultos, GT=Sometido a prueba genérica, HT=Sometido a prueba de salud), ^dtipo de liberación (HR=Liberación dura, SR=Liberación blanda), y el resultado de la translocación (F=Fracaso, S=Éxito, PS=Éxito parcial). NA=Información no disponible.

playing an important role is the experimental translocation of 12 released *Testudo hermanni hermanni* adults in France (Caron et al., 2013). These tortoises were hard released in areas within their historic distribution and considered the availability of appropriate micro-habitats to allow them to achieve their thermoregulation strategies and had the absence of predators.

Allowing the translocated animals to acclimatize to their new environment is another important factor to consider (Mihoub et al., 2011). In 2005, a total of 109 of *Testudo kleinmanni* tortoises were released in a protected area that is part of their distribution. These tortoises were not allowed to acclimatize with the release site and did not develop site fidelity, resulting in a high mortality rate and long-distance dispersal (Attum et al., 2010). It is important to avoid long distance dispersal from the release site because animals that have dispersed widely will have little or no range overlap with conspecifics (Mihoub et al., 2011) and may experience high mortality due to predation, anthropogenic disturbance or high energetic costs associated with greater activity (Kingsbury and Attum, 2009).

Selecting the ideal candidates to be translocated is another factor identified in the reviewed cases that is vital to achieve a successful translocation program. Ideal candidates are tortoises that have been quarantined to allow any latent diseases to appear and be treated and that have undergone viral, parasitological, morphological and blood screening to detect any of the prevalent (or important) pathogens such as *Mycoplasma agassizii* and tortoise herpesvirus (Brown et al., 1994). Tortoises must have a carapace length long enough to withstand attempted predation, captive bred animals are more favored over confiscated animals because there is a concern of the emergence of disease in them, thus creating a potential pathogen transfer to healthy wild populations (Wimberger et al., 2009). Failure to observe these recommendations might result in high mortality of the translocated individuals, such is the case of 17 *Stigmochelys pardalis* tortoises that were released into the wild without a thorough health assessment (Wimberger et al., 2009). Three tortoises developed diseases and died, and one sick tortoise was returned to captivity, three were killed intentionally, one was turned over by another animal and died and 6 their fate is unknown, two survived 13 months after release and one survived 25 months.

Otro ejemplo del importante rol que juega la alta calidad del hábitat es la translocación experimental de 12 adultos *Testudo hermanni hermanni* liberados en Francia (Caron et al., 2013). Estas tortugas fueron liberadas mediante el método de liberación "dura" en áreas dentro de su distribución histórica y considerando la disponibilidad de micro-habitats apropiados para permitirles realizar estrategias de termoregulación y tuvieron ausencia de depredadores. Permitir que los animales translocados se aclimaten a su nuevo ambiente es otro factor importante a considerar (Mihoub et al., 2011). En 2005, un total de 109 tortugas *Testudo kleinmanni* fueron liberadas en un área protegida que forma parte de su distribución. Estas tortugas no permitieron la aclimatación en el sitio de liberación y no desarrollaron fidelidad al sitio, resultando en una tasa de mortalidad alta y dispersión de larga distancia (Attum et al., 2010). Es importante evitar dispersión de larga distancia del sitio de liberación porque los animales que se han dispersado ampliamente tendrán nulo o poco rango de superposición con sus congéneres (Mihoub et al., 2011) y pueden experimentar alta mortalidad debido a la depredación, la perturbación antropogénica o a los altos gastos de energía asociados con actividad mayor (Kingsbury y Attum, 2009).

Seleccionar a los candidatos ideales para la translocación es otro factor vital identificable en los casos revisados para alcanzar un programa de translocación exitoso. Los candidatos ideales son tortugas que han estado en cuarentena para permitir que cualquier enfermedad latente aparezca y sea tratada y que hayan experimentado pruebas virales, parasitológicas, morfológicas y de sangre para detectar cualquier patógeno prevalente (o importante) tales como *Mycoplasma agassizii* y herpesvirosis de tortuga (Brown et al., 1994). Las tortugas deben tener una longitud razonable de caparazón para soportar los intentos de depredación, los animales criados en cautiverio son más propicios que los animales confiscados porque existe mayor probabilidad de aparición de la enfermedad en ellos, creando por lo tanto una transferencia de patógeno potencial a poblaciones salvajes (Wimberger et al., 2009). Si no se siguen estas recomendaciones, alta mortandad de individuos translocados puede ser el resultado, tal como es el caso de 17 tortugas *Stigmochelys pardalis* que fueron liberadas en vida silvestre sin una evaluación de salud previa (Wimberger et al., 2009). Tres tortugas desarrollaron enfermedades y murieron, y 1 tortuga enferma fue regresada a cautiverio, 3 fueron asesinadas intencionalmente, 1 fue volteada por otro animal y murió, y de 6 se desconoce su destino, 2 sobrevivieron 13 meses después de la liberación, y 1 sobrevivió 25 meses. Los proyectos que tuvieron éxito reportaron observaciones como puesta de

The successful projects reported observing in their monitoring of translocated individuals, egg laying and other natural behaviors such as making burrows, feeding and mating (Bertolero *et al.*, 2007; Kuchling *et al.*, 2008; Garrigues and Cadi, 2011; Tuberville *et al.*, 2011). All of the reviewed cases agree that careful field monitoring post release allows to evaluate translocation success. This is consistent with the IUCN translocation guidelines (2013) that states that ecological monitoring help identify the changes in the habitat and to detect unexpected consequences of a translocation, be it a positive or negative impact.

Lastly, an additional factor to consider before moving any animal to a new area is the social aspect of a translocation. Public acceptance must be considered and all the neighboring landowners and local communities must fully understand, accept, and support the translocation in order to prevent any poaching (Wimberger *et al.*, 2009; IUCN 2013). However, regardless of the different number of released animals, the cases had successful outcomes (Griffiths *et al.*, 1989; Bertolero *et al.*, 2007; Tuberville *et al.*, 2011).

On the reviewed cases, we observed that the number of translocated individuals did not influence the outcome of the translocation, having translocated seven *Centrochelys sulcata* tortoises (Garrigues and Cadi, 2011) or 284 *Testudo hermanni* individuals (Guyot and Clobert, 1997) and still obtaining success. Although it is known that the more animals that get released into a translocation site increases the probability of success, having more animals helps establish a breeding population (Tuberville *et al.*, 2011).

Another factor that was not considered fundamental was the release of animals in protected areas or not. Translocated projects with animals that were released in non-protected areas obtained success, reporting a high annual survival rate (78 %) which is similar to translocated Gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*) in Florida (Cook *et al.*, 1978; Lohofener and Lohmeier, 1986) and for Galapagos tortoises (MacFarland *et al.*, 1974). On the other hand, 17 *Stigmochelys pardalis babcocki* tortoises were released to Leopard Mountain Game Reserve in 2005 and were not successfully translocated, having to return one of the tortoises to captivity because of disease, three were killed by humans, one died turned over by another animal, three others died

huevos en su monitoreo de los especímenes translocados, así como otras conductas naturales como la construcción de madrigueras, alimentación y apareamiento (Bertolero *et al.*, 2007; Kuchling *et al.*, 2008; Garrigues y Cadi, 2011; Tuberville *et al.*, 2011). Todos los casos revisados concuerdan en que el monitoreo en campo post-liberación permite evaluar el éxito de la translocación. Esto es consistente con las guías de translocación del IUCN (2013) que establecen que el monitoreo ecológico ayuda a identificar los cambios en el hábitat y a detectar consecuencias inesperadas de una translocación, ya sea con impacto positivo o negativo.

Finalmente, un factor adicional que debe ser considerado antes de mover a cualquier animal a una nueva área es el aspecto social de la translocación. La aceptación pública debe ser considerada y los propietarios de tierras vecinas y comunidades locales deben entender, aceptar y apoyar en su totalidad la translocación para así prevenir la caza furtiva (Wimberger *et al.*, 2009; IUCN 2013). Sin embargo, sin importar el número diverso de los animales liberados, estos casos tuvieron resultados exitosos (Griffiths *et al.*, 1989; Bertolero *et al.*, 2007; Tuberville *et al.*, 2011).

En los casos revisados, observamos que el número de individuos translocados no influenciaron el resultado de la translocación, habiendo translocado siete tortugas *Centrochelys sulcata* (Garrigues y Cadi, 2011) o 284 especímenes *Testudo hermanni* (Guyot y Clobert, 1997) y aun así se obtuvo el éxito. Aunque se conoce que entre más animales sean liberados al sitio, la translocación tiene mayor probabilidad de éxito, tener más animales ayuda a establecer una población reproductora (Tuberville *et al.*, 2011).

Otro factor que no fue considerado fundamental fue la liberación (o no liberación) de animales en las áreas protegidas. Los proyectos de translocación con animales que fueron liberados en áreas no protegidas fueron exitosos, reportando una tasa anual de supervivencia del 78 %, similar a las tortugas Gopher (*Gopherus polyphemus*) translocadas en Florida (Cook *et al.*, 1978; Lohofener y Lohmeier, 1986) y para las tortugas Galapagos (MacFarland *et al.*, 1974). Por otra parte, 17 tortugas *Stigmochelys pardalis babcocki* fueron liberadas en la Reserva de Leopard Mountain Game en 2005 y no tuvieron éxito en la translocación, regresando a 1 de las tortugas en cautiverio por causa de enfermedad, 3 fueron asesinadas por humanos, 1 murió volteada por otro animal, otras 3 murieron de probable enfermedad, inanición y/o deshidratación, y el destino de 6 de ellas es desconocido. Solo 3 animales

from a probable disease, starvation and/or dehydration, and the fate of six was unknown. Only three animals survived more than 13 months after release (Wimberger et al., 2009).

The five main influencing factors in achieving successful translocations are described and were used to develop a translocation guideline specifically for tortoises (Figure 3). Since most of the translocation efforts are focused on mammals and birds, it is necessary to develop a guide catered to reptile requirements since there is a high mortality rate when translocating organisms due to stress and other reasons such as poor health (Wimberger et al., 2009; Dickens et al., 2010). Adhering to chelonian requirements will reduce the mortality rate and increase the probability of a successful outcome.

Conclusion

Our goal of identifying the main factors that influence on a positive outcome on a translocation project was met. Based on our analysis, the important factors to consider were habitat suitability, favoring soft releases over hard releases (acclimatization), selection of ideal candidates, monitoring post translocation and public acceptance of the translocation program.

sobrevivieron después de 13 meses post-liberación (Wimberger et al., 2009).

Los cinco factores de influencia principales en alcanzar translocaciones exitosas se describen y fueron utilizados para desarrollar una guía específica de translocación para tortugas terrestres (Figura 3). Debido a que la mayoría de los esfuerzos se enfocan en mamíferos y aves, es necesario desarrollar una guía que atienda los requerimientos de los reptiles ya que existe una alta tasa de mortandad cuando se realiza la translocación de organismos debido a estrés y otras razones, tales como la deficiencia de salud (Wimberger et al., 2009; Dickens et al., 2010). Atender los requerimientos de los quelonios reducirá la tasa de mortandad e incrementará la probabilidad de un resultado exitoso.

Conclusión

Se logró nuestro objetivo de identificar los factores principales que influyen en el resultado positivo de un Proyecto de translocación. Basado en nuestro análisis, los factores importantes a considerar fueron idoneidad del hábitat, favorecimiento de liberaciones blandas sobre liberaciones duras (aclimatación), selección ideal de candidatos, monitoreo post-translocación y aceptación pública del programa de translocación.

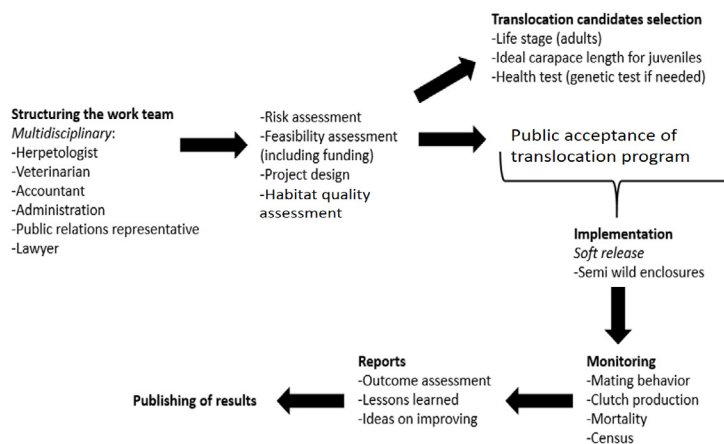


Figure 3. Guideline to develop a successful tortoise translocation.

Figura 3. Lineamiento para desarrollar una translocación exitosa de tortugas.

These factors were useful to develop a translocation guide focused on tortoises.

Estos factores fueron útiles para desarrollar una guía sobre translocación enfocada en las tortugas terrestres.

Acknowledgments

The authors would like to thank CONACyT for its financial support with a scholarship to one of the authors (RPR); and we would like to thank the reviewers of the manuscript.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a CONACyT por su apoyo financiero mediante una beca para uno de los autores (RPR), y desean también agradecer a los revisores del manuscrito.

References

- Attum, O., Farag, W. E., Baha-El-Din, S. M. and Kingsbury B. (2010). Retention rate of hard-release translocated Egyptian tortoises *Testudo kleinmanni*. *Endangered Species Research*, 12: 11-15. DOI: [10.3354/esr00271](https://doi.org/10.3354/esr00271).
- Attum, O., Otoum, M., Amr, Z. and Tietjen, B. (2011). Movement patterns and habitat use of soft released translocated spur-thighed tortoises *Testudo graeca*. *European Journal of Wildlife Research*, 57: 251-258. DOI: [10.1007/s10344-010-0419-4](https://doi.org/10.1007/s10344-010-0419-4).
- Bazzaz, F. A. (1996). *Plants in Changing Environments*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bertolero, A., Oro, D. and Besnard, A. (2007). Assessing the efficacy of reintroduction programmes by modelling adult survival: the example of Hermann's tortoise, *Animal Conservation*, 10: 360-368. DOI: [1469-1795.2007.00121.x](https://doi.org/10.1017/S14691795200700121).
- Brown, M. B., Schumacher, I. M., Klein, P. A., Harris, K., Correll, T and Jacobson, R. (1994). Mycoplasma agassizii causes Upper Respiratory Tract Disease in the desert tortoise, *American Society for Microbiology*, 62: 4580-4586.
- Caron, S., Ballouard, J. M., Lepeigneul, O. and Bonnet, X. (2013). Experimental translocation (re-inforcement) of the Hermann's tortoise, Var, France. In: Soorae P.S., ed. 42-46 pp. Abu Dhabi, UAE. IUCN Global reintroduction perspectives 2013. IUCN/SSC Reintroduction Specialist Group.
- Charles-Smith, Charles-Smith, L. E., Lewbart, G. A., Aresco, M. J. and Cowen, P. (2009). Detection of Salmonella in gopher tortoises *Gopherus polyphemus* during two relocation efforts in Florida, *Chelonian Conservation*, 8: 213-216. DOI: [10.2744/CCB-0771.1](https://doi.org/10.2744/CCB-0771.1).
- Clark, T. W., and Westrum, R. (1989). High-performance teams in wildlife conservation: a species reintroduction and recovery example, *Environmental Management*, 13: 663-670.
- Collins, R., Sanchez, K. L. and Nekaris, K. A. I. (2008). Release of greater slow lorises, confiscated from the pet trade, to Batutegi Protected Forest, Sumatra, Indonesia. Pages, In: Soorae P.S., ed. 192-195 pp. Abu Dhabi, UAE. IUCN Global re-introduction perspectives. IUCN/SSC Reintroduction Specialist Group.
- CONABIO. (2011). Fichas de especies prioritarias. Lobo mexicano (*Canis lupus*). Conanp y Conabio, Semarnat. México.
- Cook, J. C., Weber, A. E. and Stewart, G. R. (1978). Survival of captive tortoises released in California. *Proc. Syrup. Desert Tortoise Court., 1978*, 130-133.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2009). Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Berrendo (*Antilocapra americana*). México, D.F.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2012). Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Bisonte (*Bison bison*). México, D. F.
- Daily, G. C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC.
- Dickens, M. J., Delehanty, D. J. and Romero, L.M. (2010). Stress: an inevitable component of animal translocation, *Biological Conservation*, 143: 1329-1341. DOI: [10.1016/j.biocon.2010.02.032](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.032).

- Dissanayake, S. T. M., Önal, H., Westervelt, J. D. and Balbach, H. E. (2012). Incorporation species relocation in in reserve design models: an example from Ft. Benning GA, *Ecological Modelling*, 224: 65-75.
- Dodd, C. K., Jr. and Seigel, R. A. (1991). Relocation, repatriation, and translocation of amphibians and reptiles: Are they conservation strategies that work? *Herpetologica*, 47: 336–350.
- Esque, T. C., Nussear, K. E., Drake, K. K., Walde, A. D., Berry, K. H., Averill-Murray, R. C., Woodman, A. P., Boarman, W. I., Medica, P. A., Mack, J. and Heaton, J. S. (2010). Effects of subsidized predators, resource availability and human population density on desert tortoise populations in the Mojave Desert, USA, *Endangered Species Research*. 12: 167-177. DOI: [10.3354/esr00298](https://doi.org/10.3354/esr00298).
- Estrada, A. (2014). Reintroduction of the scarlet macaw (*Ara macao cyanooptera*) in the tropical rainforests of Palenque, Mexico: project design and first year progress, *Tropical Conservation Science*. 7: 342-364. [https://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v7/TCS-2014-Vol7\(3\)_342-364_AEstrada.pdf](https://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v7/TCS-2014-Vol7(3)_342-364_AEstrada.pdf)
- Fahrig, L. (1997). Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction, *Journal of wildlife management*. 61: 603-610. DOI: [10.2307/3802168](https://doi.org/10.2307/3802168).
- Field, K. J., Tracy, C. R., Medica, P. A., Marlow, R. W. and Corn, P. S. (2007). Return to the wild: Translocation as a tool in conservation of the Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*), *Biological Conservation*. 136: 232–245. DOI: [10.1016/j.biocon.2006.11.022](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.11.022).
- Fischer, J., and Lindenmayer, D. B. (2000). An assessment of the published results of animal relocations, *Biological Conservation*. 96: 1–11. DOI: [10.1016/S0006-3207\(00\)00048-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00048-3).
- Fritts, S. H., Paul, W. J. and Mech, L. D. (1984). Movements of translocated wolves in Minnesota, *Journal of Wildlife Management*. 48: 709–721. <http://www.jstor.org/stable/3801418>.
- Garrigues, L. and Cadi, A. (2011). Re-introduction of African spurred tortoise in North Ferlo, Senegal., In: Soorae P. S., ed. 94-97 pp. Abu Dhabi, UAE. IUCN Global re-introduction perspectives 2011. IUCN/SSC Reintroduction Specialist Group. DOI: [10.1111/j.1523-1739.2008.01123.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01123.x).
- Gerlach, J. and Gerlach, R. (2011). Translocation of Giant tortoises in the Seychelles Islands. In: Soorae, P.S. ed. 98-101 pp. Abu Dhabi, UAE. IUCN Global re-introduction perspectives 2011. IUCN/SSC Reintroduction Specialist Group.
- Gibbs, J. P., Hunter, E. A., Shoemaker, K. T., Tapia, W. H. and Cayot, L. J. (2014). Demographic outcomes and ecosystem implications of Giant tortoise reintroduction to Española Island, Galapagos, *PLOSone*. DOI: [10.1371/journal.pone.0110742](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110742).
- Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Greene, J. L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S. and Winne, C. T. (2000). The global decline of reptiles, déjavu amphibians, *BioScience*. 50: 653–666. DOI: [10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0653:TGDORD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0653:TGDORD]2.0.CO;2).
- Gilbert, F. F. and Dodds, D. G. (1992). *The philosophy and management of wildlife practice, Second edition*. Malabar. Krieger Publ. Company.
- Griffith, B., Scott, J. M., Carpenter, J. W. and Reed, C. (1989). Translocation as a species conservation tool: Status and strategy, *Science* 245: 477-480. DOI: [10.1126/science.245.4917.477](https://doi.org/10.1126/science.245.4917.477).
- Griffiths, C. J., Jones, C. G., Hansen, D. M., Puttoo, M., Tatayah, R. V., Müller, C. B. and Stephen, H. (2009). The use of extant non-indigenous tortoises as a restoration tool to replace extinct ecosystem engineers, *Restoration Ecology* 18: 1–7. DOI: [10.1111/j.1526-100X.2009.00612.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00612.x).
- Guyot, G. and Clobert, J. (1997). Conservation measures for a population of Hermann's tortoise *Testudo hermanni* in southern France bisected by a major highway, *Biological Conservation*, 79: 251 256. DOI: [10.1016/S0006-3207\(96\)00082-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(96)00082-1).
- Hoekstra, J. M., Boucher, T. M., Ricketts T. H. and Roberts, C. (2005). Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection, *Ecology Letters*. 8: 23-29. DOI: [10.1111/j.1461-0248.2004.00686.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00686.x).
- Heaton, J. S., Nussear, K. E., Esque, T. C., Inman, R. D., Davenport, F. M., Leuteritz, T. E., Medica, P. A., Strout, N. W., Burgess, P. A. and Benvenuti, L. (2008). Spatially explicit decision support for selecting translocation areas for Mojave Desert tortoises, *Biodiversity and Conservation*. 17: 575–590. DOI: [10.1007/s10531-007-9282-3](https://doi.org/10.1007/s10531-007-9282-3).

- INE. Instituto Nacional de Ecología. (2000). Proyecto para la Conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. México, D. F. <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/186.pdf>
- IUCN. (2014). Gland, Switzerland. https://www.iucn.org/iyb/about/biodiversity_crisis/ Accessed 15 Oct 2014.
- IUCN. (2013). Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Prepared by the IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2013-009.pdf>
- Jiménez, S. L., C. C. Hernández, J. DeForge, and Valdez, R. (1996). Desert bighorn sheep recovery project in Baja California Sur, Mexico, Desert Bighorn Council Transactions, 40: 8–12.
- Jiménez, S. L., C. C. Hernández, J. DeForge and Valdez, R. (1997). Update of the conservation plan for Weems desert bighorn on Carmen Island, Baja California Sur, Mexico, Desert Bighorn Council Transactions. 41: 44–50.
- Kingsbury, B. A. and Attum, O. (2009). Conservation strategies: captive rearing, translocation and repatriation. In: Snakes: ecology and conservation. Mullin, S. J. and Seigel, R. A., eds. 201-220 pp. Ithaca, NY. Cornell University Press.
- Kuchling, G. (2008). Re-introduction and conservation introductions of the western swamp tortoise in south-western Western Australia. Pages, In: IUCN Global re-introduction perspectives. Soorae P.S. ed. 70-75 pp. Abu Dhabi, UAE. IUCN/SSC Reintroduction Specialist Group.
- Larkin, J. L., Cox, J. J., Wichrowski, M. W., Dzialak, M. R. and Maehr, D. S. (2004). Influences on release-site fidelity of translocated elk, *Restoration Ecology*. 12: 97–105. DOI: [10.1111/j.1061-2971.2004.00231.x](https://doi.org/10.1111/j.1061-2971.2004.00231.x).
- Lohofener, R. and Lohmeier, L. (1986). Experiment with gopher tortoise (*Gopherus polyphemus*) relocation in southern Mississippi. *Herpetol. Rev.*, 17, 37-40.
- MacFarland, C. G., Villa, J. and Toro, B. (1974). The Galapagos giant tortoises (*Geochelone elephantopus*), Part II: Conservation methods. *Biol. Conserv.*, 6, 198-212.
- Malcolm, L. H. Jr. and Gibbs, J. P. (2007). *Fundamentals of Conservation Biology, Third edition*. New York, USA. Blackwell Publishing.
- Mendelson, Jr. III, Mendelson, Jr. 3rd1, Lips, K. R., Gagliardo, R. W., Rabb, G. B., Collins, J. P., Diffendorfer, J. E., Daszak, P., Ibáñez, D. R., Zippel, K. C., Lawson, D. P., Wright, K. M., Stuart, S. N., Gascon, C., Da Silva, H. R., Burrowes, P. A., Joglar, R. L., La Marca, E., Lötters, S., Du Preez, L. H., Weldon, C., Hyatt, A., Rodriguez-Mahecha, J. V., Hunt, S., Robertson, H., Lock, B., Raxworthy, C. J., Frost, D. R., Lacy, R. C., Alford, R. A., Campbell, J. A., Parra-Olea, G., Bolaños, F., Domingo, J. J., Halliday, T., Murphy, J. B., Wake, M. H., Coloma, L. A., Kuzmin, S. L., Price, M. S., Howell, K. M., Lau, M., Pethiyagoda, R., Boone, M., Lannoo, M. J., Blaustein, A. R., Dobson, A., Griffiths, R. A., Crump, M. L., Wake, D. B., Brodie, E. D. Jr. (2006). *Science*. 313(5783): 48. DOI: [10.1126/science.1128396](https://doi.org/10.1126/science.1128396).
- Mihoub, J., Robert, A., Le Gouar, P. and Sarrazin, F. (2011). Post-release dispersal in animal translocations: Social attraction and the “vacuum effect”, *PLoS ONE*. 6(12): e27453. DOI: [10.1371/journal.pone.0027453](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027453).
- Myers, N., and Knoll, A. H. 2001. The biotic crisis and the future of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98: 5389–5392.
- Pacheco, J., Ceballos, G. and List, R. (2002). Reintroducción del hurón de patas negras en las praderas de Janos, Chihuahua. *CONABIO. Biodiversitas*, 42: 1-5. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/7108.pdf>.
- PROCER. Programa de Conservación de Especies en Riesgo. (2007). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D. F. <http://procer.conanp.gob.mx> [accessed October 2014].
- Pulliam, H. R. (1988). Sources, sinks, and population regulation, *The American Naturalist*. 132: 652-661. <http://www.jstor.org/stable/2461927>.
- Riedl, S. C. (2006). The effects of gopher tortoise (*Gopherus polyphemus*) translocation on movements, reproductive activity, and body condition of resident and translocated individuals in Central Florida (Master of Science Thesis). Department of Biology College of Arts and Sciences, University of South Florida. <http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3673&context=etd> [Accessed December 2nd 2017].

- Riedl, S. C., Mushinsky, H. R. and McCoy, E. D. (2008). Translocation of the Gopher tortoise: Difficulties associated with assessing success, *Applied Herpetology*. 5: 145-160. http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1308&context=bin_facpub
- Rojo, A. (2003). La reintroducción del cóndor de California en México Biológico Mesoamericano, CONABIO. *Biodiversitas* 46:12-14. Available from: <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv46art3.pdf>
- Seddon, P. J., Soorae, P. S., and F. Launay. (2005). Taxonomic bias in reintroduction projects, *Animal Conservation* 8: 51–58. DOI: [10.1017/S1367943004001799](https://doi.org/10.1017/S1367943004001799).
- Soriguer, S. C., Márquez, F. J. and J. M. Pérez. (1998). Las translocaciones (introducciones y reintroducciones) de especies cinegéticas y sus efectos medioambientales, *Revisiones en Mastozoología*. Galemys 10: 19-35. <http://www.secem.es/wp-content/uploads/2013/03/G-10-2-02-Soriguer-19-35.pdf>.
- Stamps, J. A. and Swaisgood, R. R. (2006). Someplace like home: Experience, habitat selection and conservation biology, *Applied Animal Behaviour Science* 102: 392-409. DOI: [10.1016/j.applanim.2006.05.038](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.038).
- Stanford, C. B. (2010). *The last tortoise. A tale of extinction in our lifetime*. Cambridge, Massachusetts. The Belknap Press of Harvard University Press.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016). El regreso del lobo. Available from: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/el-regreso-del-lobo-mexicano>. [Accessed December 2nd 2017]
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. and Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide, *Science*. 306: 1783– 1786. DOI: [10.1126/science.1103538](https://doi.org/10.1126/science.1103538).
- Tuberville, T. D., Clark, E. E., Buhlmann, K. A. and Gibbons, J. W. (2005). Translocation as a conservation tool: Site fidelity and movement of repatriated gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*), *Animal Conservation*. 8: 339–358. DOI: [10.1017/S1367943005002398](https://doi.org/10.1017/S1367943005002398).
- Tuberville, T. D., T. M. Norton, B. D. Todd and Spratt, J. S. (2008). Long-term apparent survival of translocated gopher tortoises: a comparison of newly released and previously established animals, *Biological Conservation*. 141: 2690-2697. DOI: [10.1016/j.biocon.2008.08.004](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.08.004).
- Tuberville, T. D., Norton, T. M., Waffa, B. J., Hagen, C., and Glenn, T. C. (2011). Mating system in a gopher tortoise population established through multiple translocations: Apparent advantage of prior residence, *Biological Conservation*. 144: 175-183. DOI: [10.1016/j.biocon.2010.08.012](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.08.012).
- Wimberger, K., Armstrong, A. J. and Downs, C. T. (2009). Can rehabilitated leopard tortoises, *Stigmochelys pardalis*, be successfully released into the wild? *Chelonian Conservation and Biology*, 8: 173-184. DOI: [10.2744/CCB-0773.1](https://doi.org/10.2744/CCB-0773.1).

Cite this paper/Como citar este artículo: Palomo Ramos, R., Gatica Colima, A. B., Ríos Arana, J. V. (2018). Translocation as a conservation tool for endangered tortoises in Mexico. *Revista Bio Ciencias* 5(2018), 17 pages, Article ID: 05.2018.01. <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/322/pdf>

