

CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES  
OF WILD FAUNA AND FLORA



Seventieth meeting of the Standing Committee  
Rosa Khutor, Sochi (Russian Federation), 1-5 October 2018

Species specific matters

Totoaba (*Totoaba macdonaldi*)

REPORT OF MEXICO

1. This document has been submitted by Mexico, in collaboration with the Secretariat.\*

Background

2. At its 17th meeting, the Conference of the Parties adopted the following Decisions on Totoaba (*Totoaba macdonaldi*):

| Decision | Mandate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 17.145   | <i>Directed to Parties</i><br>Parties acknowledge that Mexico, the United States of America and China are committed to collaborating and contributing towards the conservation of totoaba, and urge other parties to join them in this effort.                                                                                                                                                                                                 |
| 17.146   | <i>Directed to range, transit or consumer States of totoaba</i><br>Parties should intercept illegal shipments, and, as appropriate and to the extent possible, share information on such illegal catch and illegal trade, with the Secretariat, as well as CITES authorities of relevant Parties.                                                                                                                                              |
| 17.147   | <i>Directed to range, transit or consumer States of totoaba</i><br>Parties should engage in awareness raising activities about the endangerment of totoaba and its grave implications for vaquita ( <i>Phocoena sinus</i> , an endangered species threatened with extinction and listed under Appendix I), eliminate supply of and demand for totoaba, and increase law enforcement measures to prevent and address illegal fishing and trade. |
| 17.148   | <i>Directed to range, transit or consumer States of totoaba</i><br>Parties shall submit to the Secretariat information to be made available to the 69th and 70th meetings of the Standing Committee on the number and quantity of seizures of illegal totoaba products, arrests of those engaged in the illegal fishing and trade, results of any prosecutions, and actions taken to implement these decisions.                                |

\* The geographical designations employed in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the CITES Secretariat (or the United Nations Environment Programme) concerning the legal status of any country, territory, or area, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. The responsibility for the contents of the document rests exclusively with its author.

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 17.149 | <p><i>Directed to the Secretariat</i></p> <p>Subject to availability of external resources and in consultation with relevant organizations [i.e. the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the International Union for Conservation of Nature (IUCN), etc.] as well as the range State, the Secretariat shall commission a report, to be submitted to the Standing Committee, on the current status of totoaba and vaquita, and ongoing conservation efforts, information on illegal trade and markets, and recommendations to guarantee the recovery of totoaba and vaquita and combat illegal trade.</p> |
| 17.150 | <p><i>Directed to the Standing Committee</i></p> <p>The Standing Committee shall evaluate the data and information submitted by Parties at its 69th and 70th meetings and make recommendations for any additional actions.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 17.151 | <p><i>Directed to Parties and other relevant stakeholders</i></p> <p>Parties and other relevant stakeholders are urged to support efforts to stop illegal fishing, trafficking, and support activities benefitting the recovery of wild populations of totoaba.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

3. During the 69th meeting of the Standing Committee, Mexico, China and the USA presented document SC69 Doc. 65.2. To that end, the Committee took note of the progress made in the application of Decisions 17.145 to 17.151, urging Mexico, China and the USA to continue their collaboration, pointing out the urgency of this issue, to improve the conservation status of the totoaba and the vaquita, among other things, applying the measures agreed on at their trilateral meeting held in August 2017. SC69 Sum. 9 (Rev. 1).

Progress made in the application of Decisions 17.145 to 17.151

4. **With regard to Decisions 17.146 and 17.148**, Mexico has carried out permanent inspection and monitoring actions in conjunction with the administrative, legal, customs and security authorities. Highlighting the special operations in the Gulf of California, in addition to a permanent monitoring mechanism in transport links, ports where vessels arrive, maritime ports where vessels leave with export goods, terrestrial border crossings and airports with frequent international flights (both in the passenger and in the parcel and courier services areas).

As a result of the abovementioned activities, 140 specimens of totoaba were secured, as were 948 swim bladders (maws), 37 people were brought before the judicial authorities, and 5 criminal cases were opened pending the corresponding judgments delivered by the judges.

5. **With regard to Decision 17.147**

- a) On 9 February 2018, the Government of Mexico sent a report on the conservation status of the Islands and Protected Areas of the Gulf of California World Heritage Site. (Annex 1, INF UNESCO).

Likewise, from 11 to 17 February 2018, Mexico received a reactive monitoring mission visit by experts from the World Heritage Centre of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) and from the International Union for Conservation of Nature (IUCN). In this visit, the actions carried out to implement the recommendations of the World Heritage Committee were highlighted.

Based on the information presented, the 42<sup>nd</sup> session of the World Heritage Committee held from 24 June to 4 July 2018 in Manama, Bahrain, recommended postponing the decision to list the site as a property at risk until the 43<sup>rd</sup> session in 2019, due to the fact that the impact of the actions is not significantly noticeable in the short term. Resolution WHC/18/42.COM/7B.Add.

- b) Mexico launched a communication programme to inform the public about the means implemented for the conservation of the vaquita, disseminating monitoring actions to stop the use of unsustainable fishing practices, to enforce a permanent ban on gillnets, to identify the origin and destination of investments aimed at ensuring the recovery of the vaquita and the totoaba, as well as the extension of the protected area, in addition to many other issues. Using various media and communication platforms such as social networks, as well as forums and exhibitions in order to cause society to react and to raise awareness about the importance of conserving these species, highlighting:

- i) The design of graphic contents and audiovisual materials on collaboration with other institutions such as the Ministry of the Navy the Federal Prosecutor's Office for Environmental Protection, non-governmental organisations such as The Sea Shepherd, the Museo de la Ballena [Whale Museum], etc.
  - ii) The development of a strong audiovisual contents base, which achieved a great impact on Twitter with 1,246,850 impressions through the official account during the period from August 2017 to June 2018, and 1,282,911 on Facebook for a total of around 4.87 million impressions on social media.
  - iii) Over a thousand features were published, 30 of which were published on the front pages of the national press.
  - iv) The Secretary of the Environment and Natural Resources (SEMARNAT), Rafael Pacchiano Alamán, gave a large number of interviews to the media.
  - v) The issuing of a postage stamp and a National Lottery ticket with a picture of this cetacean to form part of the Mexican Postal Service's philatelic repertory.
  - vi) Exhibitions such as the one carried out as part of the 8<sup>th</sup> Biological Diversity Week, the "Megadiverse Mexico" exhibition and the Universum Museum.
6. **With regard to the study mentioned in Decision 17.149**, the Secretariat will present an update regarding the terms of reference agreed on with Mexico, through document SC70 Doc. 62.1.
7. **With regard to Decision 17.151**
- a) Mexico keeps the Agreement in force that establishes the fishing ban on the totoaba in the waters of the Gulf of California, from the estuary of the River Colorado to the River Fuerte, Sinaloa, on the eastern coast, and the River Colorado to Bahía Concepción, Baja California, on the western coast;
  - b) Taking into consideration the recommendations made by the International Committee for the Recovery of the Vaquita (CIRVA), on 20 April 2018, Mexico published the Agreement that establishes the extension of the wildlife refuge for the vaquita (*Phocoena sinus*), in order to expand the protected area to 1,841 km<sup>2</sup>, so as to allow for and promote the recovery of its population. (Annex 2 REFUGE).  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5520239&fecha=20/04/2018](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5520239&fecha=20/04/2018)
  - c) To date, the 3 installations where the totoaba is currently being bred in captivity have released over 393,000 young into the wild, with a total of 60,000 being released in 2018. This activity is being monitored and the recapture of adult-sized specimens has been reported (Annex 3 INF UABC).
  - d) The National Fisheries and Aquaculture Institute (INAPESCA) developed the study entitled, "Assessment of the Totoaba Population in the Gulf of California", published in February 2018, which concludes that the species has recovered and that its range has expanded southwards. However, it indicates that the totoaba is vulnerable to the illegal fishing of adult fish, and the current catch rate is unsustainable. (Annex 4 INF INAPESCA).
  - e) Mexico developed a new Official Mexican Standard PROY-NOM-169-SEMARNAT-2018, which establishes the specifications for marking specimens, parts and derived products of totoaba (*Totoaba macdonaldi*), from Management Units for Wildlife Conservation. This includes elements that can be traced via microsatellites for genetic marking, which allows individuals bred in captivity to be differentiated from those originating in the wild. (Annex 5 NOM-169).  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5516146&fecha=14/03/2018](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5516146&fecha=14/03/2018)
8. Following the invitation that the Mexican delegation extended to the then Secretary General of CITES (Mr. John Scanlon) during the last meeting of the Standing Committee, Mexico resumed discussions with the Secretariat in order to organise a visit by the Secretariat's staff in September this year, so as to inform them about the activities currently being carried out and to visit the Earth Ocean Farms' installations, where the totoaba is bred in captivity in accordance with the Resolution Conf. 10.16 (Rev.).
9. To that end, on 30 May 2018, and in compliance with Resolution Conf. 12.10 (Rev. CoP15), the CITES Secretariat informed the Parties through Notification 2018/054 of Mexico's request to include a *Totoaba macdonaldi* establishment (Earth Ocean Farms S. de R. L. de C. V.) in the "Register of operations that breed

Appendix-I animal species in captivity for commercial purposes". In this Notification to the Parties, the Secretariat explained that it had accepted the assurance of the Management Authority of Mexico that the requirements of Annex I of the Resolution Conf. 12.10 (Rev. CoP 15) had been met, and pointed out that 90 days after the date of this Notification (i.e. on 28 August 2018), the operation would be included in the Register, as long as the Secretariat did not receive any objections from a Party that was fully documented and included supporting evidence that gave rise to concerns.

#### Recommendations to the Standing Committee

10. The Standing Committee is invited to:

- a) Take note of the progress made in the application of Decisions 17.145 to 17.151.
- b) Provide advice in order to continue to support the effective application of Decisions 17.145 to 17.151.
- c) Consider the amendment to decisions 17.148 to 17.150
- d) Ask Mexico, in collaboration with the Secretariat, to provide information at the 18th meeting of the Conference of the Parties on the progress made in the application of Decisions 17.145 to 17.151.





**MÉXICO**  
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

**UPDATED REPORT 2018**  
**ON THE STATE OF CONSERVATION OF THE**  
**SERIAL WORLD HERITAGE PROPERTY**  
**ISLANDS AND PROTECTED AREAS OF THE**  
**GULF OF CALIFORNIA**  
**(MÉXICO-N1182TER)**



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



World  
Heritage  
Centre

**February 2018**

---

For evaluation by UNESCO World Heritage Committee



# CONTENTS

---

|       |                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.    | Executive summary .....                                                                                                                                                                                                                                       | 5  |
| II.   | Introduction.....                                                                                                                                                                                                                                             | 7  |
| III.  | Decree by the secretary of environment and natural resources and the secretary of agriculture that permanently bans gillnets use in the vaquita area, while prohibiting night fishing and enforcing control and monitoring of small vessels (dof 06/30/17) 11 |    |
| IV.   | Law enforcement to protect vaquita.....                                                                                                                                                                                                                       | 17 |
|       | Operation.....                                                                                                                                                                                                                                                | 17 |
|       | Capacity Building Programs.....                                                                                                                                                                                                                               | 18 |
|       | Investigation and Prosecution.....                                                                                                                                                                                                                            | 19 |
|       | Personnel and equipment deployed in the Upper Gulf of California.....                                                                                                                                                                                         | 23 |
| V.    | International actions through the implementation of the convention on international trade of endangered species of wild fauna and flora (cites) .....                                                                                                         | 25 |
|       | Trilateral negotiations: china-mexico-usa against illegal trafficking of totoaba. ....                                                                                                                                                                        | 25 |
|       | Sixty-ninth meeting of the Standing Committee of CITES.....                                                                                                                                                                                                   | 26 |
|       | Trilateral meeting with the embassies of the People’s Republic of China and the United States of America.....                                                                                                                                                 | 26 |
| VI.   | Ongoing commitment and efforts aimed at the preservation of the critically endangered vaquita and totoaba.....                                                                                                                                                | 29 |
|       | Vaquita CPR.....                                                                                                                                                                                                                                              | 29 |
| VII.  | Community programs.....                                                                                                                                                                                                                                       | 35 |
|       | Subsidy Programs .....                                                                                                                                                                                                                                        | 35 |
|       | Ghost Nets Removal Program .....                                                                                                                                                                                                                              | 42 |
|       | Monitoring of the site .....                                                                                                                                                                                                                                  | 45 |
|       | A multidimensional strategy for the communities in the Upper Gulf of California... 47                                                                                                                                                                         |    |
|       | Adaptation to climate change in the Upper Gulf of California (INECC) .....                                                                                                                                                                                    | 54 |
| VIII. | Memorandum of understanding with the Leonardo DiCaprio and Carlos Slim Foundations.....                                                                                                                                                                       | 57 |
| IX.   | Conclusions.....                                                                                                                                                                                                                                              | 59 |



## I. EXECUTIVE SUMMARY

---

In compliance with Decision 41 COM 7B.15 of the World Heritage Committee, the Mexican Government presents this updated Report on the State of Conservation of the World Heritage Property “Islands and Protected Areas of the Gulf of California”, which includes all the endeavors undertaken for the preservation of the vaquita and totoaba species, as relevant elements of the Outstanding Universal Value (OUV) of the site.

The Mexican Government considers important to highlight all efforts taken since June 2017, to address the Recommendations made by the Reactive Monitoring Mission of April 2017. These efforts were included in the position paper presented by the Mexican Delegation to the World Heritage Center and the member States of the World Heritage Committee.

There has been a strengthening of interinstitutional coordination, multiple high-level and operative interinstitutional meetings had been held for a the follow-up of the Recommendations contained in Decision 41 COM 7B.15(12/July/2017), as well as to prepare the Program for the Reactive Monitoring Mission that will take place from February 12 to 16, 2018.

This report:

- Incorporates all the contributions made by the responsible authorities for the preservation of the World Heritage Property “Islands and Protected Areas of the Gulf of California”, and begins with a description of all the regulations for fishing activities in Upper Gulf of California, contained in the Official Decrees that have been published in the Official Gazette since 2015, particularly the implementation of the Decree published on June 30, 2017, that bans permanently the use of gillnets in the Upper Gulf of California.
- Presents information about activities performed by law enforcement authorities responsible for the protection of the vaquita.
- Includes the efforts to strengthen the Trilateral Cooperation with the Governments of the People’s Republic of China and the United States of America in the framework of the Convention on International Trade of Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) to combat illicit trafficking of totoaba.

- Describes the Vaquita Conservation, Protection and Recovery Program (Vaquita CPR), which took place from October to December 2017. The Program included the participation of experts from nine countries, and the active collaboration of different national authorities.
- Refers to community programs of CONANP, aimed at strengthening the involvement of local communities for the protection of the Property as a whole, as well as a long term multidimensional strategy for the communities in the Upper Gulf of California developed by INECC.
- Makes a reference to the activities develop so far on the implementation of the Memorandum of Understanding with the Leonardo DiCaprio and Carlos Slim Foundations.

The actions taken by the Mexican Government, local communities and civil society organization described throughout the report, demonstrate the commitment to protect the natural habitat of the vaquita and to create sustainable conditions for its conservation.

Finally, it worth noting that sightings and acoustic detections made of grown up and very young Vaquitas during this period, particularly during the Vaquita CPR Program, are encouraging signs that we are moving in the right direction.

## II. INTRODUCTION

---

The Property Islands and Protected Areas of the Gulf of California, located in northwest Mexico, was inscribed in 2005 as a Serial Property in the World Heritage List of the 1972 Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage for protecting the outstanding diversity of terrestrial and marine life of the region. Comprising of 12 elements, which include the islands within the Gulf of California or Sea of Cortes, and share the marine ecosystem with its high biodiversity.

The previous Report presented in February 2017 on the state of conservation of the property, Islands and Protected Areas of the Gulf of California, included detailed information on the actions taken and highlights the efforts made by the Mexican Government through CONANP for the administration and management of the property. The commitments of Mexico for the conservation of the vaquita and totoaba, endemic species of the Gulf of California, were also incorporated.

Additionally, in July 2017, the Mexican Government, addressing all the recommendations made by the Mission (April/2017), delivered a document describing the Federal actions performed during the first semester to protect vaquita and totoaba.

The actions undertaken at the World Heritage Property included: conservation by means of restoration, monitoring, and eradication of invasive alien species. It operated through advisory councils and social participation with financial assistance of MX\$7,854,959 from domestic and external funding in 2016. Between 2014 and 2016, MX\$454,258,866 were provided for the execution of subsidized programs aimed at developing conservation policies of ecosystems and their biodiversity, also oriented to the benefit of local communities.

Ecological Scorecards were conducted for the assessment of the state and trends of the Property. These cards gathered information about conservation, opportunities, planning, and relevant features of the property. It also considered social issues such as public use, capacity building, scientific research, wildlife species, and ecosystems conditions.

Additionally, some instruments of public policy detected that a shared and coordinated vision among the multiple stakeholders could provide important benefits towards the conservation of the Property.

The 2017 report included information about the regulatory framework as well as enforcement actions for the conservation of the Upper Gulf of California. It also highlighted the Integral Strategy for the Protection of the Vaquita, implemented since April 15, 2015 through four components:

- 1) Extension of the protected area;
- 2) Monetary compensation;
- 3) Enforcement and surveillance; and
- 4) Innovation of fishing gear.

It also stated actions taken to strengthen law enforcement against illegal fishing of totoaba and the repopulation of the species in order to diminish the negative effects of poaching.

The Government of Mexico invited a joint World Heritage Centre/IUCN Reactive Monitoring Mission to the site to assess its current state of conservation and evaluate whether it met the conditions to be included in the List of World Heritage in Danger due to the critical status of the vaquita that represents an ascertained danger to the Outstanding Universal Value (OUV) of the site.

The joint Mission took place from 9–15 April 2017 and their report expressed:



“Based on the many consultations the mission conducted throughout the visit, it concludes that the Islands and Protected Areas of the Gulf of California World Heritage property continues to demonstrate OUV and is overall managed satisfactory but illegal, unsustainable and unregulated fisheries are a concern for the protection of the OUV of the property.”

The 2017 Mission recommended the implementation of six urgent measures to preserve iconic characteristics of the OUV of the property.

In July 2017, the Mexican Government, delivered to the WHC a document describing the actions performed to address the urgent measures made by the Mission (April/2017), to protect vaquita and totoaba.

The World Heritage Committee, in Decision 41 COM 7B.15 (12/July/2017):

- Notes with appreciation the ongoing commitment and efforts aimed at the preservation of the critically endangered vaquita and totoaba, particularly through the establishment of an unprecedented level of cooperation between different national authorities.
- States serious concerns, that despite the Government’s efforts, the vaquita continued to be critically endangered due to the decline of its population.
- Recognizes that other attributes of the property’s Outstanding Universal Value remain in good condition, and that the State Party has started the implementation of the recommendations made by the mission.
- Notes the adoption of the permanent Gillnet Ban in the vaquita’s habitat, which contributes to the strengthening of other activities such as law enforcement and international cooperation.
- Recommends the State Party to submit an updated report on the state of conservation of the property and the implementation of several recommendations during 2017.



### **III. DECREE BY THE SECRETARY OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES AND THE SECRETARY OF AGRICULTURE THAT PERMANENTLY BANS GILLNETS USE IN THE VAQUITA AREA, WHILE PROHIBITING NIGHT FISHING AND ENFORCING CONTROL AND MONITORING OF SMALL VESSELS (DOF 06/30/17)**

---

In this administration the legal system that regulates the protection of species and fishing activities has been strengthened, with special emphasis placed on the northern part of the Gulf of California.

The gillnet that is colloquially known as “*chinchorro* line”, which was the most used fishing gear for shrimp was banned in 2015 in the Upper Gulf of California. From April 11, 2015 to August 31, 2017 there was a suspension of commercial fishing with gillnets, trawling nets, and/or longlines that operated with small speedboats (DOF 04/10/15, 04/11/17 and 01/06 /17). (*Annex 1 Temporary ban agreements*).

Since July 1, 2017, the use of gillnets operated passively in the area was permanently prohibited, and the mandatory use of monitoring devices for small vessels was established, as well as 10 loading and unloading sites. Also, nocturnal fishing was prohibited and the mandatory notice was established in case of fishing gear loss (DOF 06/30/17). (*Annex 2 Permanent ban agreement*).

The publication in the Official Gazette of the Federation (DOF 06/30/17) determines the following rules for fishermen:

- Prohibits the use of gillnets, that operate passively in the area;
- Mandates the use of monitoring devices for small vessels;
- Establishes 10 loading and unloading sites;
- Prohibits nocturnal fishing; and
- Commands to notice the authorities in cases of fishing gear loss.

For this purpose fishermen include: owners of small vessels with fishing permits; captains or fishing masters; motorists or operators; and, fishermen and crew of such vessels, including sport fishermen, sport-recreational fishing service providers, and others carrying out fishing activities in the marine waters of federal jurisdiction indicated in the first article of DOF 06/30/17.

Non-compliance with the provisions of DOF 06/30/17, constitutes an infraction that is sanctioned by SAGARPA, through CONAPESCA, in accordance with the General Law of Sustainable Fisheries and Aquaculture (LGPAS). (*Annex 3 Mexican Fisheries Law LGPAS*)

It should be noted that in the northern part of the Gulf of California there are no other kind of boats, outside of small vessels (including the so-called "gill rafts"), that have gillnets as authorized fishing gear.

Therefore, the gillnet ban for small vessels, in practical terms, constitutes a total and permanent fishing prohibition in the specified marine zone.

Environmental and fisheries' authorities have the power to prohibit and punish the use and transportation of gillnets, as it constitutes an administrative infraction that is sanctioned by articles 132 fraction XVII, 133, 138 fraction II, 140 and 142, of the LGPAS. However, these authorities lack the power to prohibit the production, import, marketing, and distribution of gillnets or their raw material.

The purpose of the aforementioned gillnet ban is due to the possible interaction such nets can have with endangered species, such as the vaquita and totoaba, a situation that is aggravated by the fact that they are also endemic species of this region.

In order to avoid complicating or undermining enforcement efforts, and to ensure the identification of curvine and sierra-fish fishing gear, holders of current permits and concessions for those fisheries, may only use the "enclosure

fishing system", which technical specifications are established in NOM- 063-CFSP-2005, Responsible fishing for curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) in Federal Jurisdiction waters of the Upper Gulf of California and the delta of the Colorado River.

Since 2009 the National Fisheries and Aquaculture Institute (INAPESCA) has been carrying out investigations about different fishing systems for shrimp and small fish in the northern area of the Gulf California, including:

1. Suripera net for shrimp: a highly selective and efficient system that works with wind and marine current, using minimal fuel consumption.
2. Purse seine fishing net and trawling net for sierra-fish: a very selective system of search and enclosure of the school that helps with the targeting of species, and uses minimal fuel consumption.
3. Trawl net for chano: a very selective system.
4. Traps for fish: a highly selective and efficient system with minimal fuel consumption.

In 2016, in response to the declaration of the Presidents of Mexico and the United States of America, the Committee of Experts on Fisheries' Technologies for the Upper Gulf of California (ECOFT), was created with information from 2004. Its purpose is to develop fishing gear alternatives that replace gillnets, support fishing communities, and reduce the negative impact in the environment. It is mainly conformed of experts from the United States, Canada, Scotland, Denmark, Sweden and Finland.

INAPESCA is concluding experiments to determine the technological improvements of the enclosure fishing system. Once the report is completed, it will issue a technical opinion containing said improvements referred to in Article

2 of DOF 06/30/17. INAPESCA has also developed alternative fishing gear that avoids the entanglement of marine mammals, sharks and/or sea turtles during fishing.

In addition, INAPESCA provides training to local fishing communities that are affected by the ban, in support of the development of significant alternative livelihoods using "Vaquita-safe" fishing gear. INAPESCA has trained fishermen from the communities of San Felipe and Bajo Río, Baja California, as well as Santa Clara, Sonora, to use suripera nets to catch shrimp. Further training will be offered as the development of alternative fishing gear advances.

In accordance with Article 4 of DOF 06/30/17, fishermen should report the loss of fishing articles to the local office of CONAPESCA in order to optimize their recovery, as they could be aware of the possible location where the items were lost. Furthermore, these mandatory reports could increase awareness on the negative effects of abandoning fishing gear, and improve the culture of compliance.

Even though the Government of Mexico has not established a fishing gear marking regime that would allow for the identification of fishing communities, fishermen, and fisheries associated with lost fishing gear, it has been working on the recovery of abandoned and illegal fishing equipment. It is also working towards the development of a program for the elimination of abandoned and illegal fishing gear that includes a detailed systematic/regular search protocol. Subject to the technical opinion of INAPESCA and budgetary availability, a program for marking and identifying fishing gear will be explored.

CONAPESCA established an agreement with the Museum of the Whale and Marine Sciences of La Paz, Baja California Sur, to locate and, where appropriate, remove abandoned nets that may be lost in the marine waters of the North of the Gulf of California, threatening marine life.

The above is carried out based on the interagency tracking strategy, designed jointly with the Mexican Navy, Federal Attorney for Environmental Protection

(PROFEPA), Interdisciplinary Center for Marine Sciences (CICIMAR), Autonomous University of Baja California Sur (UABCS), and the Center for Biological Research of the Northwest (CIBNOR), as well as port authorities and environmental NGOs.

Under Article 5, DOF 06/30/17, requires that minor vessels use a remote monitoring system with the technology and features laid out in their fishing permits. In cases of non-compliance, vessels will be sanctioned in accordance with the provisions of articles 132, sections XIV, XXVI and XXVIII; 133; and 138 fractions II and III, of the LGPAS. (*Annex 2 Permanent ban agreement*)

PROFEPA, CONANP, and CONAPESCA are responsible for compliance verification of DOF 06/30/17 in coordination with the Mexican Navy.





## IV. LAW ENFORCEMENT TO PROTECT VAQUITA

### OPERATION

In compliance with the Comprehensive Attention Program of the Upper Gulf of California, the Federal Attorney for Environmental Protection (PROFEPA), the Mexican Navy (SEMAR), the Mexican Army (SEDENA), Environmental Police Task Force (Gendarmería) and National Fisheries Authority (CONAPESCA) must perform actions to help Office of the Attorney General against crime as and protect the vaquita in the Upper Gulf of California.

The main actions are shown in the following table.

| <i>Law enforcement actions</i>             |                             |
|--------------------------------------------|-----------------------------|
| Actions                                    | April,2015 – December,2017  |
| Road verification points                   | 295                         |
| Inspections of storage centers             | 44                          |
| Small vessels' verification                | 4,067                       |
| Persons' verification                      | 26,642                      |
| Vehicles' verification                     | 8,788                       |
| Major vessels' verification                | 523                         |
| Fishing facilities' verification           | 68                          |
| Participants on capacity building programs | 2,564                       |
| Confiscated vessels                        | 17 major, 208 small         |
| Confiscated vehicles                       | 45                          |
| Confiscated fishing gear                   | 1,142                       |
| Confiscated fishing product                | 473,493 kg                  |
| Confiscated totoaba & totoaba parts        | 301 totoabas y 704 bladders |

|                  |     |
|------------------|-----|
| Persons arrested | 205 |
|------------------|-----|

The major vessels confiscated were returned to their owners with a fishing restriction order. The small vessels and vehicles were stored in federal sites. The fishing gear confiscated was destroyed. The fishing product was moved to a destination in accordance to national regulations. Totoaba products were destroyed and moved to destination in the presence of Mexican Navy officers and Police officers.

As a permanent measure in the protection of the vaquita, the Mexican Navy built a naval search, rescue, and maritime surveillance station (ENSAR) in San Felipe, which was inaugurated on October 5, 2017.

#### CAPACITY BUILDING PROGRAMS

Between April 2015 and December 2017, 2,564 officers participated in capacity building. The main subjects were: identification of marine wildlife species, environmental laws and regulations and, fishing laws and regulations.

A specialized training on identification of totoaba fish, its products or by-products is scheduled for 2018, with the participation of SEMARNAT, SEMAR, Gendarmerie, CONAPESCA, INAPESCA, PROFEPA and Office of the Attorney General (PGR) officials. For this purpose, all the involved agencies will create a working group to suggest improvements to the academic program as well as to identify expert trainers.

It is important to state that Mexican government is promoting the strengthening of institutional capacities, to ensure that the operators of Law enforcement actions are as much capable as possible to get effective results. These actions, in consequence, will provide a “non-human-interaction” environment for vaquita.

## INVESTIGATION AND PROSECUTION

Totoaba capture, transport, commercialization, storage, and extraction of this species is considered a federal crime under Article 420, section IV of the Federal Penal Code.

The PGR **investigates and prosecutes** these crimes through the following departments:

- Office of the Deputy Attorney General for Legal and International Affairs;
- Office of the Deputy Attorney General for Regional Control, Criminal Proceedings, and Habeas Corpus Writs (Juicio de Amparo);
- Office of the Deputy Attorney General Specialized on Organized Crime Investigations;
- Office of the Deputy Attorney General Specialized on Federal Crimes Investigations (Specialized Unit on Investigation of crimes under Environmental and other Special Laws);
- Criminal Investigation Agency through the General Division of International Police Affairs and INTERPOL;
- Office of Sonora state; and
- Office of Baja California state.

Sonora and Baja California PGR's Offices, as well as the Specialized Unit on Investigation of crimes under Environmental and other Special Laws, even before the 2017 amendments to the Federal Law against Organized Crime, prosecuted and investigated several cases under article 420, section IV of the Federal Penal Code, obtaining 21 convictions against 29 individuals, seizing 132 totoaba specimens, 1197 natatorial bladders or "buches" and 490 pieces of this species.

Recently criminal investigations and prosecutions have been initiated against 12 suspects, 24 land vehicles and 8 sea vessels have been seized by federal prosecutors.

Due to the seriousness of these illegal activities that threaten the biodiversity of the Gulf of California, which are mostly carried out by criminal groups, since April 7, 2017, this crime may be investigated, prosecuted and punished as organized crime.

The Organized Crime Federal Law strengthens the state's capacity to investigate and punish; opens the possibility of using extraordinary measures or investigative techniques; it creates additional penalties to those imposed to the underlying offense; and, mandatory detention pending trial of the alleged offenders.

Investigations against criminal organizations are highly complex and far-reaching. The purpose of these law enforcement actions and prosecutions are to dismantle their operational and financial networks and capabilities and punish their members. These organizations operate in a sophisticated way and have substantial resources. PGR uses special investigative tools, essential to identify criminal links, networks, and organization structures. Thus, it is not feasible to obtain a successful investigation and prosecution as well as a conviction in the short term.

Currently, the Deputy Attorney General Specialized on Investigation of Organized Crime is carrying out and investigating, under section X, Article 2 of the Federal Law against Organized Crime, a group of people who allegedly control totoaba poaching and force fishermen under threats, to carry out this activity.

Currently, the Public Prosecutor of the Federation is using all available special investigative techniques to build a strong criminal case and gather the evidence necessary to fulfill the requirements of the Federal Law against Organized Crime, in order to dismantle, prosecute, and obtain successful convictions against the referred criminal groups.

*Sentences related to crimes linked to totoaba fish*

| Federal Entity  | Convictions |
|-----------------|-------------|
| Baja California | 9           |
| Sonora          | 10          |
| Central Sector  | 2           |
| <b>Total</b>    | <b>21</b>   |

## Agencies Prosecution Coordination:

- Baja California: in June 2017, PGR reinstalled the regional office of the Public Prosecutor of the Federation in San Felipe, Baja California.

As of 2015, prosecutors and investigators attended 35 meetings at the Center for Interagency Operations of the Comprehensive Attention Program for the Upper Gulf of California (COI).

- Sonora: On April 25, 2017, the Interagency Committee for the Prevention and Attention of Environmental Crimes was created.

PGR, PROFEPA and CONAPESCA personnel attended 8 interagency meetings, related to the Comprehensive Care Program for the Upper Gulf of California.

5 dissuasive operations were carried out in 2017 in Sonora by agents of the Federal Ministerial Police and the Gendarmerie section of Federal Police.

- United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC): the Mexican Government is currently analyzing a proposal by UNODC to strengthen law enforcement, investigation, and prosecutorial capacities of Mexican authorities against the wildlife trafficking. This proposal will be financed by the US Government.
- United States of America: PGR and PROFEPA have a close relationship with the Wildlife Service attaché in Mexico, and have been exchanging information on alleged totoaba bladder trafficking, which has been added to the PGR organized crime investigation.
- INTERPOL: The Federal Ministerial Police, through the General Division of International Police Affairs and INTERPOL of the PGR, requested the INTERPOL General Secretariat, in coordination with PROFEPA, the publication of two purple notices to the *modus operandi* of totoaba poaching organizations. The first published on December 1, 2014, and the second published on January 26, 2017. This serves as an alert to the 192 member states of INTERPOL, for the detection of the illegal traffic of wildlife species and its by-products.

## PERSONNEL AND EQUIPMENT DEPLOYED IN THE UPPER GULF OF CALIFORNIA

In support of the CPR, during October and November 2017, for the capture and shelter of vaquita marina, the Gendarmerie increased its presence in the Gulf of California from 30 elements to 270 as well as 45 patrol radio vehicles, 1 UH60 Blackhawk helicopter, 1 Colibri helicopter.

This personnel was distributed as follows:

- 99 elements of the XVI Grouping, 23 vehicles in San Felipe, B.C.;
- 33 elements of Special Operations Environmental Mission, with 5 vehicles, in the Gulf of Santa Clara, Sonora;
- 123 elements of the XV Grouping with 15 vehicles, in Puerto Peñasco, Sonora; and
- 10 elements of Special Operations, with two vehicles and 5 elements of the Air Operations Coordination, with 1 Blackhawk helicopter and 1 Colibri helicopter, to perform aerial reconnaissance to support ground units.

The Mexican Navy increased its personnel and equipment as follows:

- 2 Ocean patrols
- 6 Interceptor patrols
- 8 SAR Patrols
- 4 Draft boats
- 2 Jet skies
- 2 Helicopters
- 2 Aircrafts
- 12 Vehicles
- 2 Motorcycles
- 250 Infantry Marines
- 4 Canine binomials

The National Security Commission increased the deployment of 250 elements, eight off-road vehicles and two helicopters. CONAPESCA increased to 34 officers. PROFEPA increased to 34 inspectors and four small vessels. Additionally, in 2017 the Municipal Police of the states of Sonora and Baja California became part of the operation. Check-points have been established in roads, beaches, and piers that are most conducive to illegal activities.





## **V. INTERNATIONAL ACTIONS THROUGH THE IMPLEMENTATION OF THE CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE OF ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA (CITES)**

---

In response to UNESCO Decision 41 COM 7B.15 and particularly to the recommendations derived from the Reactive Monitoring Mission that took place in April 2017, the Mexican Government promoted joint actions with a variety of international stakeholders regarding vaquita protection.

TRILATERAL NEGOTIATIONS: CHINA-MEXICO-USA AGAINST ILLEGAL TRAFFICKING OF TOTOABA.

In the framework of the Convention on International Trade of Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), a Trilateral Meeting between China, Mexico and the United States was held on August 23-25 in Ensenada, Mexico, to generate the necessary synergies required for the survival of vaquita marina and the combat of illegal traffic of totoaba fish.

The Trilateral Meeting agreed to:

- Establish a contact group to combat trafficking of totoaba and strengthen the cooperation and coordination of investigations;
- Consider formalizing international collaboration through the adoption of specific instruments; and,
- Carry out joint international operations when required, and cooperate actively in the international agreements of relevance to stop totoaba trafficking.

Addressing the issue of the illegal capture of totoaba among the three countries will benefit the conservation of the vaquita, due to its bycatch in illegal fishing for totoaba. (*Annex 4 Ensenada Trilateral Meeting Report*)

The three countries also agreed to submit a joint report to the 69<sup>th</sup> Standing Committee of CITES on the collaborative efforts for the protection of totoaba in compliance with decisions 17.145 and 17. 151.

#### SIXTY-NINTH MEETING OF THE STANDING COMMITTEE OF CITES.

At the 69<sup>th</sup> meeting of the Standing Committee of CITES, held in Geneva, Switzerland from November 27 to December 01, 2017, Mexico, in collaboration with China and United States, presented a progress report on the implementation of the decisions 17.145 to 17.151 about the totoaba (*Totoaba macdonaldi*) and the cetacean vaquita marina (*Phocoena sinus*), which was one of the most prominent issues during the meeting. (*Annex 5 Mx US China CITES report*)

With the support of the CITES community, the Standing Committee decided to develop a study to get updated "intelligence" on the state of conservation of the vaquita and the totoaba, as well as recommendations to effectively combat the illegal trade of the latter.

Mexico expressed its readiness to organize a high-level mission to show the national efforts to conserve the vaquita and combat illegal fishing and trade of totoaba, both species endemic to the upper Gulf of California. The mission will also seek to generate political support to enhance conservation actions. In this context, Mexico extended an invitation to the Secretary General of CITES, Mr. John Scanlon, to participate in the mission.

It is important to state that it is the first time that a coordinated inter-regional effort has been made within CITES towards the conservation of threatened wildlife species.

#### TRILATERAL MEETING WITH THE EMBASSIES OF THE PEOPLE´S REPUBLIC OF CHINA AND THE UNITED STATES OF AMERICA

With the purpose of strengthening the collaborative efforts to combat the illegal fishing and trade of totoaba, at the request of the Ministry for Environment and Natural Resources on January 23, 2018 a Trilateral meeting with the Embassies of the People's Republic of China and the United States of America was held in the Ministry of Foreign Relations (*Annex 6 Embassies Trilateral Meeting Report*).



## **VI. ONGOING COMMITMENT AND EFFORTS AIMED AT THE PRESERVATION OF THE CRITICALLY ENDANGERED VAQUITA AND TOTOABA**

---

### VAQUITA CPR

The idea of catching vaquitas to protect them from illegal gillnets began in 2015, when it became clear that the population was dramatically declining, mainly due to the illegal fishing of totoaba to satisfy the black market purchase of its swim bladder in Hong Kong and continental China. In 2017, the International Committee for the Recovery of Vaquita (CIRVA) stated that:

*“...the only hope for the survival of the species in the short term is to capture vaquitas and bring them into human care”.*

Vaquita Conservation, Protection, and Recovery Programme (Vaquita CPR or VCPR), was launched in early 2017 with the goal of providing a safe haven for vaquitas during the introduction of alternative vaquita-safe fishing gear.

The 2017 budget for Vaquita CPR was \$4,825,864 USD. The Secretariat of Environment and Natural Resources (SEMARNAT) provided about 62% (\$3,000,000) of that budget. A strong fundraising campaign was coordinated by VCPR, through the Marine Mammal Center in Sausalito, California. The Association of Zoos & Aquariums (AZA) provided \$900,000 USD. The rest came from other private donors within of the United States. The Mexican Government wishes to recognize and express its appreciation for all the support.

A total of 90 experts from nine countries, Mexico, Australia, Canada, Denmark, Ireland, Netherlands, New Zealand, the United Kingdom and the United States, participated in VCPR.

In October 2017, the Mexican Navy (SEMAR) in coordination with SEMARNAT and the Tourism Secretariat published in the Official Gazette of the Federation

the restriction of all maritime navigation, fisheries and tourism activities in the polygon of 759 square miles of extension, with the objective to preserve the vaquita marina habitat during VCPR operations.

On the same date, all land and sea facilities were ready for the first phase (locating, catching, initial housing and animal care). Activities in San Felipe, Baja California started on October 12, 2017 with a test trial of all the teams: Find, Catch, Human Care and Housing. On October 13, a set of four locations where vaquitas had been acoustically detected over the past weeks were identified, and a visual team located a pair of vaquitas within hours of starting the project. A fleet of 7 vessels converged, but vaquitas proved elusive.

There were other sightings throughout the day; each visual vessel had a sighting, and the last sighting came just before setting the nets, however the operation had to be aborted as light was fading and the Care team felt the conditions were not ideal to assess this first rescued vaquita.

On October 19th, the first vaquita was captured: 6 month old a female calf. Veterinarians determined that the calf was showing signs of stress after capture, and determined that it had to be released.

The weather proved to be problematic throughout the entire operation, for even moderate winds (more than >6 Knots) forced the field operations to stop. Under these conditions it was very hard to detect vaquitas and catch them safely. For almost five days the weather did not allow the work to continue. However, the international team made great progress in their attempt to catch vaquitas.

## 1. Vaquita Detections

Vaquitas were sighted on 11 field days, where a total of 36 visual detections of vaquitas were confirmed. Sightings involved one, two, or three vaquitas.

Acoustic detection was performed through a sampling grid of 36 sites distributed throughout the Vaquita Refuge on October 11, and were moved as much as weather permitted. Due to the dynamics of the acoustic detections, it was decided to deploy eight more acoustic detectors in the northeast portion of the Refuge on October 29. Hence, the grid was expanded to a total of 44 sampling sites between October 12 and November 5, 2017.

There were 112 acoustic detections in 21 of the 44 sampling sites. Acoustic activity was localized mainly in 5 sites, in the southwest and western areas. Most of the activity was detected throughout daylight hours.

Acoustic activity guided navigation to sightings. These two elements directed the US-Navy Dolphin Detections. There were 29 Navy dolphin detection sessions. It is important to highlight that vaquita detections in its natural habitat during this operation means that the ecosystem is in good health for their wellbeing so that they are “noticeable”.

## 2. Vaquita Catching

There were two animals captured:

1. Female, immature (V01F); released
2. Female, mature, not lactating, not pregnant (V02F); deceased

The immature female is very significant in terms of vaquita population behavior. It can be understood as the Upper Gulf Ecosystem has good conditions for vaquita breeding and that the population is on its way to recover.

## 3. Vaquita Care

Specimen V01F was caught on October 18, and while initially considered to be in good condition, the veterinary and animal care team determined that the vaquita was not showing evidence of positively acclimatizing to the vaquita care center pool, and later to the sea-pen facility. Blood and skin samples were collected for cell culture and genetic sequencing.

Specimen V02F was caught on November 4. After showing early evidence of learning to navigate the facility, the animal became dull and an emergency release was initiated. The release was unsuccessful and it was quickly recaptured in order to administer emergency care. After 3 hours of emergency response, the animal went into cardiac arrest and did not respond to resuscitation attempts. A necropsy was performed, tissue samples were collected for histopathology, cell culture, gamete rescue, and genetic sequencing.

The sampling of vaquita tissues allows a huge opportunity to know more about the species, its metabolism, nutrition, general health conditions and moreover the possibility to develop an experimental *in-vitro* reproduction program. This could be an alternative to contribute in a medium-term to the vaquita population recovery.

#### 4. Vaquita identification

Over the course of capture operations, particularly distinctive vaquitas were seen in photographs. Distinctive dorsal fin notches and shapes have been used previously to identify individual vaquitas (i.e., Jefferson et al. 2009). In an attempt to refine abundance estimates and learn about vaquita ranging patterns, dedicated photographic identification efforts were made during all work field days after November 4.

Experienced photographers were placed across the vaquita distribution marine zone to obtain high quality, high resolution dorsal fin images. Upon initial sighting by observers on the Maria Cleofas ship, the closest smaller vessels attempted to approach for photographs. Poor weather and elusive porpoises limited the number of photographs collected during these efforts.

Information gathered from the detections, catching, care, and identification is still being analyzed. Thus, some results and conclusions regarding vaquita CPR program are pending.



## 5. Next steps

It is important to continue with the strengthen of the vaquita monitoring program in the Upper Gulf of California, due to the importance of increasing certainty of the vaquita population changes through timeline, considering that Mexican government is providing the best conditions avoiding any human-interaction to assure their survival.



## VII. COMMUNITY PROGRAMS

---

The actions taken by the Mexican Government through CONANP, for the conservation and management of the 12 components of the Serial Property Islands and Protected Areas of the Gulf of California are maintained and in many cases strengthened.

The management is performed by CONANP, through the Directors of 12 Natural Protected Areas (NPA), and technical and administrative staff formed of 95 persons, all of them contributing to the maintenance of the natural attributes of the species and ecosystems of the Property. The fiscal budget for operation in 2016 was \$7,854,959 MXN and in 2017 was \$11,210,131 MXN.

The protection actions include: restoration, monitoring, and eradication of invasive species, through the Management Programs of the 12 NPA. These Programs also consider social participation through Advisory Councils, and Subsidy Programs to benefit local communities.

### SUBSIDY PROGRAMS

As was explained in the document SOC Report 2017, the Subsidy Programs provide financial support to public policy strategies that go from combating poverty in rural and urban areas, to building public infrastructure for housing, health, education, amongst others. The benefited population or local governments must comply with certain requirements established in the legal regulations that apply to each case.

The feasibility of conservation in NPA and CPR of ecosystems and their biodiversity depends in large part to the attention received by the rural and indigenous communities, and their active involvement in the implementation of actions for conservation and sustainable development.

To that end, CONANP develops conservation policies that are not only based on restrictions, but also in alternative ways for the use natural resources, ecosystems, and biodiversity.

CONANP is responsible for applying resources to eight subsidy programs, two of which are subject to Operational Rules (Conservation for Sustainable Development Program and Temporary Employment Program) and the remaining subsidy programs operate by means of Internal Guidelines.

Direct beneficiaries of the following subsidy programs: PROCODES, PET, PACE-Vaquita, PROVICOM, and PROMAC, are the inhabitants of populations within the NPA zone of influence. The three remaining subsidy programs: PROCER, PROMOBI, and PROMANP, involve individuals, academic or research institutions, and civil society organizations that are implementing actions or studies for research or conservation in ecosystems and their biodiversity.

#### Conservation for Sustainable Development Program (PROCODES)

PROCODES has the goal of promoting conservation of ecosystems and their biodiversity in NPA, and their neighboring communities through sustainability programs that include a gender perspective and focus on the indigenous population.

Activities financed by PROCODES include: Community monitoring of coral reefs; conservation and monitoring of sea turtles in their feeding and nesting zones; support for ecosystem conservation and restoration projects; studies of conservation and technical feasibility of projects; beach cleaning and management of solid wastes; community assessments, development, fisheries, and alternative sustainable projects; assessment of quality of subsistence fishing; training courses for park rangers and the general public, on conservation, protection, monitoring, and sustainable management of the area; public awareness; alternative productive projects; and, building of tourism infrastructure.

| PROCOCODES                                |                                                   |                     |                     |                     |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                           | Component of the property                         | TOTAL 2014-2016*    | 2017                | TOTAL 2014-2017     |
| 1                                         | Islands of the Gulf of California                 | 16,191,806          | 4,737,631           | 20,929,437          |
| 2                                         | Upper Gulf of California and Colorado River Delta | 7,530,381           | 1,405,075           | 8,935,456           |
| 3                                         | San Pedro Mártir Island                           | 2,827,502           | 828,550             | 3,656,052           |
| 5                                         | Loreto Bay                                        | 3,637,320           | 709,000             | 4,346,320           |
| 6                                         | Cape of Pulmo                                     | 3,637,320           | 1,228,500           | 4,865,820           |
| 7                                         | Cape of San Lucas                                 | 1,515,550           | 342,000             | 1,857,550           |
| 9                                         | Isabel Island                                     | 2,286,192           | 497,120             | 2,783,312           |
| 10                                        | Archipelago of San Lorenzo                        | 1,112,400           | 200,000             | 1,312,400           |
| 11                                        | Islands Marietas                                  | 1,541,972           | 213,000             | 1,754,972           |
| 12                                        | Balandra                                          | 807,741             | 250,000             | 1,057,741           |
| <b>TOTAL AMOUNT FOR PROCOCODES IN MXN</b> |                                                   | <b>\$41,088,184</b> | <b>\$10,410,876</b> | <b>\$51,499,060</b> |
| *Information from the 2017 SOC report.    |                                                   |                     |                     |                     |

In 2017, \$538,308 USD were invested in 10 natural protected areas of the property that included 123 projects. These actions contributed to the maintenance of the Outstanding Universal Value of the Property and the strengthening of local participation in conservation, management and protection.

#### Temporary Employment Program (PET)

PET aims to contribute to the socioeconomic welfare of inhabitants of NPA, and their neighboring communities that have been affected by adverse situations impacting their wealth or that are facing income reductions. Funds are granted in exchange of participation of local inhabitants in conservation, restoration, and sustainable use of natural resources.

Examples of activities financed through PET are: surveillance and monitoring of wild and priority species; control of invasive species, cleaning of mangroves, and

sign posting; cleaning of sea bottom and beaches; solid waste management and educational activities through park rangers; and, conservation and monitoring of sea turtles in nesting beaches.

CONANP during 2017 through the Temporary Employment Program spent almost \$56,554 USD in support of conservation activities in natural protected areas, as shown in the following table:

| <i>PET</i>                             |                                   |                         |                    |                    |
|----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
|                                        | Component                         | TOTAL<br>2014-<br>2016* | 2017               | TOTAL<br>2014-2017 |
| 1                                      | Islands of the Gulf of California | 3,856,468               | 726,250            | 4,582,718          |
| 6                                      | Cape of Pulmo                     | 1,330,147               | 241,500            | 1,571,647          |
| 9                                      | Isabel Island                     | 242,720                 |                    | 242,720            |
| 12                                     | Balandra                          | 628,701                 | 126,000            | 754,701            |
| <b>TOTAL AMOUNT FOR PET IN MXN</b>     |                                   | <b>\$6,058,036</b>      | <b>\$1,093,750</b> | <b>\$7,151,786</b> |
| *Information from the 2017 SOC report. |                                   |                         |                    |                    |

#### Natural Protected Areas Management Programs (PROMANP)

In 2016 the subsidy programs of Biological Monitoring in Natural Protected Areas (PROMOBI), Communitarian Surveillance in Natural Protected Areas and Zones of Influence (PROVICOM) and other subsidy programs were merged together under the designation PROMANP.

PROVICOM gives funding for integration of Communitarian Surveillance Committees in NPA and PCR with the objective of implementing preventive actions as a strategy for promoting social participation in activities of surveillance and monitoring, also functioning as an instrument for promoting the conservation of ecosystems and their biodiversity.

Examples of activities financed through PROVICOM are: land and marine surveillance rounds for detection, report, and follow-up of possible

environmental illegal actions, record of incidents, and presence of trained surveyors authorized by PROFEPA; and, communitarian surveillance in sea turtles' nesting areas.

| <i>PROMANP Community Surveillance</i>              |                                                              |                         |                    |                     |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|
|                                                    | Component                                                    | TOTAL<br>2014-<br>2016* | 2017               | TOTAL<br>2014-2017  |
| 1                                                  | Islands of the Gulf of California                            | 5,781,730               | 1,331,874.38       | 7,113,604           |
| 2                                                  | Upper Gulf of California and the delta of the Colorado River | 350,355                 |                    | 350,355             |
| 5                                                  | Loreto Bay                                                   | 765,461                 | 147,113.73         | 912,575             |
| 6                                                  | Cape of Pulmo                                                | 764,861                 | 309,382.19         | 1,074,243           |
| 9                                                  | Island Isabel                                                | 85,000                  |                    | 85,00               |
| 11                                                 | Islands of Marietas                                          | 761,895                 |                    | 761,895             |
| 12                                                 | Balandra                                                     | 362,076                 | 259,382.19         | 621,458             |
| <b>TOTAL AMOUNT FOR PROVCOM AND PROMANP IN MXN</b> |                                                              | <b>\$8,871,378</b>      | <b>\$2,047,752</b> | <b>\$10,919,130</b> |
| *This information is from 2017 SOC report          |                                                              |                         |                    |                     |

PROMOBI is contributing to the generation of information about the state of conservation of selected species, other taxonomic groups, and ecosystems, developed with the participation of academic and research institutions and civil society organizations in the implementation of biological monitoring activities in Federal NPA, their neighboring areas, and other regions considered by CONANP to be of conservation priority.

PROMOBI contributes to: the growth of technical and scientific information about the biodiversity, habitat, and ecological patterns and processes; and to advance the availability of qualitative and quantitative information from biological monitoring of individual representative species or taxonomic groups, which strengthens the decision making process for conservation of the natural heritage in custody of CONANP.

Examples of activities funded by PROMOBI are: monitoring of ecosystems, conservation and restauration of reefs, monitoring of sea birds, and monitoring of the sea lion.

| <i>PROMANP Biological Monitoring</i>   |                                                              |                    |                  |                    |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
|                                        | Component                                                    | TOTAL 2014-2016*   | 2017             | TOTAL 2014-2017    |
| 1                                      | Islands of the Gulf of California                            | 2,199,000          |                  | 2,199,000          |
| 2                                      | Upper Gulf of California and the delta of the Colorado River | 1,913,209          |                  | 1,913,209          |
| 6                                      | Pulmo Cape                                                   | 507,000            |                  | 507,000            |
| 11                                     | Islands Marietas                                             |                    | 273,500          | 273,500            |
| <b>TOTAL AMOUNT FOR PROMOBI IN MXN</b> |                                                              | <b>\$4,619,209</b> | <b>\$273,500</b> | <b>\$4,892,709</b> |
| *Information from the 2017 SOC report  |                                                              |                    |                  |                    |

### Social compensation program

The investment in 2017 for the subsidy programs of Community Surveillance and Biological Monitoring was almost \$120,023 USD.

The Mexican Government established a compensation program for fishermen, recognizing their economic difficulties during the gillnet ban and to avoid social uprisings in the communities neighboring the Upper Gulf of California. This program is carried out by the CONANP. The compensation is based on the average income for fishing in that area.

During 2016 and 2017, the equivalent of \$51,990,480 USD was spent in the Program, as described in the following tables:

| <i>Compensation Program: monthly breakdown</i> |               |                      |               |                      |
|------------------------------------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------------|
| Month                                          | Amount (MXN)  | Number of recipients | Amount (MXN)  | Number of recipients |
|                                                | 2016          |                      | 2017          |                      |
| Jan                                            | 41,653,178.92 | 2573                 | 46,817,554.40 | 2658                 |
| Feb                                            | 41,769,085.82 | 2574                 | 42,362,669.00 | 2658                 |
| Mar                                            | 41,665,133.36 | 2573                 | 42,362,669.00 | 2658                 |



|       |                   |      |                  |      |
|-------|-------------------|------|------------------|------|
| Apr   | 41,493,971.22     | 2570 | 42,362,669.00    | 2658 |
| May   | 41,437,971.22     | 2563 | 42,362,669.00    | 2658 |
| Jun   | 41,485,971.22     | 2565 | 42,362,669.00    | 2658 |
| Jul   | 41,469,971.22     | 2564 | 42,348,669.00    | 2656 |
| Aug   | 42,425,781.92     | 2572 | 42,348,669.00    | 2656 |
| Sep   | 43,093,133.36     | 2602 | 42,320,669.00    | 2652 |
| Oct   | 42,066,571.56     | 2619 | 42,284,669.00    | 2647 |
| Nov   | 40,938,571.56     | 2619 | 42,276,669.00    | 2646 |
| Dic   | 41,828,107.20     | 2651 | 42,276,669.00    | 2646 |
| Total | \$ 501,327,448.58 |      | \$512,486,913.40 |      |

The compensation program included everyone directly involved with the fishing industry, not just fishermen, from the states of Sonora and Baja California.

| <i>Compensation Program: productive chain apportionment</i> |                  |                      |                  |                      |
|-------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Actor                                                       | Amount (MXN)     | Number of recipients | Amount (MXN)     | Number of recipients |
|                                                             | 2016             |                      | 2017             |                      |
| Fishermen                                                   | 162,016,528.70   | 1,720                | 162,512,000.00   | 1,691                |
| Permit owners                                               | 280,418,919.88   | 141                  | 290,206,913.40   | 142                  |
| Fishing activity related workers                            | 58,876,000.00    | 812                  | 59,768,000.00    | 825                  |
| Total                                                       | \$501,327,448.58 | 2,673                | \$512,486,913.40 | 2,658                |

| <i>Compensation Program by Community</i> |                  |                  |
|------------------------------------------|------------------|------------------|
| Community                                | Amount (MXN)     |                  |
|                                          | 2016             | 2017             |
| Gulf of Santa Clara                      | 284,413,000.00   | 291,908,314.86   |
| San Felipe                               | 216,914,448.58   | 220,578,598.54   |
| Total                                    | \$501,327,448.58 | \$512,486,913.40 |

## GHOST NETS REMOVAL PROGRAM

In San Felipe, the fishing cooperative “Islas del Golfo” and the non-governmental organization “Alternative Fishing of Baja California” (PESCA ABC), whose members are fishermen, have actively participated in the Ghost Nets Removal Program. This program was led by the Secretariat of Environment and Natural Resources (SEMARNAT) and integrated by the National Institute of Ecology and Climate Change (INECC), the Mexican Navy (SEMAR), the Federal Attorney for Environmental Protection (PROFEPA), the National Commission of Natural Protected Areas (CONANP), and the Secretariat of National Defense (SEDENA). It also counted with the participation of non-governmental organizations, such as the Sea Shepherd Conservation Society (SSCS), the World Wildlife Fund (WWF-Mexico), the Whale and Marine Science Museum, Parley for the Oceans, and the World Animal Protection.

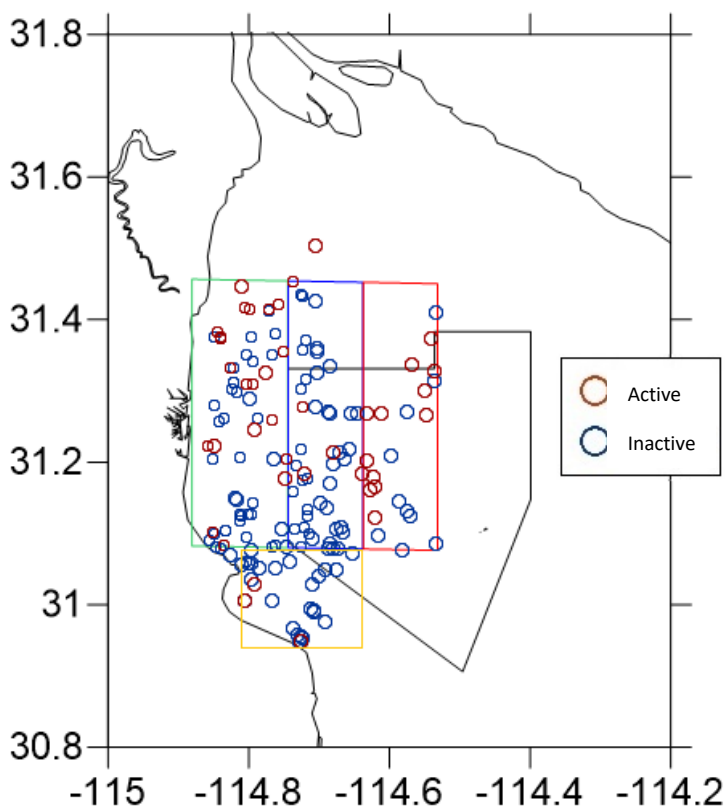
The aim of this program is to reduce the threat that ghost fishing gear represents for vaquita and the whole ecosystem of the Upper Gulf of California.

A program to remove as much gear as possible has continued. During 2017, throughout in 140 days of effort: 396 nets have been extracted, representing an average of 48 tons of weight; more than half (55%) were active nets; 1176 organisms were found (257 totoabas, 25 sea lions, 73 sharks, 4 dolphins, 9 sea turtles, 356 rays, 236 fish from several species, and other invertebrates); and, 88% of the derelict gear extracted was for totoaba fishing gillnets and longlines.

The retrieved nets were safely packed in 191 silo bags and placed in containers. The next step will be for “Parley for the Oceans” to collect the material and recycle it into ecofriendly products.

| <i>Ghost nets retrieval program</i> |                |            |             |                |        |          |              |              |
|-------------------------------------|----------------|------------|-------------|----------------|--------|----------|--------------|--------------|
| Phase of project                    | Effective days | Start date | Finish date | Nets retrieved | Active | Inactive | Tons of nets | Bags of nets |
| I                                   | 21             | 10/Oct/16  | 15/Dec/16   | 105            |        |          | 9.3          |              |
| IA 2016                             | 5              | 16/Dec/16  | 31/Dec/16   | 17             | 16     | 1        | 47.5         |              |

|                          |            |           |            |                     |     |    |  |            |
|--------------------------|------------|-----------|------------|---------------------|-----|----|--|------------|
| IA 2017                  | 67         | 01/Jan/17 | 10/Apr/17  | 184                 | 141 | 40 |  | 143        |
| II                       | 33         | 11/Apr/17 | 16/Aug/17  | 94                  | 33  | 61 |  |            |
| III                      | 40         | 21/Sep/17 | 08/Dec/17  | 118                 | 30  | 88 |  | 48         |
| <b>Total</b>             | <b>166</b> |           |            | <b>518</b>          |     |    |  | <b>191</b> |
| Effective work days/2016 |            |           | 26         | Retreived nets/2016 |     |    |  | 122        |
| Effective work days/2017 |            |           | 140        | Retreived nets/2017 |     |    |  | 396        |
| <b>Total</b>             |            |           | <b>166</b> | <b>Total</b>        |     |    |  | <b>518</b> |



“Alternative Fishing of Baja California” (PESCA ABC), has participated with the World Wildlife Fund (WWF-Mexico) in testing alternative fishing gear.

The fishing cooperative “Islas del Golfo” has also participated in the acoustic monitoring of the vaquita led by experts (Lorenzo Rojas and Armando Jaramillo).

A community group from San Felipe and Golfo de Santa Clara, led by the Environment Defense Fund (EDF) and CONAPESCA participate in the Administrative monitoring of the Curvina Fishery Catch Shares Program.

Different community groups participate in environmental education, monitoring, and protection of biodiversity and other endangered species.

Since 2013, the Mexican Government has been designing, planning, and implementing a Climate Change Adaptation Plan for the Midriff Islands Region, with a gender and an intercultural approach, which includes Protected Areas of the property, as a collaborative effort among federal, state, and local authorities, academics, non-government organizations, and local community. According to Lorena Aguilar, Senior Advisor of the IUCN Gender Program, this is the first example she knows of a Climate Change Program for Protected Areas that is built with a gender and intercultural approach.

In 2016-2017, CONANP with funds from the German Assistance for Cooperation Office (GIZ) built a Strategic Plan for the Conservation of the Upper Gulf and the Gulf of California Islands (in its northern region) with the participation of different experts and institutions. A Conceptual Model of the site was developed through this process, including conservation targets, threats, and disturbance points. It identified and developed strategies to reduce the threats, though one of the most important threats was climate change, which was not incorporated to the plan due to its complexity. We have now an Ecosystems Model of The Upper Gulf Area, which includes 64 functional groups, 40 years of data of the fisheries in the area, and the incorporation of projected changes in temperature, pH levels, and the composition of Phytoplankton. This information provides an estimate of the potential vulnerability of the ecosystems and the communities dependent on them for the Upper Gulf. During the first months of 2018 CONANP has begun the process for building a Climate Change Adaptation Plan for the Upper Gulf Biosphere Reserve and influence zone incorporating experts, government institutions and society.

It is important to state that Mexican government is promoting the strengthening of institutional capacities, to ensure that the ghost nets removal

program continues and increases its results achieving a “gillnet-free” ecosystem for vaquita.

#### MONITORING OF THE SITE

CONANP and other collaborators worked on the publication of *Fichas de evaluación ecológica (FEE) de áreas naturales protegidas del noroeste de México*<sup>1</sup>, (Ecological scorecards of natural protected areas in northwestern Mexico), which presents the results of information gathered through a series of workshops with scholars and civil society researchers, about water, habitat, biological resources, and activities for the conservation of the NPA.

Ecological scorecards are a methodology for evaluating the state and trend of three components of ecosystems: water, habitat, and biological resources. Reports made with ecological scorecards have the advantage of assessing the current conditions of resources in NPA in a standardized way.

The following is the scale of colors and symbols used to determine the status and trends of the site (in relation to the 12 standardized questions):

| State | Outstanding | Good | Acceptable | Deficient | Critical | Not determined |
|-------|-------------|------|------------|-----------|----------|----------------|
|       |             |      |            |           |          |                |

| Trend | Improving quickly | Improving | Stable | In degradation | In quick degradation | Not determined |
|-------|-------------------|-----------|--------|----------------|----------------------|----------------|
|       |                   |           |        |                |                      |                |

<sup>1</sup> Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2016. *Fichas de evaluación ecológica de áreas naturales protegidas del noroeste de México*. 240 pp. Disponible en línea: <https://simec.conanp.gob.mx/evaluacion.php?menu=4>

Two types of scores are used to answer the questions: the first, relative to present conditions, and a second one referring to foreseen future trends.

By 2017, the Ecological Scorecard for Alto Golfo de California Biosphere Reserve was updated. The following charts are a summary of the comparative results of the two scorecards:

| Terrestrial / coastal environment |                          |      |      |
|-----------------------------------|--------------------------|------|------|
| Resource                          | Item                     | 2013 | 2017 |
| Water                             | Human activity           | ^    | v    |
|                                   | Nutrient effect          | -    | -    |
|                                   | Human health             | -    | ^    |
| Habitat                           | Human activity           | v    | >    |
|                                   | Pollution                | ^    | -    |
|                                   | Extension & Distribution | -    | ^    |
| Living resources                  | Human activity           | ^    | -    |
|                                   | Species captured         | -    | -    |
|                                   | Key species              | ^    | -    |
|                                   | Endangered species       | -    | -    |
|                                   | Alien species            | -    | -    |
|                                   | Biodiversity             | ^    | -    |

| Marine environment |                          |      |      |
|--------------------|--------------------------|------|------|
| Resource           | Item                     | 2013 | 2017 |
| Water              | Human activity           | -    | -    |
|                    | Nutrient effect          | -    | -    |
|                    | Human health             | -    | -    |
| Habitat            | Human activity           | -    | -    |
|                    | Pollution                | -    | ^    |
|                    | Extension & Distribution | -    | -    |
| Living resources   | Human activity           | ?    | -    |
|                    | Species captured         | ?    | -    |
|                    | Key species              | ?    | -    |
|                    | Endangered species       | v    | -    |
|                    | Alien species            | -    | -    |
|                    | Biodiversity             | ?    | -    |

## A MULTIDIMENSIONAL STRATEGY FOR THE COMMUNITIES IN THE UPPER GULF OF CALIFORNIA

Since June 2017, INECC has worked on the basis for a multidimensional strategy that can help the communities in the Upper Gulf of California region, especially in Santa Clara, Sonora and San Felipe, Baja California. The objective is to make a transition towards an economic model beneficial to the community, by promoting a regional and integral development scheme that incorporates new areas of opportunity in a context of sustainable development and adaptation to climate change. In that sense contributing to the protection of the threatened and endangered species, particularly the endemic vaquita marina.

In order to fully deploy this strategy, a protocol for a joint and convened action by the state governments of Baja California and Sonora; an effective inter-secretarial collaboration at a federal level; and, an active contribution of the communities should be developed.

The strategy considers the following areas of opportunity:

- I. Responsible fishing
- II. Aquaculture
- III. Sustainable exploitation of land flora and fauna
- IV. Tourism
- V. Climate change adaptation

I. Responsible fishing: consists on the adoption of effective fishing practices, gear, and methods, which do not cause bycatch of vaquitas.

### I.1 Sport Fishing of Totoaba - Auction mode –

- The initial investment for the project is of 5.5 million USD, which includes the acquisition of 100 yachts, special hooks (catch and release), and global positioning systems (GPS).
- A 10% annual growth in the number of vessels is assumed.

- By the fifth year an estimated income of 20 million USD is expected to be generated by a fleet of 146 yachts in operation.
- This option generates a Net Present Value (NPV) of 52 million USD (considering a period of five years).

The feasibility of this option is considered as: Moderate

To implement this option, it will be necessary to modify the Mexican standard NOM-059-SEMARNAT-2010, and also decrease the protection level under the Convention on International Trade of Endangered Species (CITES), to maintain a sustainable level of exploitation and its market value.

### I.2. Sustainable Fishing (Blue Shrimp, Chano, Sierra, Curvine)

Taking into account the data provided by INAPESCA, this option would generate income for both communities (El Golfo de Santa Clara and San Felipe), of almost 5 million USD in the first year and 17.24 million USD in the fifth year.

The cost of this option for a period of five years, requires an initial investment of 7 million USD for the purchase of fishing gear and 160 USD for the cost of the global positioning equipment of each vessel. The NPV is as high as 41 million USD. It is worth mentioning that by the first year, 300 boats would be equipped, and by the second year, the fleet would reach 648 equipped units (INAPESCA).

Feasibility: High, however, resistance by the fishermen to the adoption of new technology is expected<sup>2</sup>.

### I.3. Integral consumption Totoaba (Auctioning)

Economic potential: the income derived from one ship amounts to 0.21 million USD, with a fleet of 50 boats the income would reach 12.11 million USD per season.

The financial projection for the fifth year would be 17.7 million USD considering a fleet of 73 boats. The NPV is expected to reach 45 million USD. Each vessel would be equipped with special hooks (catch and release), and would presumably capture about 30 units per season (February-May).

<sup>2</sup> INAPESCA consider sustainable arts of fishing: suripera network, RS-INP-MX trawl net, encirclement network, multi-line trolling, trawl net and traps.



To implement this option, it will be necessary to modify the Mexican standard NOM-059-SEMARNAT-2010, and also decrease the protection level under the Convention on International Trade of Endangered Species (CITES), to maintain a sustainable level of exploitation and its market value.

- II. Aquaculture: for this area of opportunity the establishment of aquaculture modules for different species was assessed in collaboration with INAPESCA, CONAPESCA, and CONANP. The selected species are: white shrimp, totoaba, bivalve molluscs, and algae, for each species, small-scale technological packages were designed.

II.1. White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

- An initial investment of nearly 0.3 million USD is required for installing one hectare.
- This infrastructure would generate a NPV (across five years) of nearly 0.5 million USD, creating 20 direct jobs, and 20 indirect ones per hectare.
- The initial investment would be recovered within two years.

II.2. Totoaba (*Totoaba macdonaldi*).

- An initial investment of nearly 0.15 Million USD is required for installing one hectare.
- This infrastructure would generate a NPV (across five years) of nearly 0.66 million USD, creating 10 direct jobs, and 10 indirect ones.

Due to its protected status (NOM-059-SEMARNAT-2010), its captive breeding must be developed through a Wildlife Management Unit (UMA in Spanish).

II.3. Clams

This option considers the following *bivalve molluscs*: *Squalid callista* (*Megapitaria squalida*), *Chione fructifraga*, and the Cortes geoduck (*Panopea globosa*).

Economic potential (data subject to revision):

- An initial investment of nearly 0.17 Million USD is required for installing one hectare.

The three identified species are found in the region and are commercialized nationally and internationally. However, clams are generally slow-growth species. Consequently, income is usually generated after two years.

It is recommended to establish experimental modules in both communities. Depending on the species' success, the number of production units should grow in the medium-term.

Capacity building for maintenance and operation is required for the establishment of the modules, as well as commercialization channels and economic incentives that promote the economic conversion. It is also recommended to provide economic support to promote this projects, given the species' slow-growth.

#### II.4. Green and Red Algae.

This alternative considers the production of diverse algae species: green and red (*Ulva* spp, *Gracilaria* spp, among others), as well as brown (*Sargassum* spp)

- An initial investment of nearly 0.05 million USD is required for installing one hectare of green and red algae, which produces 0.02 million USD annually. The initial investment is recovered in three years.

Commercialization channels need to be identified and secured.

#### II.5. Japanese Oyster (*Crassostrea gigas*).

- An initial investment of nearly 0.015 million USD is required for installing one hectare of Japanese oyster.

A well-known barrier is, that it is an exotic species in the region and its introduction is not permitted.

### III. Management of Terrestrial Flora and Fauna

This area of opportunity considers the rational use of biotic terrestrial resources on the RAGC for its conservation. It also considers the generation of additional income for the communities of Santa Clara, Sonora and San Felipe, Baja California.

It would be developed under the umbrella of the System of Management Units for Wildlife Conservation (SUMA, for its acronym in Spanish), created in 1997 and which has had successful results.

III.1. Intensive Management Units for Wildlife Conservation (UMA) of local cacti with a gender approach.

The region has 228 species of flora, out of which at least 15 of them are endemic and 20 have current or potential commercial use (CONANP, 2007), within the exploitable cacti, the biznaga, cholla, and cardón (or sahuaro) stand out. Their economic potential is significant, given the high national and foreign demand by cacti collectors.

Additionally, Mexico is a member of CITES, which allows national and international legal commercialization of such species.

It is estimated that the establishment of an UMA of local cacti is a medium-term option (two to three years) due to regulatory requirements for its establishment and registration, as well as for the construction of the necessary infrastructure and the slow growth rate of cacti species.

#### III.2. Hunting UMA

Economic potential: annual income of 0.095 million USD per UMA and an estimated NPV of 0.36 million USD. It exclusively considers bura deer (*Odocoileus hemionus*) and white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) at a 15 per cent rate of exploitation of a population of 100 bucks, at a price of \$4,500 and \$1,500 USD, respectively.

The option could create between 10 and 15 temporary jobs.

The establishment of hunting UMA has had good experiences with vulnerable species such as the Bighorn sheep (*Ovis canadensis*) whose population has doubled in the Vizcaíno Biosphere Reserve, Baja California Sur since it was vested

as an UMA in 1995 and it generated a revenue of 2.5 million USD in 12 hunting seasons (CONABIO, 2010).

#### IV. Tourism:

It is an activity that can generate a revenue of 40 million USD over the first 5 years, and from the sixth year onwards a total of 24 million USD per year.

The required direct investments to achieve the productive options in the field of tourism development are 7.5 million USD, whereby additional investments in improved infrastructure and promotion of the region as a tourist destination, would bring the total investments to a level of 13.6 million USD. It is foreseen that the split between private and public investment would be 60/40 percent, respectively.

The destination would grow during 5 years from a relatively low level of occupancy of 30% to an average level of 50%, which is considered standard for this type of destination.

The total level of investment would be recovered within ten years.

IV.1. Development of high-end hotels, remodeling and extending the destination capacity by 80% over 5 years.

Economic potential: income revenues over a five year period of 18.7 million USD, growing from an initial first year 1.4 million USD up to a yearly revenue of 6 million USD in year 5, considering an initial investment of 2 million USD.

In San Felipe there are just over 20 hotels, all of which will require remodeling. The considered timeline is divided in two:

- Short-term for the remodeling of existing rooms, and
- Medium (2-3 years) to long-term for the building of new units.

The principal barrier is the relatively high level of investment required.

IV.2. Development of RV Camps for longer stays.

Economic potential: estimated revenues of 10 million USD over a period of 5 years, counting on an initial investment of 900,000 USD, considering that separate investments will be dedicated to enhance other activities in the area. In both towns, RV Camps already exist, whereby Santa Clara's are actually the most up-to-date.

Taking into account that the region undergoes an integral development. The most important barrier would be the level of investment required to promote the destination to American tourists, which must be properly targeted, due to the fact that 90% of the tourists come from the United States.

#### IV.3. Sustainable Adventure Tourism

The projected level of revenue is 1.5 million USD over 5 years, considering an investment of 650 thousand USD.

Adventure tourism is well appreciated in the region, with this measure existing assets will be updated, new routes considered and a larger assortment of equipment made available.

#### IV.4. Ecotourism and flora and fauna watching

Ecotourism development goes hand in hand with all the efforts being planned for the region, including: bird watching, and nature photography.

Additionally, marine species watching complements this option particularly with whale watching. Over 2.4 million USD revenue can be generated over 5 years, with an initial investment of 650 thousand USD.

#### IV.5. Development of astronomical observation tourism.

Economic potential: this activity complements the development of tourism in the area, with sky observation vantage points and field trips to nearby observatories. Estimated revenue over 5 years is 3.5 million USD through an investment of one million USD.

## ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN THE UPPER GULF OF CALIFORNIA (INECC)

Mexico is a country particularly vulnerable to climate change, hence adaptation to its impact is a priority.

Adaptation must be aimed at reducing the vulnerability of communities to the effects of climate change. This process should start through the evaluation of current and future vulnerabilities, considering multiple climate change scenarios and recognizing that it does not have the same impact over different groups in the same community, such as: women, children, and elderly.

For the comprehensive land use planning of the Upper Gulf of California (UGC), which includes the introduction of new productive activities, a systemic approach has to be considered taking into account:

- a) The supplies that will be needed for the new productive activities, and the environmental impacts of these activities;
- b) The involvement of local communities in all the stages of the projects, ensuring the appropriation and acceptance of the measures to be undertaken. This social involvement must focus on gender equity and human rights.

The region UGC has an extraordinary biological richness. On one side, it has high levels of endemism like the vaquita and totoaba; and on the other, it is a sanctuary for the reproduction and growth of animals with a wide distribution such as whales. Considering these features, it is compelling to promote actions with an ecosystem-based adaptation approach (EbA), which consists of “use of biodiversity and ecosystem services, as part of a broader adaptation strategy, to help people adapt to the adverse effects of climate change” (UICN 2012).

Currently, the following information has been identified for the environmental characterization of the region:

1. Evaluation of the current state of the region that includes:

- Types of vegetation from the National Institute of Statistics and Geography (INEGI)
- Characterization of the biodiversity of species.
- Description of the land use and productive activities.
- Description of the land tenure scheme.
- Conservation policies in the region (management program of the Upper Gulf of California biosphere reserve, and the delta of the Colorado River, detection of the coastal watersheds and wetlands of the Upper Gulf of California) (INECC, CONAGUA, 2016).

## 2. Evaluation of climate change vulnerability that includes:

- Description of the current and future climate in the region, considering climate change scenarios as cartographic inputs.
- Delimitation of potential areas affected by sea level rise of 1 and 2 meters (INECC-CICESE, 2014) as cartographic inputs.
- Municipalities vulnerable to climate change.
- Analysis of the institutional capacity at a municipality level to promote adaptation.





## VIII. MEMORANDUM OF UNDERSTANDING WITH THE LEONARDO DiCAPRIO AND CARLOS SLIM FOUNDATIONS

---

UNESCO-World Heritage Committee decision 41.COM.7B.15 regarding the property Islands and Areas of the Gulf of California, recommended Mexico to get close to the communities involved with totoaba and vaquita conservation to promote the adoption of sustainable fishing practices. Since vaquita situation is wide known, several agencies and non-governmental organizations offered help to the Mexican Government.

Thus, Mexican President's office had a virtual meeting on July 12, 2017 with Leonardo DiCaprio Foundation, Carlos Slim Foundation and other NGOs.

During the meeting four task forces were established (*Annex 7 MOU DiCaprio Slim*):

1. Regulatory/Legal Affairs Task Force (Chair: Secretary Rafael Pacchiano, SEMARNAT)

Goals:

- a. Convert the temporary ban on gillnets to a permanent ban covering all gillnet fisheries throughout the range of the vaquita in the upper Gulf of California.
- b. Increase enforcement capacity and effectiveness to prevent the illegal use of gillnets

2. Economic Development & Community Building Task Force (Chair: Peggy Turk-Boyer, *Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos*, CEDO)

Goal:

- a. Develop and implement plans in the Gulfs of Santa Clara and San Felipe that effectively engage local communities to design a future that promotes efforts towards economic development of the communities and sustainable development, including a transition to sustainable fishing practices.

3. Fisheries Task Force (Chair: Laura Rodriguez, Environmental Defense Fund, EDF)

Goals:

- a. Fund and implement an integral permanent program to remove and dispose of illegal and derelict fishing gear from vaquita habitat in the upper Gulf of California.
  - b. Accelerate and streamline efforts to develop alternative fishing gear that does not result in the entanglement of vaquita, and establish “vaquita-safe” fisheries.
- 4. Vaquita CPR Task Force (Chairs: Lorenzo Rojas-Bracho, CONANP & Cynthia Smith, National Marine Mammal Foundation)

Goal:

- a. Provide sanctuary to the remaining vaquitas, which may include the creation of a breeding program in sea-based pens.

Two other task forces have been created after the first meeting: Financing & Due Diligence, under Lorenzo Rosenzweig (*Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza*, FMCN), and Communications, under Keith Shattenkirk (Leonardo DiCaprio Foundation).

On September 29, Leonardo DiCaprio informed that the Marisla Foundation had generously offered the services of Blue Earth Consultants to help coordinate calls, develop an action plan, and identify collaborative opportunities across the task forces.

## IX. CONCLUSIONS

---

The actions taken by the Mexican Government, local communities and civil society organizations described throughout the report, demonstrate the commitment to protect the vaquita, its natural habitat and to create sustainable conditions for its conservation.

It is worth noting that sightings and acoustic detections made of grown up and very young vaquitas during the Vaquita CPR Program, are encouraging signs that the Government's efforts are moving in the right direction. The presence of young vaquitas can be interpreted as having an ecosystem with adequate conditions for vaquita breeding, which could result in the growth of population.

Furthermore, sampling vaquita tissues is an important source of information to better understand the metabolism, nutrition, and general health conditions of this species. Most importantly it creates a window of opportunity to develop experimental programs that could contribute to the recovery of the vaquita population.

The Government is aware of the importance of continuing its work to strengthen its conservation laws, regulations and policies in the Upper Gulf of California. The main factor for vaquita recovery is the strengthening of institutional capacities, particularly in law enforcement in order to ensure that the vaquita environment is free of human harmful interaction, which is mostly caused by gillnets. The continuation of the Ghost Nets Removal Program will also contribute to achieve this goal.

Finally, is important to recognize the efforts made by all the stakeholders that have been mentioned in this report.

## SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

### **ACUERDO por el que se modifican diversas disposiciones del diverso por el que se establece el área de refugio para la protección de la vaquita (*Phocoena sinus*).**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

RAFAEL PACCHIANO ALAMÁN, Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 32 Bis fracciones I, II, III y XLII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 5 fracciones I y II, 9 fracción XVII, 58 inciso a), 60, 65, 66, 67 fracción IV, 68 y 69 de la Ley General de Vida Silvestre; 79 fracciones I y III, 80 fracción VII, y 83 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y, 5 fracción XXV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

#### **CONSIDERANDO**

Que el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en la meta nacional México Próspero, establece como objetivo 4.4. "Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo", y para tal efecto prevé como una de las líneas de acción de la Estrategia 4.4.4 "Proteger el patrimonio natural" e incrementar la superficie del territorio nacional bajo modalidades de conservación, buenas prácticas productivas y manejo regulado del patrimonio natural;

Que el Decreto por el que se declara área natural protegida la región conocida como Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, ubicada en aguas del Golfo de California y los municipios de Mexicali, Estado de Baja California, de Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado, Estado de Sonora, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación del 10 de junio de 1993, con el propósito de conservar y proteger los ecosistemas representativos de la región, la biodiversidad, los procesos evolutivos, los hábitat de reproducción, desove y alimentación de especies marinas de importancia ecológica y comercial, y sobre todo, las especies endémicas o en peligro de extinción como la vaquita y la totoaba, entre otras;

Que en 1996 se constituyó el Comité Internacional para la Conservación de la Vaquita (CIRVA), el cual está conformado por especialistas en temas relacionados con la vaquita marina (*Phocoena sinus*). El CIRVA realizó en 2004 un estudio donde evaluó los factores de riesgo que inciden en la disminución de la población de dicha especie;

Que el 8 de septiembre de 2005 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo mediante el cual se establece el área de refugio para la Protección de la vaquita (*Phocoena sinus*), con el objeto de conservar y contribuir al desarrollo de esta especie, así como conservar y proteger su hábitat;

Que el 29 de diciembre de 2005, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Programa de Protección de la vaquita dentro del área de refugio ubicada en la porción occidental del Alto Golfo de California, con el objeto de establecer las bases y lineamientos generales y específicos de conservación, así como para promover las medidas y mecanismos para regular las actividades productivas y la realización de obras que se pretendan desarrollar en la superficie comprendida dentro del Área de Refugio establecida mediante Acuerdo Secretarial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 2005 para la protección y recuperación de la vaquita (*Phocoena sinus*);

Que la Carta Nacional Pesquera, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 2012, señala que en 1997 se hizo una evaluación que estimó 567 individuos, con un intervalo de confianza de 177 a 1,074 vaquitas (*Phocoena sinus*). Asimismo, señala que, a diciembre de 2011, como resultado del PACE: Vaquita, se han retirado 243 embarcaciones menores, con 329 permisos de pesca y en 250 permisos se han sustituido las redes agalleras y de enmalle, por artes de pesca que evitan la captura incidental de vaquitas. Adicionalmente se indica que la línea de mortandad incidental para evitar extinción debe ser menor a 1 individuo por año, es decir una tasa cero;

Que el CIRVA estimó que, para noviembre de 2016, probablemente sólo quedaban aproximadamente 30 ejemplares de vaquita marina (*Phocoena sinus*), siendo que, la disminución de la población de esta especie ha seguido avanzando;

Que en 2017 se ejecutó el Programa de Monitorización Acústica de la Vaquita, el cual se expandió a 87 sitios para respaldar el proyecto VaquitaCPR, por lo que abarca toda el Área de Refugio de la vaquita marina y algunas áreas adyacentes fuera de la misma;

Que aún en la actualidad se han detectado actividades de pesca ilegal, en particular el establecimiento de redes de enmalle de malla grande para la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) dentro del rango de distribución de la vaquita marina (*Phocoena sinus*), por lo que el CIRVA recomendó continuar con el Programa de Monitorización Acústica para posibilitar la estimación de la tendencia de la población y la evaluación de la eficacia de las medidas de conservación actuales y futuras, así como continuar con la eliminación de equipo de pesca en el rango de distribución de la vaquita marina (*Phocoena sinus*), centrándose en el área de mayor riesgo durante la temporada de desove de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*);

Que el estudio de avistamiento de la vaquita marina (*Phocoena sinus*) demuestra que la distribución de la misma no se limita al polígono de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado y Área de Refugio para la Protección de la vaquita marina, sino que excede tales límites, por lo que resulta necesario ampliar el polígono del área de refugio para la protección de esta especie acuática que abarque tanto la zona dentro del área natural protegida, como fuera de ella.

Que del estudio señalado en el párrafo que antecede, el CIRVA determinó que en la porción occidental del Alto Golfo de California, frente a las costas del Estado de Baja California, en las proximidades del Puerto de San Felipe, se encuentra la zona de mayor concentración de la vaquita marina (*Phocoena sinus*), especie endémica de nuestro país que se encuentra catalogada en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Que la Dirección General de Vida Silvestre de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, elaboró el estudio justificativo a que se refiere el artículo 67 de la Ley General de Vida Silvestre, en el que concluyó que resulta fundamental ampliar el polígono del área de refugio para la vaquita marina (*Phocoena sinus*), especie nativa del Golfo de California.

Que derivado de lo anterior y tomando en consideración las recomendaciones emitidas por el CIRVA, así como los estudios técnicos y sociales orientados al conocimiento de la vaquita marina (*Phocoena sinus*), las condiciones naturales que permiten su sobrevivencia y las pesquerías que se realizan en la zona y con el objeto de conservar y contribuir al desarrollo de la vaquita, así como conservar y proteger su hábitat, he tenido a bien expedir el siguiente:

**ACUERDO POR EL QUE SE MODIFICAN DIVERSAS DISPOSICIONES DEL DIVERSO POR EL QUE SE ESTABLECE EL ÁREA DE REFUGIO PARA LA PROTECCIÓN DE LA VAQUITA (*Phocoena sinus*)**

**ÚNICO.-** Se **reforman** los artículos 1 y 2 del Acuerdo por el que se establece el área de refugio para la protección de la vaquita (*Phocoena sinus*), para quedar como sigue:

**Artículo 1.-** Se establece el área de refugio para la protección de la vaquita marina (*Phocoena sinus*), comprendida en la porción occidental del Alto Golfo de California, frente a las costas del Estado de Baja California, con el fin de permitir y fomentar la recuperación de la población, en la zona delimitada por el polígono con vértices en las siguientes coordenadas:

Superficie de 1,841 Km<sup>2</sup>

(Un mil ochocientos cuarenta y un kilómetros cuadrados)

| Vértices | X          | Y          |
|----------|------------|------------|
| A        | 705502.491 | 3473323.82 |
| B        | 723474.106 | 3473692.34 |
| C        | 734316.27  | 3474673.99 |
| D        | 747348.43  | 3474974.15 |
| E        | 747960.18  | 3449027.58 |
| F        | 747962.79  | 3448916.7  |
| G        | 739317.43  | 3421871.52 |
| H        | 724459.355 | 3427300.34 |
| I        | 716852.075 | 3427142.48 |
| J        | 706068.283 | 3444416.61 |

**Artículo 2.** El área de refugio a que se refiere el artículo que antecede está subdividida en:

- a) La porción dentro del polígono de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, la cual tiene una superficie de 1,307.05 Km<sup>2</sup> (Un mil trescientos siete punto cero cinco kilómetros cuadrados) y está delimitada por los siguientes vértices:

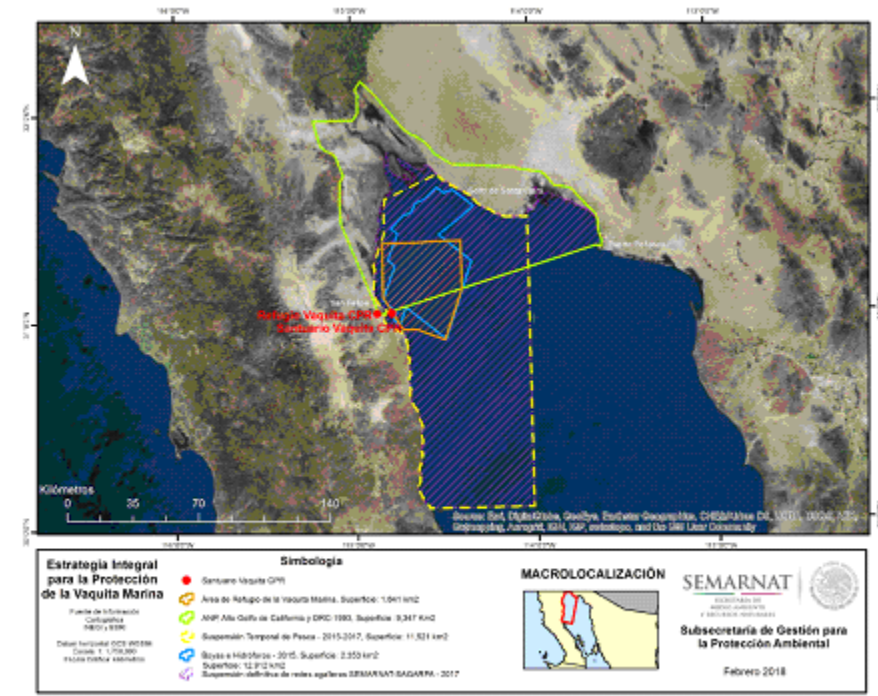
| Vértices | X          | Y          |
|----------|------------|------------|
| A        | 705502.491 | 3473323.82 |
| B        | 723474.106 | 3473692.34 |
| C        | 734316.27  | 3474673.99 |
| D        | 747348.43  | 3474974.15 |
| E        | 747953.98  | 3449286.59 |
| F        | 710644.62  | 3437085.95 |
| G        | 706068.283 | 3444416.61 |

- b) La porción que se encuentra fuera de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, la cual tiene una superficie de 533.96 Km<sup>2</sup> (Quinientos treinta y tres punto noventa y seis kilómetros cuadrados) y está delimitada por los siguientes vértices:

| Vértices | X          | Y          |
|----------|------------|------------|
| A        | 747953.98  | 3449286.59 |
| B        | 747962.79  | 3448916.7  |
| C        | 739317.43  | 3421871.52 |
| D        | 724459.355 | 3427300.34 |
| E        | 716852.075 | 3427142.48 |
| F        | 710644.62  | 3437085.95 |

La descripción analítico-topográfica y límite del polígono que se describe a continuación se encuentra definidas en el sistema de coordenadas UTM, zona 11 Norte, con un Datum Horizontal y Elipsoide WGS84, con base en el Marco Geoestadístico 2016 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

El plano de ubicación que se contiene en el presente Acuerdo es sólo con fines de referencia geográfica y sin valor cartográfico.



El plano oficial del Área de Refugio para la protección de la vaquita marina (*Phocoena sinus*), que contiene la descripción límite analítico-topográfica del polígono general que se describe en el presente Acuerdo, se encontrará en las oficinas de la Dirección General de Vida Silvestre, ubicadas en Ejército Nacional número 223, Colonia Anáhuac, Delegación Miguel Hidalgo, código postal 11320, Ciudad de México, México.

### Artículo 3.- ...

### TRANSITORIOS

**PRIMERO.** El presente Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**SEGUNDO.** La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, realizará y publicará en el Diario Oficial de la Federación la actualización del Programa de Protección correspondiente en un plazo no mayor a 180 días naturales contados a partir de la entrada en vigor del presente Acuerdo.

Dado en la Ciudad de México, a los doce días del mes de abril de dos mil dieciocho.- El Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **Rafael Pacchiano Alamán**.- Rúbrica.



## FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

<http://cienciasmarinas.ens.uabc.mx>

Ensenada, Baja California, a 01 de agosto de 2018.

Oficio No. 0548/18

Lic. José Luis Pedro Funes Izaguirre  
Director General de Vida Silvestre de la  
SEMARNAT y  
Autoridad Administrativa CITES México.  
Ejército Nacional #223 Col. Anáhuac.  
C.P. 11320, Miguel Hidalgo, Ciudad de México  
[josel.funes@semarnat.gob.mx](mailto:josel.funes@semarnat.gob.mx)  
(55) 56243300 Ext 23306

En atención a su solicitud de consulta técnica por parte del equipo de la Autoridad Científica CITES de México, representada por la CONABIO, referente los trabajos de seguimiento de las liberaciones de ejemplares de la especie de totoaba (*Totoaba macdonaldi*) realizadas por la Universidad Autónoma de Baja California.

Desde 2002, la UABC incorporó el uso de marcadores genéticos para dar seguimiento a la producción en cautiverio de la totoaba, principalmente mediante la evaluación de los niveles de variabilidad genética y de consanguineidad en comparación con los de la población silvestre. Los estudios realizados por CIBNOR entre 2013 y 2016 (García de León et al. 2013; Valenzuela-Quiñones et al. 2014, 2015, 2016), coinciden con las evidencias que tenemos en UABC (Enríquez et al. 2008, 2015) de que la variabilidad genética de la especie es bastante alta. Es por ello que desde 2010 nos enfocamos en el uso de marcadores de mayor resolución que garantizarán la trazabilidad genética de producción en cautiverio, tanto para la cadena de comercialización como para la población silvestre. Este conjunto de marcadores, el cual se ha implementado como parte del PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-169-SEMARNAT-2018, permitiendo establecer confiablemente las relaciones de parentesco entre los individuos e incluso la identificación a nivel individual.

La combinación de uso de esta herramienta y el análisis de los aseguramientos de vejigas natatorias de totoaba provenientes de la pesca ilegal, ha revelado que algunos de los individuos, producto de las liberaciones experimentales, sobreviven hasta la edad

# Universidad Autónoma de Baja California

adulta en la población silvestre. El análisis de paternidad realizado en 572 buches asegurados entre 2012 y 2015 por la PROFEPA, PGR, PF y el USFWS, ha revelado que dos totoabas nacidas en cautiverio en UABC, fueron extraídas ilegalmente de la población a la edad de 7 y 13 años respectivamente (Cerde et al. 2016). Esta primera evidencia de éxito del programa experimental de liberaciones de totoaba a la población silvestre, abre las puertas a la posibilidad de estimar la supervivencia de las totoabas criadas en cautiverio y del tamaño de la población silvestre.

Es sumamente importante señalar que este hallazgo corresponde a individuos liberados entre 2001 y 2007, cuando la UABC liberó tan solo entre 2 mil y 3 mil alevines de totoaba. Desde 2013, la UABC ha liberado más 10,000 alevines cada año, además de las varias decenas de miles que empezaron a liberar CREMES y EOF, en 2014 y 2015 respectivamente.

Esperando que esta información sea de utilidad, sin más por el momento quedamos de Usted.

ATENTAMENTE,

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE  
CIENCIAS MARINAS

Dr. Conal David True

Responsable Académico de la UBP de la UABC y  
Responsable técnico de la UMA

**DGVS-CR-IN-1084-B.C.-09**

Dr. Luis Enríques Paredes

Responsable Académico del área de  
Trazabilidad Genética

de la UMA **DGVS-CR-IN-1084-B.C.-09**

Ccp Biól. Hesiquio Benítez Díaz. Director General de Cooperación Internacional e Implementación.- Autoridad Científica CITES. CONABIO

Carret. Ensenada-Tijuana No. 3917 Col. Playitas, Ensenada B. C., México c.p. 22860  
Tel. 174-4570 \* [ctrue@uabc.edu.mx](mailto:ctrue@uabc.edu.mx)





# INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUACULTURA

## INFORME FINAL

### “EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN DE TOTOABA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA”<sup>1</sup>



**FEBRERO DE 2018**

---

<sup>1</sup> Para citar este documento:

**INAPESCA.2018.Evaluación de la Población de Totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en el Golfo de California.Informe Final.98pp**



## EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN DE TOTOABA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

### Índice General

| <b>Contenido</b>                                                 | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------------------------------------|-------------|
| Resumen ejecutivo                                                | 3           |
| Marco de referencia                                              | 5           |
| Introducción                                                     | 5           |
| Gestiones técnico-administrativas                                | 9           |
| Revisión bibliográfica                                           | 9           |
| Distribución actual de totoaba                                   | 14          |
| Estimación de biomasa por ecointegración                         | 26          |
| Estimación de biomasa de reproductores                           | 42          |
| Estimación de biomasa de machorros                               | 52          |
| Estimación de captura de totoaba en 2017                         | 57          |
| Modelo poblacional de totoaba                                    | 60          |
| Análisis de sensibilidad                                         | 68          |
| Análisis de riesgo                                               | 73          |
| Aplicación del Método de Evaluación de Riesgo (MER) a la totoaba | 78          |
| Discusión                                                        | 80          |
| Conclusiones                                                     | 86          |
| Literatura citada                                                | 88          |
| Anexos                                                           | 94          |



## EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN DE TOTOABA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

### Resumen ejecutivo

Durante el período de agosto de 2016 a julio de 2017 el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (SAGARPA) con apoyo parcial de la Subsecretaría de Protección Ambiental de la SEMARNAT llevó a cabo un proyecto de investigación para evaluar el estado actual de la población de *Totoaba macdonaldi*. Colaboraron de manera fundamental colegas de las siguientes instituciones: Centro Reproductor de Especies Marinas (CREMES) en Bahía de Kino, Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) en San Luis Río Colorado, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas de La Paz, BCS. Las componentes del proyecto son cuatro: 1) Revisión, análisis y síntesis de datos e información, 2) Distribución y estimación de abundancia y estructura poblacional de juveniles o “machorros” (<0.5 años), pre-adultos (0.5 a 3.5 años) y adultos (4.5 a 27 años) de totoaba, 3) Desarrollo de modelos poblacionales, y 4) Análisis de riesgo de diferentes escenarios de manejo y conservación de la totoaba. En la primera componente se obtuvieron y tabularon valores de parámetros vitales de totoaba (fecundidad, crecimiento individual, tasas de mortalidad, talla de 50% de reproducción). Algunos de estos valores fueron utilizados en los análisis posteriores. Se encontró que la tasa de explotación antes de la veda (1975) fue de 75%, luego descendió y estuvo por debajo del 50% hasta finales de la década de 1990. Las siguientes tres décadas, debido a la mortalidad de machorros en el arrastre camaronero y a la captura irregular de pre-adultos y adultos la tasa de explotación fue mayor a 50%. En 2017 la tasa de explotación fue la más baja de la serie, lo cual puede representar sesgo en el muestreo. La segunda componente consistió en colocar observadores a bordo de la flota arrastrera de camarón, así como generar datos a bordo de embarcaciones del INAPESCA. Por el método de área barrida se estimó una abundancia de 52 t de machorros en otoño de 2016, concentrados en la porción occidental del Alto Golfo de California. Dentro de esta misma componente se realizaron las primeras estimaciones de biomasa de totoaba por los métodos de ecointegración y de censo larval. Para la ecointegración previamente se determinó el blanco acústico en función de la longitud de las totoabas. Para ello, dos grupos de totoabas juveniles fueron proporcionados por el CREMES; otro grupo de organismos adultos fueron capturados en el Alto Golfo. En mayo de 2017 se realizó un crucero que cubrió el área conocida de distribución de totoaba insonificando con una ecosonda científica y registrando los ecos recibidos. La mayor cantidad de ecos se registró en el Alto Golfo de California y en la costa de Sonora hasta la latitud de Guaymas. La biomasa obtenida por este método fue de 36,429 t de organismos mayores o iguales a 30 cm de longitud total (LT). En la misma componente de enero a

junio se recolectaron muestras de plancton en una red fija de estaciones en el Alto Golfo de California incluida la zona del delta. Las muestras fueron trasladadas al CICIMAR para la identificación y conteo de larvas tempranas de totoaba. Sólo se encontraron estas larvas en el mes de marzo frente a San Felipe. Por el método de censo de larvas se estimó una biomasa de 32,337 t de totoabas mayores o iguales a 65 cm LT, que es su talla mínima de madurez sexual. En la tercera componente, los análisis indicaron que la biomasa de totoaba se relaciona directamente con el flujo de agua del Río Colorado; se identificaron dos períodos: pre y post-presa Hoover. En el segundo período la capacidad de soporte ( $K$ ) de la totoaba se redujo en 30% respecto al primer período. Con esta información se desarrolló un modelo estructurado por edades desde 0.5 hasta 26.5 años que incluye forzamiento ambiental en dos relaciones parentela-progenie, una para cada período. El modelo fue calibrado y ajustado usando dos series: captura registrada de 1925 a 1975 y biomasa estimada por un método basado en captura. Con el modelo ajustado se realizaron análisis de sensibilidad y de riesgo ante diferentes escenarios de manejo, analizando las trayectorias de biomasa en relación con un punto de referencia límite (PRL) relativo a la mitad del tamaño máximo que puede alcanzar la biomasa de totoaba ( $K = K/2$ ) así como un PRL conservador 20% superior al PRL. Al modelo ajustado se le incorporó variabilidad aleatoria en las tasas de mortalidad por grupo de edad y en el reclutamiento. Se realizaron simulaciones Monte Carlo estimando la probabilidad de que la trayectoria de biomasa anual de totoaba disminuya debajo del PRL conservador. El peor escenario es la captura de 2,800 t anuales de pre-adultos y adultos además de captura incidental promedio de 80 mil machorros por año en la flota arrastrera del Alto Golfo. La captura ilegal de pre-adultos y adultos ha incrementado hasta que en 2017 se capturaron por lo menos 1,400 toneladas. El mejor escenario es reducción a 500 t/año en la captura de pre-adultos y adultos, además de eliminación de la captura incidental de machorros. La pesca irregular descontrolada de totoabas iguales o mayores a 65 cm LT es su principal amenaza actual y es insostenible en el corto plazo. Una amenaza secundaria es la captura incidental de machorros en la flota arrastrera que opera en el Alto Golfo de California; esta amenaza se puede minimizar usando excluidores de peces en la flota de pesca de arrastre en esa zona.



## **EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN DE TOTOABA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA**

### **Informe Final**

#### **MARCO DE REFERENCIA**

El proyecto “Evaluación de la población de totoaba en el Golfo de California”, fue desarrollado por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, órgano descentralizado de la SAGARPA, en Convenio de Colaboración con la Subsecretaría de Protección Ambiental de la SEMARNAT. El Objeto del Convenio fue conjuntar acciones y recursos para determinar el estatus actual de la población de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en el Golfo de California.

El diseño del proyecto de evaluación de la totoaba consideró el responder las siguientes preguntas clave: ¿Cuál es su abundancia actual? ¿Cuál es su estado de salud? ¿Cuáles son las amenazas principales y qué tan grande es el riesgo de su población? El responder a estas preguntas nos colocará en posibilidad de generar conclusiones para recomendar medidas para el manejo y conservación de la totoaba.

Por su complejidad, el proyecto se realizó con la participación de un gran número de personas de varias instituciones.

#### **INTRODUCCIÓN**

La totoaba (*Totoaba macdonaldi*) es el pez más grande de la familia de las curvinas (familia Sciaenidae), que llega a medir 200 cm de longitud total (LT) y es endémica al Golfo de California (GolCa). La totoaba es un pez longevo (>25 años), y es además una especie considerada en peligro de extinción. Su distribución abarcaba desde el delta del Río Colorado a Bahía Concepción, en la porción occidental del GolCa, y hasta el Río El Fuerte, Sinaloa (Berdegué 1955, Villamar 1980, Cisneros-Mata et al. 1995, Valenzuela-Quíñonez et al. 2015) (figura 1).

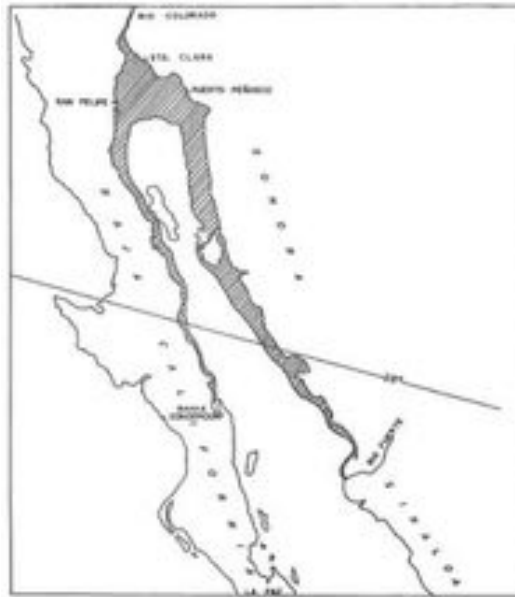


Figura 1. Distribución original de totoaba.

Varias actividades humanas parecen haber afectado la población de totoaba: disminución del flujo de agua del Río Colorado, captura incidental de juveniles en barcos camaroneros, pesca comercial y pesca deportiva. La totoaba ha estado sujeta a presión de pesca de tres tipos que inciden en igual número de estadios de su ciclo de vida (Cisneros-Mata et al. 1995): 1) captura incidental de juveniles o machorros (30 a 45 cm LT) en la flota arrastrera del Alto Golfo, 2) captura irregular “deportivo-recreativa” de pre-adultos (65 cm a 120 cm) en la costa occidental del Alto Golfo, y 3) captura irregular de adultos también en el Alto Golfo. La captura anual de machorros estimada para la década de 1980 era de 27 t (120,800 organismos) y la captura de adultos de 161 t (6,200 organismos) (Cisneros-Mata et al. 1995). La captura “deportivo-recreativa” no ha sido evaluada, aunque es una actividad común en San Felipe y al sur de este puerto. Durante cinco décadas (1924 a 1975), la totoaba sostuvo una pesquería importante, superando las 2,100 toneladas anuales en la década de 1940; la captura se desplomó a menos de 100 toneladas por año en la década de 1970 (Rosales-Juárez y Ramírez-González 1987).

En 1975 se instrumentó una veda permanente de la pesquería (Flanagan y Hendrickson 1976, Cisneros-Mata et al. 1995), aunque desde hace cuatro años la captura furtiva se ha

intensificado debido al exorbitante valor que ha adquirido la vejiga gaseosa o buche (entre tres y ocho mil dólares por kilogramo, peso fresco).

En 1976 se incluyó a la especie en la lista de CITES (CITES 2016, Barrera-Guevara 1990) y en 1979 los EE. UU. la enlistaron como especie en peligro. Lo anterior fue con el fin de detener la demanda e importaciones a ese país, que siempre ha sido el principal destino de la totoaba (Cisneros-Mata et al. 1995). En 1993 se decretó la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (RAG), en parte para proteger a la vaquita marina, que se consideraba amenazada por las redes totoaberas. Por otro lado, existen estudios que demuestran que los dispositivos excluidores de peces en el Alto Golfo pueden excluir hasta en 80% la captura incidental de totoaba en la pesca de camarón (García-Caudillo et al. 2000). Asimismo, se ha demostrado (Cisneros-Mata et al. 1997) que los grupos de edad más importantes para la población de totoaba son de 1.5 a 3.5 años (pre-adultos).

Después de casi 40 años de veda y más de 20 años de establecida la RAG, existe evidencia para suponer que la población de totoaba se está recuperando. Estudios recientes (De Anda-Montañez et al. 2013, Valenzuela-Quíñonez et al. 2015) indicaron que la estructura de edades de la totoaba está relativamente completa e incluye organismos de hasta 27 años, así como un rango de distribución geográfica muy semejante al originalmente reportado (figura 2).

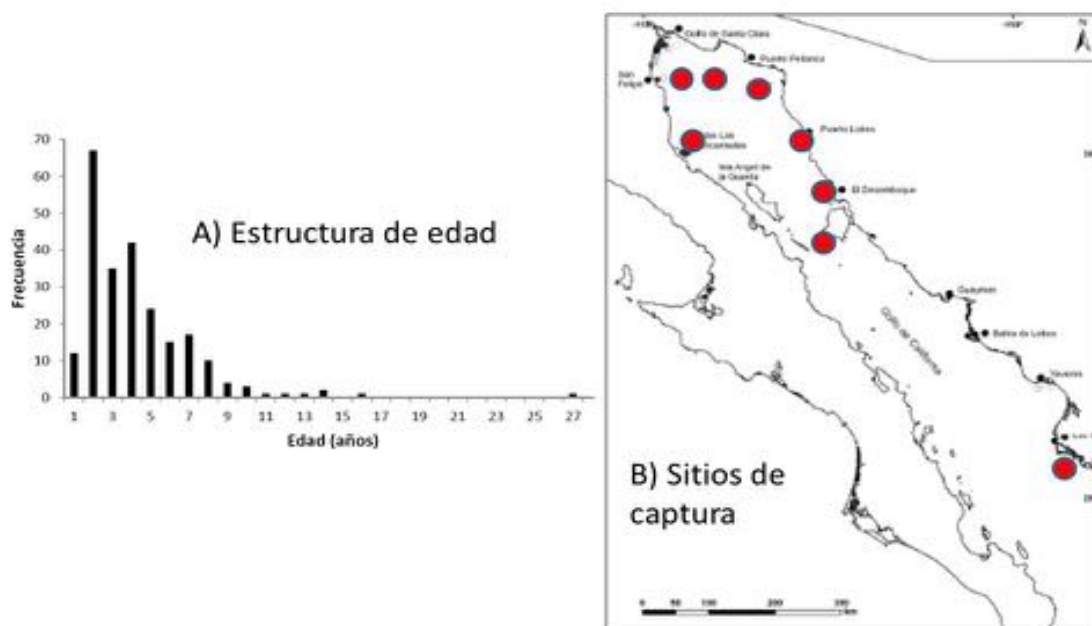


Figura 2. Estructura de edad y sitios de captura de totoaba en 2010 y 2011 (de Anda-Montañez et al. 2013).

Se debe aclarar que la figura 2 fue tomada de De Anda-Montañez et al. (2013) y estos autores monitorearon no sólo en el alto Golfo, como es el caso del presente estudio, por lo que las estructuras de edad no son del todo comparables.

Proyectos como el de totoaba que recién culminó involucran un sistema bio-socio-económico con componentes en los ámbitos de la biología, ecología, clima, y economía. En estos proyectos orientados a la evaluación del estado de los recursos existen elementos que generan riesgo e incertidumbre (tabla 1):

Tabla 1. Tipos y fuentes de riesgo e incertidumbre.

| Tipos de riesgo e incertidumbre |                |                                                                            |                                                                    |                                                               |
|---------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Fuente                          | Incertidumbre  | Económico                                                                  | Biológico                                                          | Ambiental                                                     |
|                                 | Proceso        | Variación de presión, Rentabilidad                                         | Redutamiento, Tamaño del stock                                     | Varibilidad hidrológica, temperatura, régimen                 |
|                                 | Observación    | Desembarcos, Descartes                                                     | Tasa de mortalidad por pesca                                       | Medición de parámetros ambientales                            |
|                                 | Modelo         | Comportamiento de los pescadores frente a las regulaciones, Captura ilegal | Redutamiento, Tamaño del stock                                     | Relación parámetros-redutamiento, sobrevivencia               |
|                                 | Estimación     | Precios, Capturas                                                          | Tasa de mortalidad por pesca                                       | Efecto ambiental en la biología                               |
|                                 | Implementación | Relación entre instrumentos y reacciones de pescadores                     | Influencia de las variables biológicas en el cumplimiento de metas | Influencia de las ambientales en el cumplimiento de metas     |
|                                 | Seguimiento    | Asociación de nuevos pescadores hacia stock recuperados                    | Consideraciones sobre el ecosistema                                | Cambios naturales de baja frecuencia y cambios antropogénicos |

En la matriz anterior se resalta en color rojo el efecto del medio ambiente, y la logística que influyeron en el desarrollo del proyecto de evaluación de totoaba, como se verá más adelante.

Los elementos clave del proyecto fueron: determinar la estructura de tamaños y edades, la distribución geográfica actual y conocer el tamaño actual de la población. Estos elementos



sirvieron de base para establecer el estatus de la población de totoaba y, mediante el desarrollo de modelos, probar escenarios de manejo y conservación.

### **Gestiones técnico-administrativas**

Las principales acciones de gestión fueron: programación del presupuesto; atención a requerimientos técnicos; contratación de personal de apoyo técnico-administrativo y de observadores científicos a bordo; control y digitalización de expedientes; cotización y adquisiciones; bases de datos técnico-administrativos; contratación de servicios diversos; gestiones para equipamiento especializado; pago a proveedores de servicios y de consumibles; así como el control e inventario de adquisiciones.

Para el cumplimiento de los objetivos establecidos en el proyecto, durante 2016 se contrató un total de nueve elementos: un auxiliar administrativo, un técnico auxiliar, dos técnicos de laboratorio y cinco observadores científicos a bordo de la flota camaronera. Se requirió además de los servicios diversos con terceros (instituciones, empresas y cooperativas pesqueras) para el correcto funcionamiento de los trabajos realizados en oficina y en campo. Se adquirió material, equipo y gasolina para todos aquellos compromisos que se generaron, tanto en lo administrativo, como en viajes de campo y para los observadores científicos.

### **Revisión bibliográfica**

Un componente fundamental dentro de las actividades de evaluación de la totoaba fue una revisión bibliográfica exhaustiva de la especie.

#### *Parámetros vitales*

Se elaboró un concentrado (tabla 2) con los parámetros vitales de la totoaba, información que sirvió de base en el desarrollo de un modelo poblacional y de las estimaciones de abundancia.

Tabla 2. Parámetros vitales de *Totoaba macdonaldi* estimados por diversos autores. n = número de individuos, H:M proporción hembras/machos,  $L_{50}$  = talla de 50% de madurez de las

hembras,  $L_{\infty}$  = longitud asintótica,  $k$  = tasa instantánea de crecimiento individual,  $t_0$  = edad a la longitud 0,  $Z$  = tasa instantánea de mortalidad total,  $M$  = tasa instantánea de mortalidad natural y  $F$  = tasa instantánea de mortalidad por pesca.

| Autor                                   | n    | H:M    | Longitud media (cm) | Longitud máxima (cm) | Edad máxima (años) | $L_{50}$ (cm) | $L_{\infty}$ (cm) | $k$ (año <sup>-1</sup> ) | $t_0$ (año) | Fecund. Parcial (kg <sup>-1</sup> ) | $Z$ (año <sup>-1</sup> ) | $M$ (año <sup>-1</sup> ) | $F$ (año <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------------------|------|--------|---------------------|----------------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nakashima, 1916                         |      |        |                     | 198                  | 9                  |               |                   |                          |             |                                     |                          |                          |                          |
| Berdegue, 1955                          |      |        | 135                 |                      | 15                 |               |                   |                          |             |                                     | 0.41                     |                          |                          |
| Arvizu y Chávez, 1972                   | 190  | 0.54:1 | 155                 |                      |                    |               |                   |                          |             |                                     |                          |                          |                          |
| Flanagan, 1973                          |      |        | 158                 |                      |                    |               | 173               | 0.17                     |             |                                     |                          |                          |                          |
| Molina-Valdez et al., 1988              | 244  |        | 157                 |                      |                    |               | 203               | 0.12                     | -0.27       |                                     | 0.47                     | 0.20                     | 0.27                     |
| Cisneros-Mata y Montemayor, 1989        |      |        |                     |                      |                    | 145           |                   |                          |             |                                     |                          |                          |                          |
| Barrera-Guevara et al., 1992            | 201  | 7:1    | 158                 | 197                  |                    |               |                   |                          |             | 61,067                              |                          |                          |                          |
| Cotero-Altamirano y Tapia-Vázquez, 1993 | 26   | 2.3:1  | 140                 | 180                  |                    | 143           |                   |                          |             | 470,570                             |                          |                          |                          |
| Román-Rodríguez, 1994                   | 1301 |        |                     |                      | 25                 |               | 139               | 0.23                     | -1.10       |                                     |                          |                          |                          |
| Cisneros-Mata et al., 1995              |      |        |                     |                      |                    |               | 167               | 0.15                     | -0.61       |                                     | 0.41                     | 0.27                     |                          |
| Román-Rodríguez y Hamann, 1997          | 101  |        | 136                 |                      | 24                 |               | 136               | 0.32                     | -0.05       |                                     |                          |                          |                          |
| Pedrin-Osuna et al., 2001               |      |        | 140                 |                      |                    |               | 206               | 0.17                     | -0.30       |                                     | 0.53 y 0.73              | 0.20                     |                          |
| De Anda-Montañez et al., 2013           | 235  | 1.17:1 |                     | 190                  | 27                 | 131           | 147               | 0.22                     | -0.65       | 338,486                             | 0.42                     | 0.35                     | 0.07                     |
| Valenzuela-Quirón, 2014                 | 360  |        | 133                 | 186                  |                    | 132           | 180               | 0.13                     | -1.72       |                                     | 0.22                     | 0.14 - 0.22              |                          |

Excepto en los últimos dos trabajos mostrados en la tabla, los monitoreos se realizaron sólo en el Alto Golfo. Hay coincidencias y disparidades entre las estimaciones de algunos parámetros vitales que seguramente tienen que ver con la naturaleza de los muestreos. Las mayores disparidades son en la proporción de sexos y la fecundidad; las estimaciones de  $M$  son similares. Antes de 1975 las muestras eran tomadas de las capturas comerciales, y después de ese año en que se implementó la veda total, los muestreos eran en cruceros o viajes de investigación o bien se hacían biometrías de capturas irregulares.

### *Tasas anuales de mortalidad y explotación*

Con base en distribuciones de tallas de totoabas adultas obtenidas de la pesca irregular y de las capturas en el Alto Golfo de California en 2017 (este proyecto) así como de las distribuciones de tallas de los años 1963 (Arvizu y Chávez 1972), 1985 (Molina-Valdez et al. 1988), 1987, 1989 y 1990 (Román-Rodríguez 1994), 1983, 1984, 1986, 1988, 1991 y 1993 (Pedrin-Osuna et al. 2001), 2011 (De Anda Montañez et al. 2013) y 2013 (Valenzuela-Quirón 2014) se estimó la mortalidad total ( $Z$ ), mortalidad natural ( $M$ ), mortalidad por pesca ( $F$ ), y la tasa de explotación ( $E = F/Z$ ). Es común expresar tasas de explotación porque un punto de referencia objetivo es precisamente  $F_{RMS}$ , o la tasa de mortalidad por pesca que genera el rendimiento máximo sostenible (v.g., Kvamsdal et al. 2016). Para ello es necesario estimar la tasa de mortalidad total ( $Z$ ) y compararla con  $F$ , y

de esta manera se puede seguir la evolución de la biomasa y F al generar diagramas de Kobe (v.g., Arrizabalaga et al. 2012).

Para estimar Z se utilizó la curva de captura linealizada convertida a tamaños, rutina contenida en la plataforma FiSAT II (Gayanilo et al. 2005):

$$\ln(N_i/\Delta t_i) = a + Z \cdot t_i$$

en donde a es un parámetro de ajuste,  $t_i$  es la edad relativa de los organismos de talla i,  $N_i$  es el número de peces en la clase de talla i y  $\Delta t_i$  es el tiempo necesario para que el pez crezca a través de la clase de talla i. Para los cálculos se consideraron los valores de los parámetros de crecimiento ( $k = 0.155/\text{año}$ ,  $L_\infty = 200$  cm longitud total (LT) y  $t_0 = -0.65$  años). El programa proporciona el valor medio y un intervalo de 95% de confianza para Z, de donde se estimó la desviación estándar (s) de la siguiente manera:

$$s = \frac{(\bar{Z} - Z_i)\sqrt{n}}{t_{\alpha, n-1}}$$

en donde  $\bar{Z}$  es la tasa de mortalidad total media,  $Z_i$  es el límite inferior del intervalo para  $\bar{Z}$ , n es el número de datos en la regresión para estimar  $\bar{Z}$  en FISAT II, y  $t_{\alpha, n-1}$  es el valor crítico para rechazar la hipótesis nula para un valor aleatorio Z en la distribución t de Student en una prueba de dos colas. Para cada año t se generaron 200 valores aleatorios de Z a partir de distribuciones (truncadas para  $Z < 0$ )  $\sim N(\bar{Z}_t, s_t)$  en donde  $\bar{Z}_t$  y  $s_t$  son, respectivamente, la  $\bar{Z}$  anual y su desviación estándar. La matriz de 200 valores aleatorios de  $Z_t$  para cada año fueron analizados para probar la hipótesis nula de igualdad de medianas (test Kruskal-Wallis, Sokal y Rohlf 1981). Las medianas de los vectores anuales no son iguales ( $H=734.5$ ,  $p < < < 0001$ ) (figura 3).

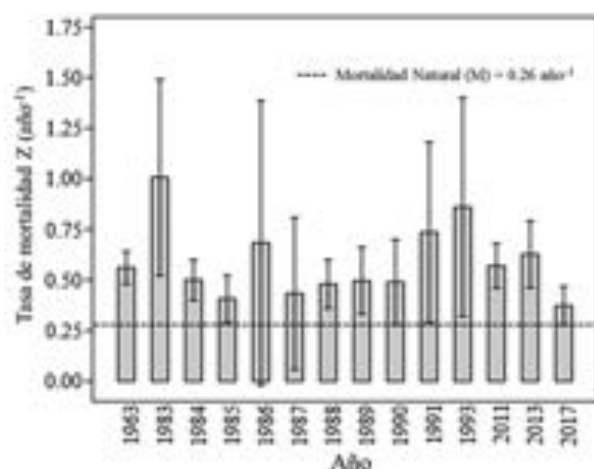


Figura 3. Comparación de los valores medios anuales de Z (límite superior de las barras grises) e intervalos de 95% de confianza los cuales se construyeron con datos generados al azar de distribuciones normales. Los límites inferiores y superiores de cada intervalo de confianza corresponden a los percentiles 2.5 y 97.5, respectivamente.

Al hacer comparaciones múltiples post-hoc (Mann-Whitney con corrección de Bonferroni) entre parejas de vectores de  $Z_t$  se observó que las Z de los años 1983, 1985 y 2017 fueron mayores a todas las demás (tabla 3). Los valores Z correspondientes a 1991 y 1993 fueron iguales entre sí y distintos a los de otros años.

Tabla 3. Comparación de igualdad de medianas de Z anuales. Se señalan en color naranja los años que son distintos a todos los demás; en verde las comparaciones que no son diferentes.

| Año  | 1963  | 1983  | 1984  | 1985  | 1986  | 1987  | 1988  | 1989  | 1990  | 1991  | 1993  | 2011  | 2013  | 2017  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1963 |       | 0.000 | 0.055 | 0.000 | 0.864 | 0.000 | 0.003 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.017 | 0.000 |
| 1983 | 0.000 |       | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1984 | 0.055 | 0.000 |       | 0.000 | 0.002 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.830 | 0.000 | 0.000 |
| 1985 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |       | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.020 |
| 1986 | 0.864 | 0.000 | 0.002 | 0.000 |       | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 |
| 1987 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.004 | 0.000 |       | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.036 | 0.000 | 0.000 |
| 1988 | 0.003 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |       | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.165 | 0.000 | 0.000 |
| 1989 | 0.001 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |       | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.187 | 0.000 | 0.000 |
| 1990 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       | 0.000 | 0.000 | 0.026 | 0.000 | 0.000 |
| 1991 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |       | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1993 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |       | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2011 | 1.000 | 0.000 | 0.830 | 0.000 | 1.000 | 0.036 | 0.165 | 0.187 | 0.026 | 0.000 | 0.000 |       | 0.262 | 0.000 |
| 2013 | 0.017 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.262 |       | 0.000 |
| 2017 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |       |

La mortalidad natural (M) se calculó mediante la ecuación empírica de Pauly (1980) contenida en la plataforma de FISAT II:

$$\ln(M) = -0.0152 - 0.279 \ln(L_{\infty}) + 0.6543 \ln(k) + 0.463 \ln(T)$$

en donde,  $T$  = temperatura media del hábitat ( $19^{\circ}\text{C}$ : Cisneros-Mata et al. 1995, Valenzuela-Quinonez 2014). La mortalidad natural estimada fue de 0.26/año.

La mortalidad por pesca ( $F$ ) y la tasa de explotación ( $E$ ) se calcularon como  $F = Z - M$ , y  $E = F/Z$ . La mortalidad total estimada para los diferentes años varió de 0.37 a 1.01; el mayor valor se observó en 1983 ( $Z = 1.01$ ) y 1993 ( $Z = 0.86$ ) y el menor en los años 1985 ( $Z = 0.41$ ) y 2017 ( $Z = 0.37$ ). La tasa de explotación más alta de la serie ocurrió en 1983, después de la veda total, y se mantuvo debajo del 50% hasta que en la década de 1990 se volvió a elevar por encima de ese punto de referencia (figura 4). La tasa de explotación más baja es la que corresponde a 2017.

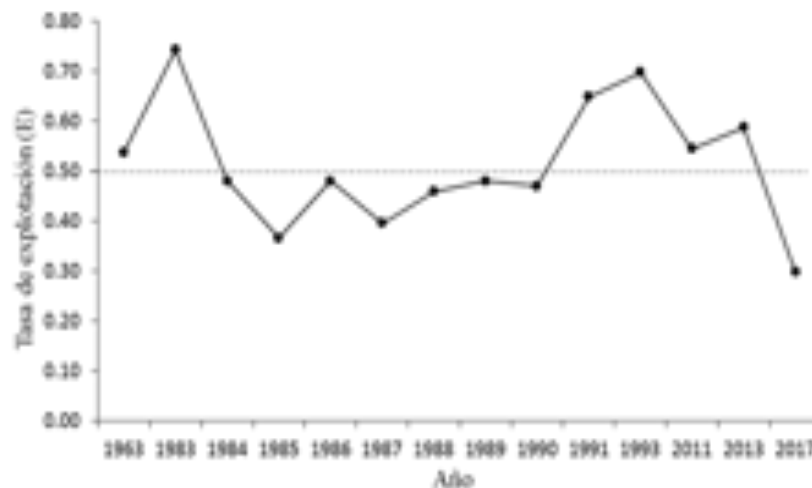


Figura 4. Variación anual de la tasa de explotación de la totoaba.

La tasa de explotación  $E$  expresa qué proporción de la mortalidad total se debe a la pesca. Un punto de referencia límite para  $E$  es 0.5 (Pauly 1984, Kwarfo-Apegyah et al. 2009, Kolding et al. 2016) por lo que se infiere que la totoaba estaba sobrexplotada antes y poco después de la veda en 1975 y de nuevo del final de la década de 1990 hasta la década de 2010. La tasa de explotación de 2017 debe tomarse con precaución porque la muestra podría representar sólo una parte de los organismos capturados. Por ejemplo, si se muestreó un número mayor al capturado de los organismos más grandes la estimación de  $Z$  estaría sesgada hacia abajo.

### Observadores científicos a bordo

Durante el periodo octubre-diciembre de 2016 se colocaron cinco observadores científicos a bordo de embarcaciones de arrastre de camarón. Además del registro de la operación de los arrastres de pesca para estimar la abundancia de juveniles y pre-adultos de totoaba, se realizaron muestreos biométricos (longitud total y peso). Esta información permitió conocer la distribución y estructura de tallas de la población de totoaba.

A los observadores científicos se les capacitó en la identificación de totoaba y se les proporcionó una guía práctica (Anexo 2). A cada observador se le proporcionó un equipo de muestreo que consistió en un geoposicionador por satélite (GPS), un ictiómetro (cinta métrica), un chaleco salvavidas, un impermeable, un par de botas, cubetas de plástico, una tabla con clip, hojas de registro y lápices; el equipo fue devuelto al finalizar el año.

### Distribución actual de totoaba

De acuerdo con datos obtenidos en el desarrollo del presente proyecto por observadores a bordo, pescadores y personas confiables, se ha confirmado la presencia de totoabas juveniles (machorros), pre-adultas y adultas (mayores a 65 cm de longitud) en las siguientes localidades: Alto Golfo de California; Puerto Lobos, Desemboque de Los Seris, El Sahuímaro, Bahía de Kino, Guaymas y Bahía de Lobos, Sonora. Asimismo, se extiende el rango de distribución a Marmol, Sinaloa, a 30 km al NW de Mazatlán a finales de 2016. Estos datos de observaciones confirmadas se presentan en el siguiente mapa (figura 5):

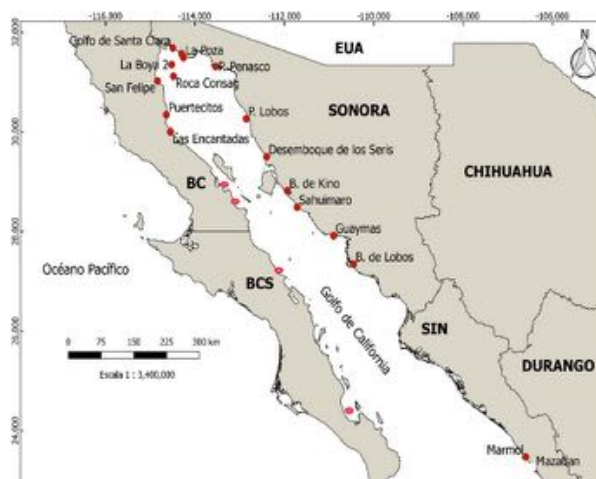


Figura 5. Registros confirmados de totoabas en 2016 y 2017.

La información sobre recolecta o avistamiento de totoaba en el Canal de Ballenas-Salsipuedes fue proporcionada por el Ocean. Oscar Pedrín (CONANP); en el caso de la Bahía de La Paz por el Dr. Antonio De Anda (CIBNOR-La Paz); y en el caso de Loreto por el M. en C. Francisco Fernández (COBI, A.C.).

### **Construcción de artes de captura y para la fuerza del blanco**

Un elemento importante para la captura de totoabas vivas, así como para la estimación de abundancia por área barrida y por eointegración, fue contar con artes de pesca apropiados. Originalmente, el arte de pesca empleado para la captura de totoabas fue una red de enmalle de fondo a la deriva, conocido también como chinchorro de línea (figura 6). El cuerpo de la red fue construido con hilo de poliamida monofilamento, de 0.95 mm de calibre o diámetro, luz de malla de 8 pulgadas, 25 mallas de calado y 800 brazas de largo. Se construyó otra red con calibre de hilo de 0.55 mm, luz de malla de 2  $\frac{3}{4}$  pulgadas, con 75 mallas de calado y 200 brazas de largo, esta última con el fin de capturar organismos de menor talla (machorros).



Figura 6. Red de enmalle para capturar totoabas vivas.

Para determinar el blanco acústico de totoabas de distintos tamaños, se construyó un bolso cúbico con paño de red sardinera con dimensiones de 20 m de largo x 15 m de ancho x 20 m de profundidad. El cubo fue construido con hilo de polietileno color negro #18 y luz de malla de 2 pulgadas. Como relinga, al cubo se le colocó cabo de seda de 1/2 pulgada en el

borde la parte superior; en la parte inferior se colocó cabo de seda de  $\frac{3}{4}$  de pulgada además de 200 kg de cadena de  $\frac{3}{8}$  de pulgada distribuido por el perímetro del fondo (figura 7).



Figura 7. Bolso cúbico de paño de red para realizar las determinaciones del blanco acústico de las totoabas vivas. A) Detalle; B) Bolso desplegado en el muelle, junto al BIP XI.

Este equipo fundamental, fue utilizado para realizar las determinaciones del blanco acústico de las totoabas vivas in situ (figura 8).



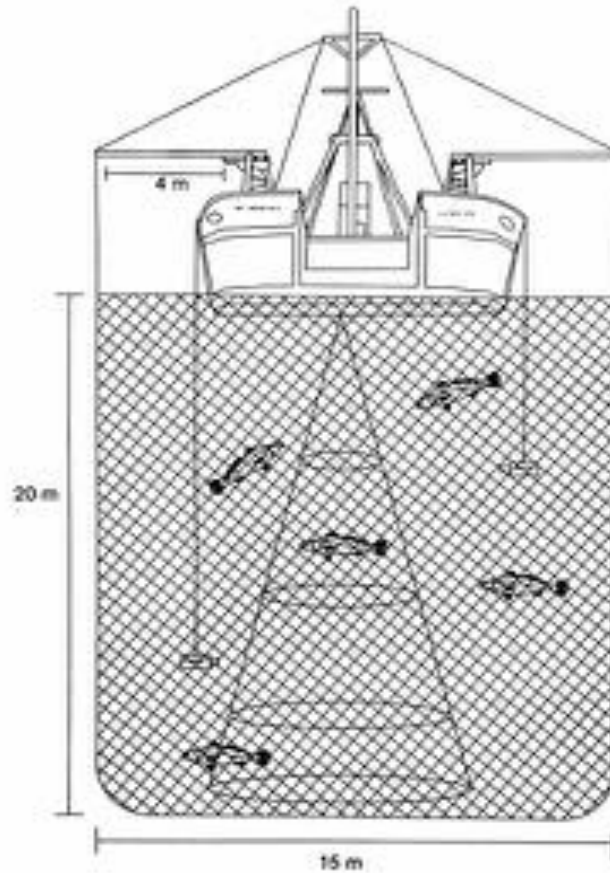


Figura 8. Diagrama esquemático de la determinación de blanco acústico. En la parte superior está el BIP XI, y en la inferior el bolso cubico de red.

La determinación del blanco acústico consistió en colocar totoabas vivas de tamaño conocido dentro del bolso cúbico, para ser insonificadas con frecuencias conocidas mediante un transductor y ecosonda científica.

### **Crucero prueba de red de arrastre (BIP XI)**

Con el fin de ser utilizadas en cruceros de eointegración para conocer la biomasa de la población de totoaba, previamente se realizaron modificaciones a una red de arrastre de media agua, propiedad del INAPESCA. Esta red de arrastre es una herramienta clave para realizar la pesca de control en la evaluación de especies por eointegración. Por ello después de haber realizado las modificaciones fue necesario evaluar su geometría y comportamiento, en un crucero con duración de 12 días diseñado para ese fin.

Durante la campaña de prospección de prueba a bordo del Buque de Investigación BIP XI propiedad del INAPESCA, realizado del 10 al 21 de noviembre de 2016, se evaluó el desempeño de la red de arrastre modificada, desplegándola en diferentes estratos de profundidad (figura 9). Se analizó la variabilidad de la abertura horizontal, abertura vertical y área de la boca, en relación con los diferentes estratos de profundidad, configuración del fondo, velocidad de arrastre, y cantidad de cable de acero largado para el arrastre de la red.



Figura 9. Pruebas realizadas para medir el desempeño de la red de arrastre de media agua modificada para capturar totoaba. El crucero se realizó en noviembre de 2016 a bordo del BIP XI, embarcación propiedad del INAPESCA.

Las observaciones de la geometría de la red (abertura horizontal, vertical y área de la boca), se realizaron con el objeto de evaluar la dinámica y conducta de la red de arrastres en 12 lances. Estas pruebas permitieron ajustar los parámetros que determinan el comportamiento de la red, así como la longitud de cable necesario para operar a diferentes profundidades. En general sus características son: red de doble tapa tipo escamera con una relinga superior de 110 pies y 33 m de longitud total sin copo. El copo mide 6 m con una malla de 3.5 pulgadas y una capacidad teórica de 3.5 toneladas. Su modificación fue introducirle una cuchilla tipo “V” de dos barras y una baya, la cual comenzó con 20 mallas y terminó en 5 mallas.

En el crucero de prueba de la red de arrastre se identificó lo que puede ser el eco de las totoabas. En este crucero, debido a condiciones anómalas de temperatura en el GolCa (ver más abajo), sólo una totoaba fue capturada en una estación, en la porción más norteña del crucero (figura 10).

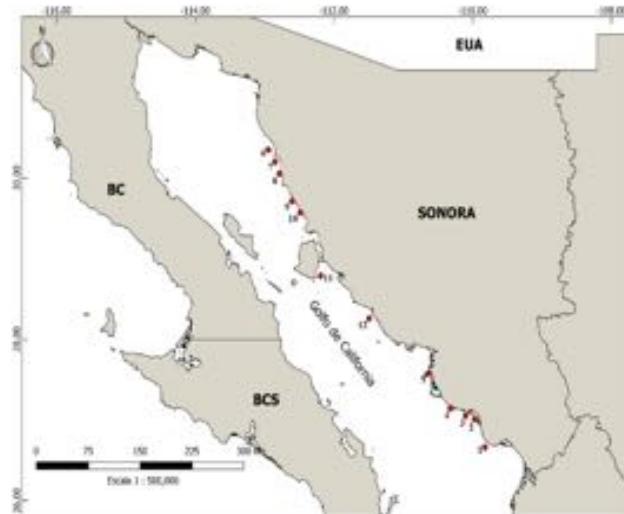


Figura 10. Estaciones del crucero de prueba de la red a bordo del BIP XI.

El análisis de los ecos registrados por el ecosonda, así como la captura de un ejemplar de totoaba de 42 cm de longitud total como fauna acompañante en la pesca de control, permitió suponer que se trataba del eco de totoaba. Esto fue probado durante la determinación del blanco acústico realizada utilizando totoabas vivas de diferentes tamaños (figura 11).

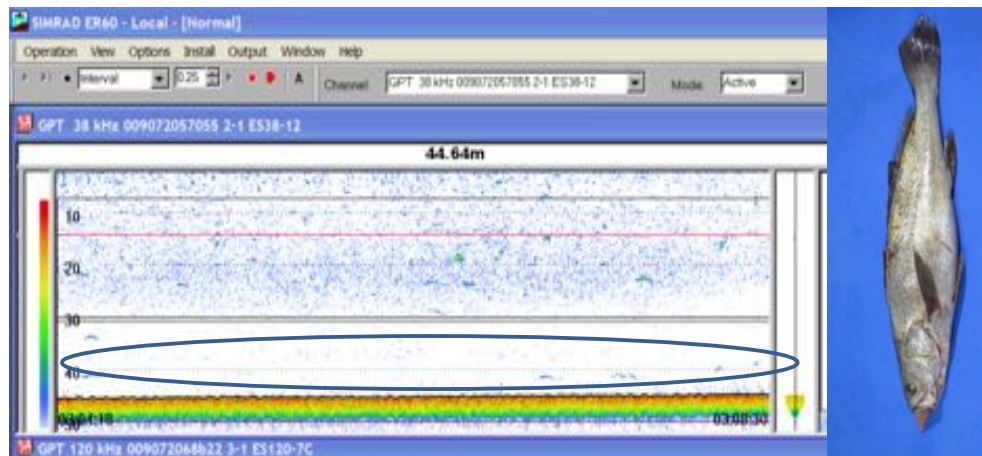


Figura 11. Muestra de registro acústico.

Las actividades del trabajo técnico constaron de lo siguiente: toma de decisiones sobre los lances, monitoreo del ecosonda, registro de parámetros, y muestreo de las capturas de cada lance. Es importante mencionar que el permiso de la Dirección General de Vida Silvestre (SEMARNAT) no llegó a tiempo, y por ello en el crucero se utilizó un permiso de pesca de fomento.

### **Permiso de colecta científica – SEMARNAT**

Para que gran parte del proyecto se llevara a cabo, el 20 de octubre de 2016 fue solicitado un permiso de captura y manipulación de totoabas ante la Dirección General de Vida Silvestre de SEMARNAT. Debido a diversos elementos relativos a trámites y cuestiones relacionadas con los procesos de este tipo, la autorización fue recibida el día 24 de noviembre de 2016 (Anexo 3). Como consecuencia, los observadores científicos a bordo no pudieron tomar muestras de los organismos, sólo se tomaron biometrías como fauna de acompañamiento.

### **Condiciones ambientales en el Golfo de California en el período del proyecto**

De acuerdo con los reportes emitidos por la Administración de Atmósfera y el Océano de los EEUU (NOAA), aunque las condiciones La Niña (agua de mar relativamente fría) prevalecían en el Pacífico ecuatorial, en el GolCa durante el mes de diciembre de 2016 persistían condiciones más cálidas al promedio (figura 12).

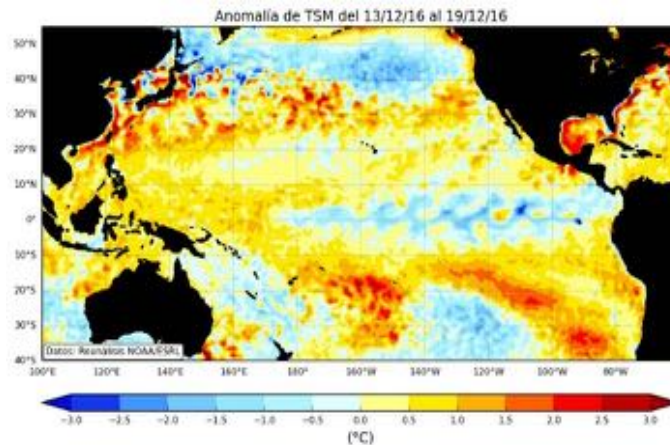


Figura 12. Temperatura del mar en el Pacífico, hasta diciembre de 2016.

En la figura anterior se nota claramente que, a mediados de diciembre de 2016, frente a la boca del GolCa persistían aguas superficiales con temperatura entre 1 y 1.5 grados Centígrados más caliente (color naranja) que el promedio. Dentro del GolCa, zona de

distribución de la totoaba, el agua del mar también estaba entre 1 y 2.5 grados Centígrados arriba del promedio.

En el 2016 se esperaba el inicio de un invierno con condiciones relativamente frías (La Niña); sin embargo, en el GolCa no se reflejaron. Si se observa el comportamiento de la temperatura superficial del mar en la costa de Sonora durante la segunda mitad de 2015 y 2016 (figura 13), se aprecia que en promedio fue más fría en 2016. Sin embargo, en octubre se acercan los promedios y en noviembre se igualan. Cabe recordar que 2015 fue un año El Niño (caliente) y que en julio y en noviembre de ambos años, las temperaturas en el agua son casi iguales.

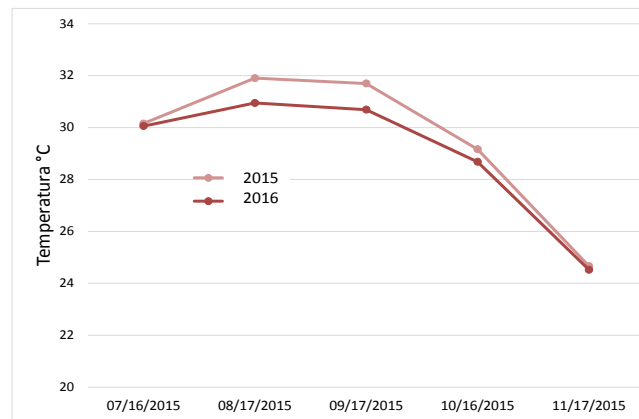


Figura 13. Temperatura del mar en la costa de Sonora en 2015 y 2016.

Como se indicó, durante los meses de otoño de 2016, dentro del GolCa se habían presentado condiciones parecidas a un Niño débil, con agua cálida. Esto parece haber afectado negativamente la presencia de totoaba en la zona de estudio.

De acuerdo con los reportes periódicos de la NOAA, en 2017 las condiciones del ambiente en el Pacífico oriental, incluido el GolCa han cambiado sustantivamente con relación al otoño de 2016 (figura 14).

**Anomalías de temperatura superficial  
25 de diciembre de 2016 – 21 de enero de 2017**

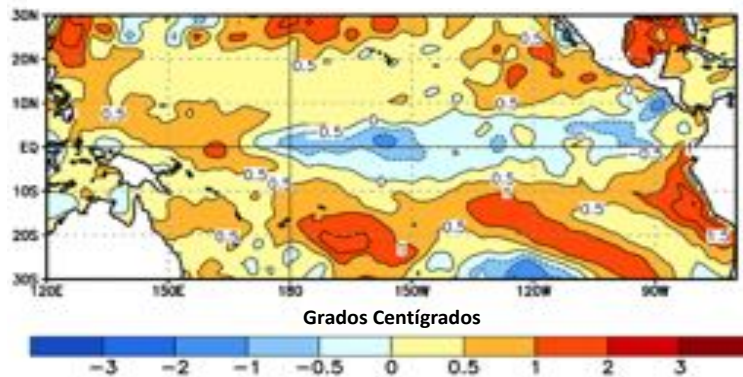


Figura 14. Cambio en las anomalías de temperatura superficial del mar en el Pacífico, de diciembre de 2016 a enero de 2017.

La figura anterior indica que en el GolCa hubo una disminución significativa en la anomalía de la temperatura superficial del mar entre diciembre de 2016 y enero de 2017. Estos cambios de temperatura observados en el Pacífico oriental y en el GolCa estuvieron en concordancia con los pronósticos de la NOAA, aunque dentro del GolCa tuvieron un desfase de más de un mes. Por otro lado, el conjunto de modelos y estadísticos de temperatura de la superficie del océano reportados por la NOAA en el Pacífico oriental, indicaron la prevalencia con mayor probabilidad las condiciones del ENSO-neutral con tendencias a La Niña durante el invierno 2016-2017 (figura 15).

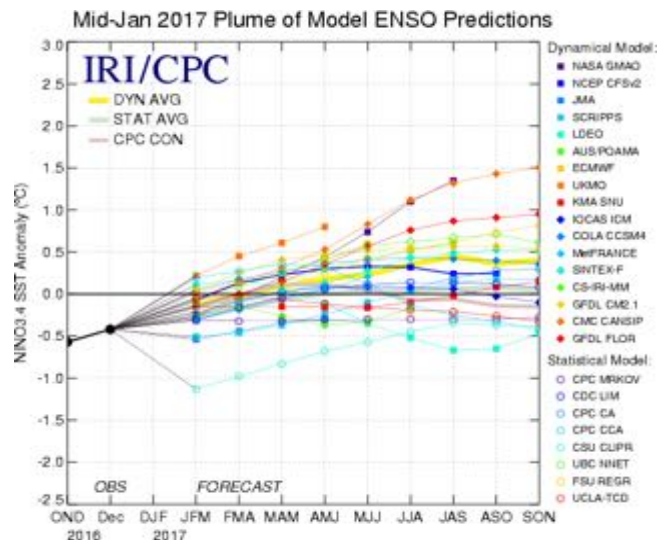


Figura 15. Pronósticos de la NOAA para el Pacífico oriental a partir de enero 2017.



Como se observa en la figura anterior y al actualizar la información (figura 16), durante el mes de mayo, continuaron las condiciones de ENSO-neutral. Aunque las temperaturas en la superficie del mar estuvieron sobre el promedio en el Océano Pacífico centro-oriental y según la predicción del conjunto de modelos, se espera que prevalezca el ENSO-neutral (50 a ~55% de probabilidad) hasta el otoño de 2017 (figuras 16 y 17).

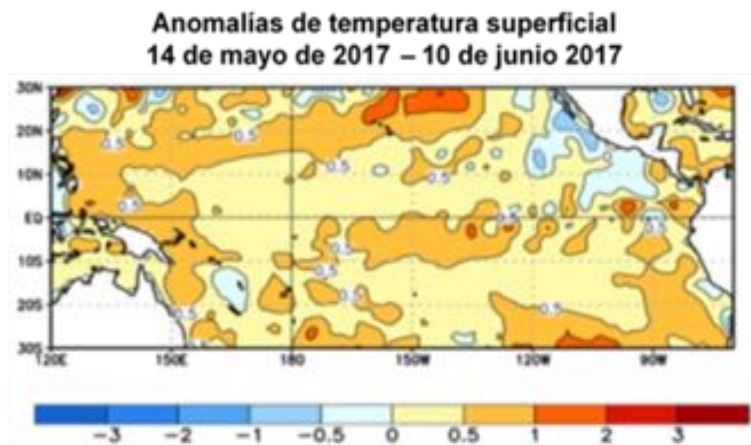


Figura 16. Cambio en las anomalías de temperatura superficial del mar en el Pacífico, de mayo 2016 a junio de 2017.

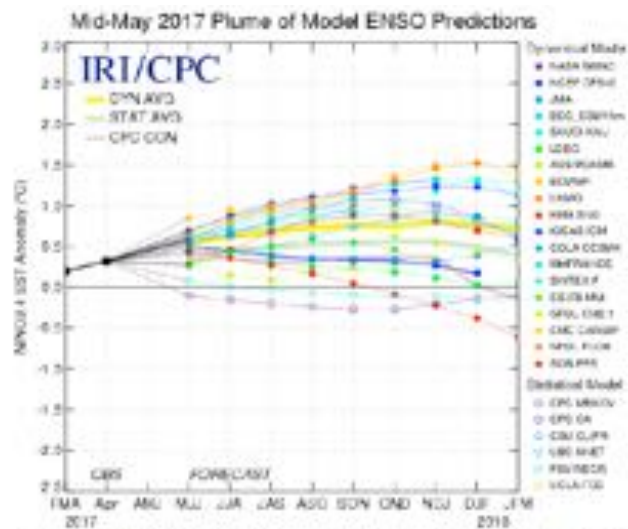


Figura 17. Pronósticos de la NOAA para el Pacífico oriental mayo 2017.

### *Cambios estacionales del Golfo de California*

Con el fin de corroborar estadísticamente las variaciones estacionales de dos variables ambientales: temperatura superficial del mar (TSM) y Clorofila a (Chl-a) en el Golfo de

california (GolCa), se dividió un año calendario en cuatro estaciones climáticas (primavera 2016: marzo, abril, mayo; verano 2016: junio, julio, agosto; otoño 2016: septiembre, octubre, noviembre e invierno 2017: diciembre, enero, febrero). El análisis de los datos (ANOVA) señaló que existen diferencias estacionales tanto en la TSM ( $F=8.997$ ,  $p \leq 0.001$ ) como en la Chl-a ( $F=45.909$ ,  $p \leq 0.001$ ). Para conocer entre qué estaciones climáticas existían diferencias estadísticas se utilizó una prueba de Tukey para ambas variables. En el caso de la Chl-a existieron diferencias significativas entre verano e invierno ( $p \leq 0.001$ ) y otoño e invierno ( $p = 0.04$ ); en el caso de la TSM existieron diferencias estadísticas entre la mayoría de las estaciones excepto entre el verano y el otoño ( $p = 0.808$ ).

#### *Comparación de tres zonas del GolCa*

Para comparar la posible variabilidad espacial se dividió el GolCa en tres zonas (figura 18). Se compararon los valores medios entre zonas de las variables ambientales TSM y Chl-a para el período marzo de 2016 a febrero de 2017.

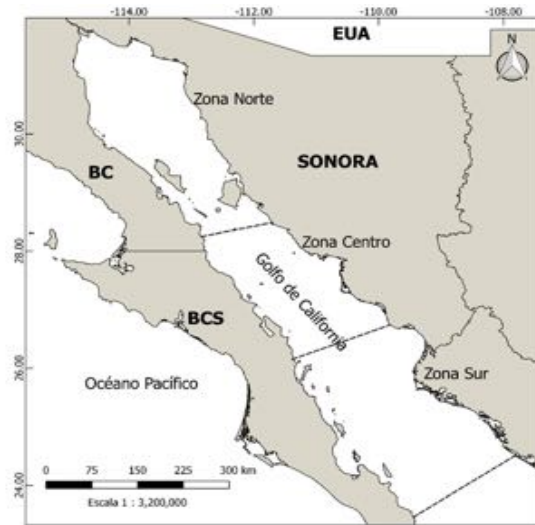


Figura 18. División del GolCa en tres zonas con el fin de analizar las variables ambientales (TSM y Chl-a) por zona.

El ANOVA indicó una tendencia creciente norte-sur de la TSM, aunque los valores medios no son significativamente distintos ( $\lambda$  de Wilks= 0.856,  $F= 1.550$ ,  $p= 0.223$ ) (tabla 4, figura 19).



Tabla 4. Resultados del ANOVA en la comparación de TSM en tres zonas del GolCa.

|            | Grados de libertad | Temperatura SS | Temperatura MS | Temperatura F | Temperatura p |
|------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Intercepto | 1                  | 28159.91       | 28159.91       | 1536.78       | <0.0001       |
| Grupo      | 2                  | 56.82          | 28.41          | 1.55          | 0.223         |
| Error      | 45                 | 824.58         | 18.32          |               |               |
| Total      | 47                 | 881.40         |                |               |               |

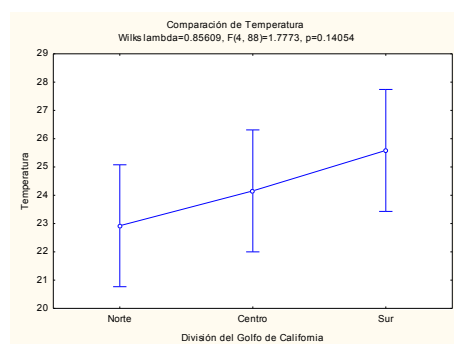


Figura 19. Comparación gráfica de la TSM en tres zonas del GolCa.

En cuanto a la Chl-a, la tendencia creciente fue en la dirección sur-norte, con valores significativamente diferentes ( $\lambda$  de Wilks= 0.856,  $F = 3.674$ ,  $p = 0.033$ ) (tabla 5, figura 20).

Tabla 5. Tabla ANOVA al comparar Chl-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en tres zonas del GolCa.

|            | Grados de libertad | Clorofila SS | Clorofila MS | Clorofila F | Clorofila p |
|------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Intercepto | 1                  | 159.02       | 159.02       | 169.63      | <0.0001     |
| Grupo      | 2                  | 6.89         | 3.44         | 3.67        | 0.0333      |
| Error      | 45                 | 42.19        | 0.94         |             |             |
| Total      | 47                 | 49.07        |              |             |             |

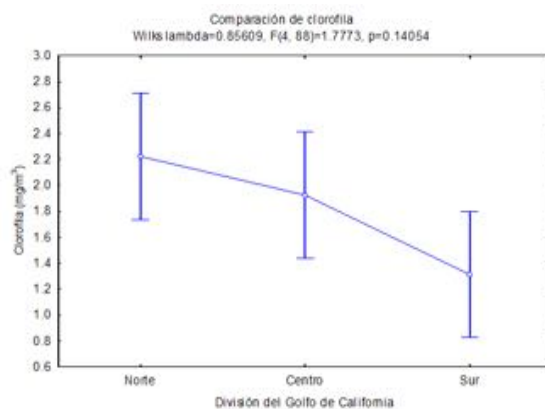


Figura 20. Comparación gráfica de la Chl-a por zona del GolCa.

*Comparación de zonas por estación del año*

Se realizó un análisis comparativo de TSM y la Chl-a entre las tres zonas del GolCa, por cada estación del año (marzo 2016-febrero 2017). El análisis indicó que durante el invierno y el otoño no existieron diferencias significativas entre las tres zonas ( $p = 0.174$ ;  $p = 0.716$ , respectivamente). Durante la primavera ( $p=0.02$ ) y el verano ( $p \leq 0.001$ ) existieron diferencias significativas entre zonas. El análisis univariado para ambas estaciones indicó que las diferencias se debieron a la Chl-a. Ambas estaciones presentaron diferencias entre la zona norte y la zona sur, con una mayor concentración de Chl-a en la zona norte que en la zona centro y sur (tabla 6, figura 21).

Tabla 6. Prueba Tukey de la variable Chl-a (mg/m<sup>3</sup>) para primavera (a) y verano (b). En sombreado se indican los valores que muestran diferencias significativas entre zonas.

## a) Primavera

|        | Norte           | Centro          | Sur             |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Norte  |                 | <b>0.022107</b> | <b>0.002175</b> |
| Centro | <b>0.022107</b> |                 | 0.112820        |
| Sur    | <b>0.002175</b> | 0.112820        |                 |

## b) Verano

|        | Norte           | Centro          | Sur             |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Norte  |                 | <b>0.000315</b> | <b>0.000299</b> |
| Centro | <b>0.000315</b> |                 | 0.980028        |
| Sur    | <b>0.000299</b> | 0.980028        |                 |

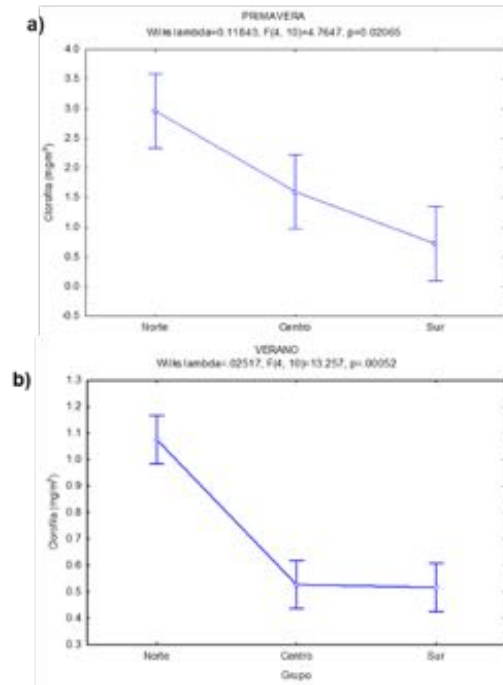


Figura 21. Comparación de las concentraciones de clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en las tres zonas, para las estaciones primavera (a) y verano (b).

### Estimación de biomasa por eointegración

Por no existir antecedentes para la totoaba, esta componente del proyecto generó retos de distinta índole, prácticamente todos relacionados a la captura de organismos pre-adultos y adultos en el campo y su traslado a los sitios en donde fueron requeridos. Para aplicar este método de estimación de abundancia se debe determinar el blanco acústico (TS) de los organismos, el cual depende fundamentalmente de su tamaño, entre otras cosas. Los organismos vivos utilizados para obtener el TS fueron de tres grupos, dos de ellos proporcionados por el CREMES y un tercer grupo capturado en el campo.

#### *Traslado de juveniles del CREMES para el blanco acústico*

En el mes de enero y parte de febrero de 2017 se realizaron los preparativos para llevar a cabo la determinación del blanco acústico (TS) de juveniles de totoaba. Esto incluyó avituallamiento y despacho del BIP XI, embarcación propiedad del INAPESCA, así como la planificación de las actividades en general y fabricación e instalación del soporte transductor de la ecosonda EK80 a bordo del BIP XI.

A finales de febrero se hicieron las gestiones y los preparativos para el traslado de organismos juveniles de totoaba desde el CREMES (Bahía de Kino), instalaciones de cultivo y engorda de organismos acuáticos del Gobierno de Sonora, hasta la Bahía de Guaymas (Cabo Haro) en donde se fondeó el BIP XI para realizar los trabajos de determinación del TS de esos juveniles. El fondeo del BIP XI y colocación de la jaula o red/bolso cúbico se llevó a cabo el día 23 de febrero (figura 22).



Figura 22. Detalle del arreglo del BIP XI y el bolso cúbico para determinar el TS de totoabas.

Ese mismo día fueron transportados 24 organismos, con un rango de talla de 30-45 cm LT y un peso total entre 400-600 gr. Estos juveniles de totoaba fueron trasladados en un pick-up propiedad del INAPESCA equipado con un tanque de 1.5 m x 1.5 m x 0.7 m, hasta las instalaciones de Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas (CRIP-Guaymas) (figura 23).



Figura 23. Pick-up donde fueron transportados los organismos juveniles de totoaba.

Posteriormente fueron colocadas en bolsas de plástico saturadas de oxígeno y colocadas en hieleras para evitar la exposición al sol, para ser transportadas en una embarcación menor propia del INAPESCA hacia el BIP XI (figura 24).



Figura 24. Momento en que las totoabas juveniles son transportadas en bolsas con agua cargadas de oxígeno, a bordo de embarcación menor al sitio de fondeo del BIP XI.

Al llegar al BIP XI, los organismos fueron verificados para ver si se encontraban en las condiciones favorables para poder ser colocados dentro de la jaula o red/bolso en el mar. Antes de ser colocados en el bolso, se registró la longitud total y la hora de liberación (figura 25).



Figura 25. Colocación de juveniles de totoaba dentro del bolso de red para determinar su TS.

Una vez introducidas las totoabas en la jaula, se esperó a que los organismos fueran detectados por el transductor de la ecosonda EK80 para recibir el eco emitido por la vejiga natatoria de los organismos. La vejiga actúa como caja de resonancia; cada vez que los organismos pasaban bajo el haz del transductor se registraban las detecciones de las totoabas (figura 26). Una vez obtenido un número suficiente de ecos para utilizar esos datos en la detección de la función del blanco acústico de las totoabas, se procedió a la liberación de las totoabas vivas y a levantar el bolso cúbico.



Figura 26. Detecciones del eco de totoabas.

### *Intentos de captura*

A principios del mes de marzo comenzaron los preparativos para llevar a cabo la captura de organismos vivos de totoaba. Para ello, se contaba con las redes de enmalle (chinchorros) previamente elaborados con recursos del proyecto. Se tenía planeado llevar a cabo las capturas en la zona costera adyacente a Bahía de Lobos con el apoyo de pescadores del lugar. Sin embargo, no fue posible debido a que los pescadores informaron que no se habían tenido registros de captura incidental en ese sitio.

El primer intento de captura se realizó en sitios cercanos al Puerto de Guaymas. Pescadores con conocimiento del área compartieron la existencia de pescaderos temporales de totoaba cercanos al lugar donde sería fondeado el BIP XI para realizar la determinación del blanco acústico. La primera semana de marzo se realizó el primer intento de captura, en el que se utilizó el chinchorro de 200 brazas de largo. Se realizaron lances por la noche y durante la

madrugada (figura 27); debido a condiciones de viento excesivo y marejada el intento fue fallido.

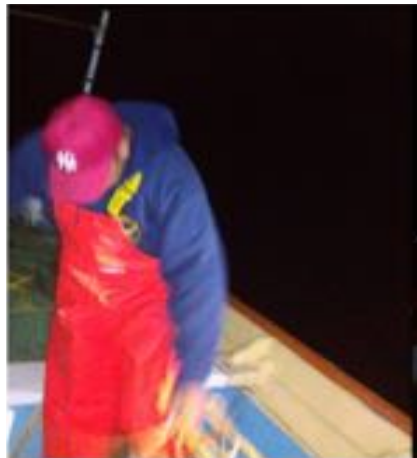


Figura 27. Detalle del intento de captura de totoaba en las proximidades de Guaymas.

Se tomó la decisión de acudir a la zona Puerto Lobos, al norte de Sonora, así como en El Desemboque de los Seris; pronto se descartó el último sitio por la dificultad de acceso. Para ambos lugares se tiene conocimiento de registros de captura de totoaba. La salida se programó para finales de marzo, en Puerto Lobos, aunque no se tuvo éxito. En otro intento se hicieron preparativos para la captura en El Golfo de Santa Clara del 5 al 9 de abril, de igual manera el intento fue fallido.

#### *Captura de totoabas adultas vivas en Alto Golfo*

En un intento más, del 21 al 29 de abril se logró la captura de nueve totoabas adultas a bordo de dos embarcaciones menores en la zona del Alto Golfo (figura 28). Cada embarcación contaba con cuatro tripulantes: dos pescadores y dos técnicos. Los artes de pesca utilizados fueron: chinchorro de línea de 100 brazas de largo para la captura de carnada (sierra y chano) y una cimbra con 200 anzuelos tableados del #3 para la captura de totoabas.





Figura 28. Detalle de la captura de carnada.

La faena de pesca de totoabas se llevó a cabo por la madrugada, mañana, tarde o de noche. Primeramente, se utilizó el chinchorro de línea para la captura de carnada; cada lance era de aproximadamente una hora. La carnada fue cortada en trozos para colocarla en los anzuelos de la cimbra; cada lance tuvo una duración aproximada de una hora y media (figura 29).



Figura 29. Detalle del encarnado de la cimbra para la captura de totoaba.

Después de varios intentos, el 25 de abril a las 2 pm se logró la captura de seis organismos en el sitio conocido como “La Boya 2” ubicado al sur de El Golfo de Santa Clara (figura 30).





Figura 30. Detalle de totoaba capturada con cimbra.

Tres totoabas más fueron capturadas el 27 de abril en el sitio conocido como “La Poza” cerca de “El Tornillal” al sureste de El Golfo de Santa Clara alrededor de las 10 pm (figura 31).

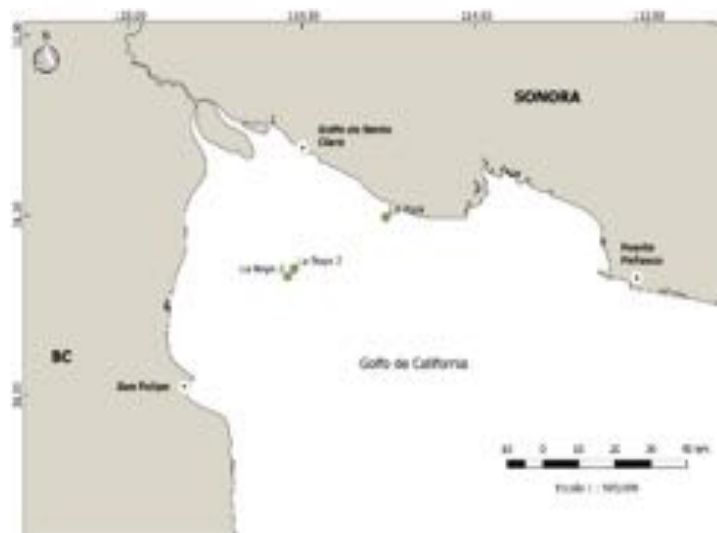


Figura 31. Sitios en donde fueron capturadas las totoabas adultas.

Los organismos capturados fueron colocados en un vivero en una de las pangas, y en los cajones de otra panga para su traslado a El Golfo de Santa Clara (EGSC). Para reducir efectos de barotrauma fue necesario punzar la vejiga natatoria de los organismos. Durante el trayecto de los sitios de captura a EGSC se hicieron recambios de agua cada 15 minutos, así como aireación manual. El transporte duró alrededor de dos horas que coincidieron con fuerte marejada (figura 32).



Figura 32. Detalle del traslado en pangas de totoabas.

En la playa de EGSC previamente se había instalado un sistema de aclimatación en donde fueron colocados los organismos hasta el momento de su traslado vía terrestre a las instalaciones del CREMES, ubicado en Bahía de Kino, Sonora. De las nueve totoabas, el 66.6% sobrevivieron; el rango de tallas fue de 122 a 153 cm de longitud total.

#### *Traslados de adultos al CREMES*

Después de su aclimatación en playa, seis totoabas adultas vivas fueron trasladadas en un camión de carga (“rabón”) refrigerado desde EGSC hasta las instalaciones del CREMES (Bahía de Kino). Cuatro totoabas fueron trasladadas el día 26 de abril y dos más el 28 de abril. A bordo del camión, los organismos fueron colocados en viveros circulares con agua marina filtrada. Cada vivero fue equipado con aireación continua y oxígeno puro. Los organismos fueron distribuidos en los viveros de acuerdo con su tamaño, buscando mantener una baja densidad de biomasa. Para evitar estrés a las totoabas y minimizar el derramamiento de agua, los viveros fueron cubiertos con lona.

Durante los traslados, en cada vivero se monitorearon parámetros fisicoquímicos del agua (temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH y turbidez). Para los recambios de agua, se transportaron dos tinacos de 1,100 litros cada uno, llenos de agua de mar a los cuales se les suministraba hielo para mantener la temperatura del agua cerca de los 19°C (figura 33). Se hicieron recambios de agua en dos ocasiones, hasta llegar a las instalaciones del CREMES.



Figura 33. Transporte de adultos de *Totoaba macdonaldi*.

El trayecto de EGSC al CREMES duró aproximadamente 14 horas. Los ejemplares fueron transferidos del camión a los estanques del CREMES en una camilla de lona elaborada con ese fin. Los organismos fueron transportados a los estanques rectangulares de concreto, los cuales cuentan con flujo constante de agua (figura 34).



Figura 34. Arribo a las instalaciones de CREMES.

Durante el traslado sobrevivieron cinco de los seis organismos transportados; durante su aclimatación en los estanques del CREMES murió uno más, quedando cuatro totoabas vivas con las que se realizó el TS dos semanas después de su captura.

#### *Determinación del blanco acústico de totoaba*

Durante dos semanas se mantuvieron en recuperación las cuatro totoabas sobrevivientes, con las cuales posteriormente se realizó la determinación del blanco acústico (TS). Aprovechando la oportunidad de que el BIP XI se encontraba realizando el crucero de

hidroacústica de totoaba en la parte norte del GolCa, se contempló realizar el TS en un sitio cercano a las instalaciones del CREMES. El BIP XI fue fondeado en un sitio con profundidad de 25 m y en una zona adecuada para el refugio contra los vientos y oleaje. Por la dirección de los vientos, el barco fue fondeado frente a la Ensenada del Perro, al sureste de Isla Tiburón, a 30 km de distancia de las instalaciones del CREMES. Una vez fondeado el barco, marineros y personal técnico a bordo con apoyo de los buzos del CRIP Guaymas realizaron maniobras para la colocación del bolso cúbico para insonificar las totoabas con la ecosonda científica.

Las totoabas fueron trasladadas en embarcaciones menores arrendadas a pescadores de Bahía de Kino, equipadas con lo necesario: agua, oxigenación y bombas de achique para los recambios de agua. Personal del CREMES apoyó en el traspaso de las totoabas a cada embarcación menor para llevarlas al BIP XI (figura 35). Cabe mencionar que las totoabas fueron colocadas individualmente en los cajones de las embarcaciones.



Figura 35. Maniobras en CREMES para el traslado de totoabas adultas al BIP XI.

Durante el trayecto se realizaron recambios de agua cada 15 minutos. El trayecto tuvo duración aproximada de hora y media hasta el BIP XI. Al llegar al sitio, la embarcación se colocó a un costado del bolso y con ayuda de una manta utilizada como camilla, cuidadosamente se colocaron las totoabas dentro del bolso (figura 36). Se realizaron cuatro viajes de las embarcaciones menores del CREMES al BIP XI.

Las totoabas de tamaño conocido fueron colocadas una a una en el bolso e inmediatamente inició su insonificación y el grabado de los ecos. Una vez obtenido el número de ecos suficiente (aproximadamente dos mil registros) detectados por el transductor de la ecosonda científica para determinar blanco acústico de las totoabas, dio inicio la maniobra de retirar

el bolso cúbico y el rescate de los organismos vivos, que fueron regresados al CREMES. Tres ejemplares lograron regresar vivos, dos en buen estado y uno en estado crítico.



Figura 36. Traslado de totoabas adultas vivas del CREMES al BIP XI y colocación en el bolso cúbico.

#### *Intento de determinación del TS de totoabas medianas*

Hasta el momento se contaba con registros del blanco acústico de organismos juveniles (20-45 cm) y de adultos de tallas mayores a 110 cm, los cuales son una fracción de la población de totoaba. Con el fin de obtener un valor medio de la recta para la estimación del TS, se procedió al intento de captura de organismos de talla mediana (60-100 cm). De acuerdo con los pescadores de la región de San Felipe, B.C., estos rangos de tallas se pueden capturar en Rocas Consag, frente a San Felipe, así como en Las Encantadas, al sur de San Felipe.

Para ello, se realizó una campaña del 15 al 18 junio a bordo del UNICAP XVI con el objetivo de capturar totoabas de tallas medianas para determinar el TS. Los intentos de captura se realizaron con caña de pescar (figura 37). En total se realizaron intentos de captura durante 22 horas aproximadamente, pero no se logró obtener éxito, por lo que no se pudo realizar la determinación del TS de totoabas medianas.



Figura 37. Intentos de captura de totoabas medianas para la determinación del TS.

### *Crucero de hidroacústica*

Para aplicar el método de ecointegración y estimar la abundancia poblacional de totoaba se realizó una campaña a bordo del BIP XI del 27 de abril al 23 de mayo de 2017. La zona de estudio abarcó los litorales de los estados de Sonora, Baja California y norte de Sinaloa (figura 38), navegando un aproximado de 1,720 millas náuticas (MN).



Figura 38. Derrotero del crucero de totoaba abril-mayo de 2017.

Los lances, de 30 minutos cada uno, se realizaron con la misma red experimental modificada para totoaba y probada en noviembre de 2016. Se trata de una red tipo escamera



de doble tapa, con relinga superior de 33 m y longitud total también de 33 m sin bolso. El bolso es de 6 m, con una luz de malla de 3.5 pulgadas y capacidad teórica para captura de 3.5 toneladas (figura 39).



Figura 39. Red modificada utilizada para los lances de pesca de control.

Se utilizó una ecosonda científica para registrar los ecos, así como una sonda de conductividad y un CTD para conocer las condiciones del agua a distintas profundidades durante el crucero. Se realizaron 32 lances de pesca de control y de cada uno se hicieron biometrías de la fauna, incluyendo ejemplares de totoaba (figura 40). Los lances de pesca de control se realizaron en sitios con profundidades variables entre 8 y 225 m de profundidad. El CTD se bajó a una profundidad máxima de 225 m.



Figura 40. Detalles del muestreo de la fauna en el crucero de hidroacústica del BIP XI.

Cabe destacar que durante esta campaña se capturaron tres totoabas juveniles, con un peso medio de 700 gr y longitud total de 30, 41.3 y 41.7 cm, respectivamente. Estos ejemplares

se capturaron en las coordenadas 31.265N, 113.906W (cerca de Puerto Peñasco) y 30.722N, 113.329W (cerca de El Desemboque de Caborca) a profundidades de 27 y 74 m.

#### *El blanco acústico de la totoaba*

Cuando un objeto es insonificado por un instrumento acústico, parte de la energía transmitida considerada localmente plana, es reflejada como eco directamente hacia el instrumento (retro-dispersada) de manera esférica. A la medición de la proporción de la energía retro-dispersada por el objeto se le conoce como fuerza de blanco o “Target Strength” (TS) (Simmonds y MacLennan 2005). Una función común del TS es semi-logarítmica:

$$TS = m \log_{10} (L) + b$$

en donde TS es la fuerza media del objetivo (medida en dB), L es la longitud del pez (cm) y m y b son constantes (McClatchie et al. 2003). Para los valores de TS los valores se asociaron a tres grupos de totoabas de longitud total de 34 a 131 cm LT. Para los tres grupos de tamaño los valores de TS variaron entre -52 y -17.5 dB (figura 41).

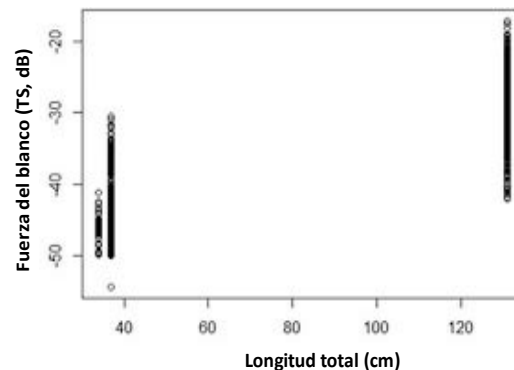


Figura 41. TS de totoabas verificados como ecos individuales de tres grupos de longitud total promedio.

El modelo resultante de TS para *Totoaba macdonaldi* fue  $TS = 29.24 \log LT - 91.1$  ( $r^2=0.778$ ,  $p<<<0.001$ ,  $n=1,235$ ). Este es uno de los resultados sin precedente de la ejecución del presente proyecto no solo en México. Además, ahora se cuenta con el equipo



y la experiencia en la captura, manipulación y traslado de organismos vivos para realizar este tipo de determinaciones para otras especies.

La ecointegración se realizó en unidades de muestreo (ESU) de 1 mn desde los primeros 4 metros por arriba del fondo en una sola capa de profundidad con un nivel umbral de Sv (volume backscattering coefficient) de -47 dB. De esta forma se obtuvieron los valores del coeficiente de retro-dispersión por milla náutica cuadrada ( $\bar{S}_A$  o NASC, Nautical Area Scattering Coefficient). La función TS se utilizó para calcular el coeficiente esperado de retro-dispersión de la sección transversal de un individuo ( $\sigma_{bs}$ ) mediante la relación (Simmonds y MacLennan 2005):

$$\sigma_{bs} = 10^{TS/10}$$

La densidad de peces  $\rho_a$ , en número de individuos por unidad de superficie ( $mn^2$ ) se obtuvo mediante la siguiente expresión:

$$\rho_a = \frac{\bar{S}_A}{4\pi\sigma_{bs}}$$

en donde  $\bar{S}_A$  = coeficiente de retro-dispersión por milla náutica cuadrada.

La biomasa promedio de totoaba en el área cubierta en el crucero se calculó multiplicando la densidad ( $\rho_a$ ) por el peso promedio ( $\bar{W}$ ) de las totoabas en la zona (expresado en toneladas):

$$\bar{B} = \rho_a \bar{W}$$

Los mayores valores de  $\bar{S}_A$  ( $m^2/(mn^2)$ ) se encontraron en el Alto Golfo, incrementándose hacia la parte más norteña. Las zonas cercanas a Puerto Peñasco y Santo Tomás mostraron valores intensos de  $\bar{S}_A$ ; son las mismas zonas donde se corroboró la presencia de totoaba en las agregaciones de peces demersales en los lances de control del crucero. Entre Puerto Lobos y Puerto Libertad, donde personal del CRIP-Guaymas ha corroborado en más de una ocasión la presencia de totoaba, también se registraron grandes valores de  $\bar{S}_A$ . La energía acústica también estuvo bien representada alrededor de Isla Tiburón, los Bajos del Cardonal y en las partes más sureñas como Topolobampo, aunque en menor proporción (figura 42).

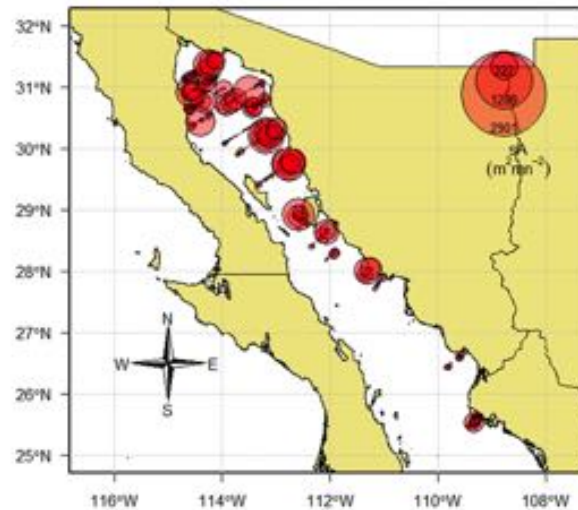


Figura 42. Distribución geográfica de  $\bar{S}_A$  (en  $m^2/mn^2$ ) asociado a especies demersales presentes en el área cubierta en el crucero de levantamiento acústico para totoaba.

La longitud total (LT) promedio considerada como base para la totoaba durante este estudio fue de 88 cm, estimada con base en los organismos capturados en el área de estudio durante la prospección y unas semanas antes durante un experimento. El peso promedio utilizado para convertir la abundancia numérica a biomasa se estimó utilizando la relación peso-TL:  $W = 0.000005 * LT^{3.0635}$  (de Anda-Montañez et al. 2013), lo cual arrojó un valor de 4.528 kg. En la estimación de biomasa se utilizó la función TS anteriormente descrita para la frecuencia de 38 kHz, que junto con la biomasa promedio permitió estimar la biomasa de totoaba para la primavera de 2017 en el área prospectada que se estimó en 9,000  $mn^2$ . La biomasa total fue de 36,429 t. El intervalo de confianza del 95% para el estimado de biomasa de totoaba (desviación estándar de 13.54422,  $n=547$ ), indicó que la biomasa de totoaba se encuentra entre 25,709.37 y 47,149.24 t.

Si bien los lances positivos para totoabas en el crucero de eointegración fueron sólo tres, esto no invalida la estimación porque se utilizó la función del TS para discriminar otras posibles fuentes de energía (ecos) para diferentes tamaños. Esta es la primera estimación de biomasa con métodos acústicos para esta especie, aunque no lo es para la familia Sciaenidae. Rowell et al. (2017) estimaron mediante acústica pasiva y activa entre 2,133 y 2,145 toneladas de curvina golfina, *Cynoscion othonopterus* en el delta del Río Colorado. La asignación de energía acústica de totoaba en el futuro deberá ser más eficiente conforme

se genere información adicional sobre densidad y tamaño de las agregaciones, mayor eficiencia de pesca de control y cobertura geográfica apropiada cuando su distribución sea más favorable respecto al movimiento horizontal y vertical en la prospección. De acuerdo con el valor estimado, el estado actual de la totoaba es de un nivel mucho más alto que el estimado por Lercari y Chávez (2007) para la década de 1940, para el que los niveles poblacionales eran más altos, aunque los métodos no son directamente comparables.

### **Biomasa de reproductores**

Con base en información bibliográfica sobre el período de desove de la totoaba, se hizo una recolección de plancton en el Alto Golfo de California (AGC). Para esto se diseñó una red de 50 estaciones distribuidas desde el delta del Río Colorado hasta el campo pesquero Puertecitos por la costa peninsular, y del delta del Río hasta Puerto Peñasco en la costa continental (figura 43).

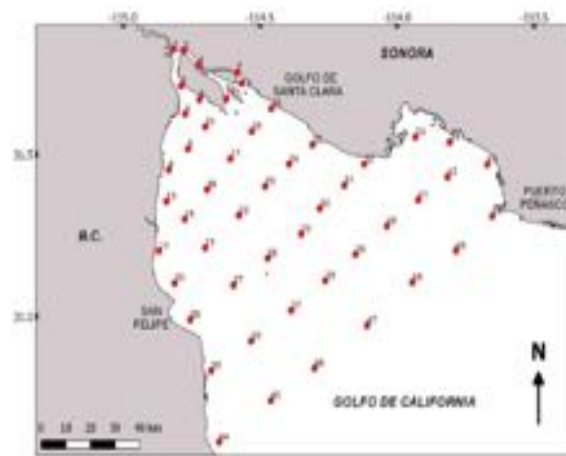


Figura 43. Red de estaciones de muestreo de plancton en el Alto Golfo de California.

Debido a la extensión del área de estudio, esta se dividió en cinco zonas para llevar a cabo los muestreos de arrastre de plancton: dos zonas (I y II) del lado del Golfo de Santa Clara, Sonora, dos zonas (III y IV) del lado de San Felipe, B. C., y una zona (V) que comprendió la travesía desde Puerto Peñasco, Sonora, hasta Puertecitos, B.C. (figura 44). En cada zona se realizaron muestreos mensuales de manera simultánea a bordo de embarcaciones

menores de 22 pies de eslora con motor fuera de borda de 150 Hp y a bordo del Buque de Investigación UNICAP XVI.

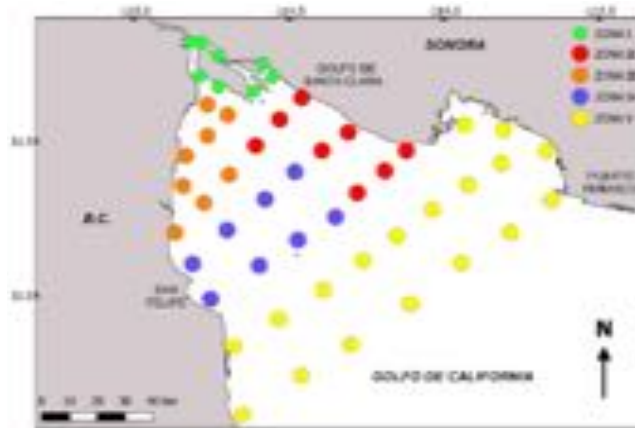


Figura 44. Estaciones de muestreo de plancton divididas por zonas.

Durante cada campaña el personal técnico utilizó un GPS marca GARMIN e-trex. Se registraron en bitácoras los siguientes parámetros: posición geográfica, número del lance, estación, temperatura superficial del mar, profundidades de la zona de muestreo, intensidad de los vientos y lecturas del flujómetro.

Para la recolecta de plancton se realizaron arrastres sub-superficiales ( $\pm 20$  cm de profundidad), durante cinco minutos en dirección circular a velocidades de entre 2.5 y 3 nudos. Se utilizaron redes para zooplancton, cónicas con boca de 60 cm de diámetro y luz de malla de  $335\mu$  (micras), equipada con un flujómetro marca General Oceanic con paleta para flujos rápidos (figura 45). Las muestras obtenidas se colocaron en frascos de 500 ml debidamente marcados y etiquetados, se fijaron en alcohol al 90%, se colocaron en cajas transportadoras para protegerlas del sol y se almacenaron para su posterior análisis.



Figura 45. Actividades realizadas durante la recolecta de muestras de plancton.

A bordo del UNICAP XVI se tenía contemplado realizar cinco campañas de recolecta de plancton en la zona V. Por cuestiones administrativas y/o ambientales solo se pudieron realizar dos; el resto se realizaron a bordo de embarcaciones menores arrendadas a los pescadores locales.

La primera campaña de recolecta de plancton a bordo del UNICAP XVI se realizó del 23 al 24 de mayo del 2017. El derrotero cubrió el área marítima comprendida entre “La Choya” en Puerto Peñasco, Sonora hasta “Puertecitos” en Baja California, cubriendo un total de 18 estaciones y utilizando la misma metodología de recolecta que las realizadas en las embarcaciones menores. La siguiente campaña se realizó del 15 al 18 de junio de 2017. En esta ocasión solo se logró realizar cuatro arrastres de plancton en las estaciones 49, 47, 38, 45.

#### *Traslado de muestras al CICIMAR*

Un total de 274 muestras de plancton de siete campañas (tabla 7) realizadas de enero a junio del presente año fueron enviadas para su análisis al laboratorio del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), La Paz, BCS, a cargo de la Dra. Laura Sánchez.

Tabla 7. Envío de muestras de plancton al laboratorio del CICIMAR, La Paz, BCS.

| Técnico                 | Fecha de envío                 | Número de muestras |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Alejandra Apolinar Romo | Del 8 al 10 de febrero de 2017 | 46                 |
| Marcelo Vidal Curiel    | Del 04 al 09 de abril de 2017  | 76                 |
| Marcelo Vidal Curiel    | Del 16 al 19 de mayo de 2017   | 70                 |
| Marcelo Vidal Curiel    | Del 12 al 16 de junio de 2017  | 82                 |

Antes de realizar el envío se revisó la cantidad de material biológico recolectado con el fin de identificar muestras que sobrepasaron 200 ml de material, y recambiar el alcohol para su preservación. Las muestras se colocaron en cajas asegurando la verticalidad de los frascos con hule espuma o cartón y se transportaron vía terrestre y marítima hasta el puerto de La Paz, B.C.S.

### *Procesamiento de muestras*

En el laboratorio de las instalaciones del CICIMAR se llevó a cabo la identificación de los organismos planctónicos utilizando claves taxonómicas específicas para cada grupo hasta el nivel de género o especie. Previamente se realizó la determinación del bio-volumen recolectado mediante el método de desplazamiento de volumen (Kramer et al. 1972, Beers 1976). Esto consiste en separar de la muestra todo el material gelatinoso y organismos juveniles, retirar el contenido de agua intersticial y medir el volumen que desplaza la muestra en una probeta graduada (figura 46).



Figura 46. Determinación del bio-volumen mediante el método de desplazamiento de volumen.

Al concluir la determinación del bio-volumen este se colocó en frascos de 250 ml con alcohol al 80%.

La separación y conteo del plancton se realizó primero a nivel de familia mediante observación directa en el microscopio estereoscopio con aumentos de 5x y 10x (figura 47). En los casos en que la muestra sobrepasó los 100 ml de bio-volumen, se realizó un sub-muestreo con la ayuda del separador Folsom. La identificación de sciánidos y posibles larvas de totoaba se realizó con las claves de identificación de larvas de peces de la FAO.



Figura 47. Separación y conteo del ictioplancton en el CICIMAR.

### *Identificación correcta de larvas de totoaba*

Para apoyo en la identificación de huevos y larvas de totoabas recolectadas en los muestreos, el Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) proporcionó seis muestras desde la etapa de huevo fecundado hasta los primeros 30 días de edad de las larvas de totoaba. Los organismos fueron colectados con ayuda de una pipeta y colocados en viales con alcohol al 80%. Las muestras se trasladaron al laboratorio de CICIMAR con la finalidad de generar una guía de identificación de la especie (figura 48), y estar en posibilidad de confirmar posibles larvas de totoaba encontradas en las muestras de plancton recolectadas en el Alto Golfo.



Figura 48. Muestra los diferentes estadios de las larvas cultivadas en el CREMES: A) Larvas en estadio de pre-flexión, B) Larvas en estadio de post-flexión temprana, C) Juveniles tempranos de totoaba.

Con el fin de confirmar la identificación, se analizaron genéticamente 30 larvas de posibles totoabas pertenecientes al muestreo del 20 de marzo. Mediante PCR se confirmó que 16 larvas eran de *Totoaba macdonaldi*. Para el análisis genético se empleó la técnica de Hyde et al. (2005), utilizando la larva completa cortada en pedacitos en tubos esterilizados de 0.2 ml con 150 µl de Chelex 100 (10%) y 5 µl de Proteinasa-K (4 mg/ml). Se incubó a 60 °C por 20 minutos. Posteriormente se calentó a 103 °C por 25 minutos para detener la acción de la Proteinasa-K y se almacenó a -20 °C previo a la PCR. Solo se utilizó el sobrenadante (que contiene el ADN genómico) para la PCR. Se amplificaron las fracciones del citocromo c oxidasa subunidad I (COI), empleando los indicadores apropiados (Ivanova et al. 2017, Ward et al. 2005).

Los productos de PCR se analizaron mediante electroforesis de geles de agarosa (1%) durante 30.60 min a 80 Voltios. Los geles se tiñeron con SybrGold™ (1X) durante 15-20 min y se visualizaron con un foto-documentador (UVP BioDoc-it™ Imaging System). Se midió la concentración y calidad de los PCR mediante un Nanodrop (NANODROP 2000, Thermo Scientific) con lecturas de densidad óptica en longitudes de onda 260 y 280 nm. Los productos de PCR con una concentración igual o mayor a 100 ng/μl y lecturas > 1.7 de la proporción 260/280 nm se enviaron a secuenciar en ambos sentidos a Macrogen (Corea) en un secuenciador automatico ABI PRISM 3730XL.

Las secuencias de cada individuo fueron alineadas y verificadas con el programa MEGA5 (Tamura et al. 2007). Se obtuvo una secuencia de cada individuo por la conciliación de las secuencias de las dos hebras de ADN secuenciadas de manera independiente. Una vez obtenidas las secuencias de cada individuo, estas se alinearon usando Clustal W (MEGA5), vers. 1.83 (Thompson et al., 1994). Con las secuencias obtenidas de cada uno de los morfotipos se realizó un análisis de homologías con las secuencias de la base de datos de GenBank y con la ayuda del programa BLAST®, para descartar que fueran especies de otras familias. Se obtuvieron las distancias genéticas de acuerdo con el modelo parámetro-dos (Kimura 1980), entre las secuencias generadas y las obtenidas de GenBank con la ayuda del programa MEGA5 (Tamura et al. 2007).

Antes de construir arboles con el método del Vecino más Cercano (Neighbor-Joining), se determinó si los datos eran adecuados para tal método con MEGA5. Si el valor de la distancia promedio de Jukes-Cantor fue menor a uno, los datos eran adecuados. Se construyeron los arboles N-J con las secuencias obtenidas de las fracciones COI de las larvas de peces con el programa MEGA5. Para probar la topología de los arboles se corrieron 1,000 réplicas con el método de re-muestreo (Bootstrap).

#### *Cálculo de biomasa de reproductores*

Utilizando el programa QGIS v2.18 se creó un polígono abarcando las estaciones del mes de marzo, único mes en que se encontraron. La cantidad de totoabas de las cuatro estaciones se promedió para estimar el número medio de larvas/km<sup>2</sup> y se estimó cuántas larvas debieron existir en el polígono. Con esta cantidad de larvas tempranas se realizó el



retro-cálculo para estimar el número de huevos desovados (producción de huevos). Esto se realizó a partir de información proporcionada por el CREMES: proporción de huevos viables del total que libera una hembra, proporción de huevos fecundados, proporción de huevos que eclosionan y proporción de larvas que llegan al primer estadio de desarrollo (tabla 8).

Tabla 8. Información proporcionada por CREMES sobre la proporción de: huevos viables, huevos fecundados, larvas eclosionadas y larvas que llegan al primer estadio de desarrollo.

| Huevos Viables (%) | Huevos fecundados (%) | Larvas que eclosionan (%) | Larvas en el primer estadio (%) |
|--------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 70                 | 90                    | 95                        | 10                              |

Para realizar los cálculos de la biomasa desovante se utilizaron parámetros poblacionales y demográficos de totoaba recabados previamente. Utilizando datos de la estructura de tallas, con el fin de eliminar el sesgo provocado por la selectividad del arte de pesca para los cálculos de la fecundidad, se estimó la porción de la población no capturada (figura 49).

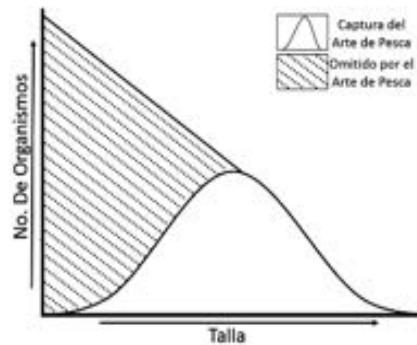


Figura 49. Diagrama de la porción de la población capturada y omitida por el arte de pesca.

Para este análisis se utilizó la plataforma FISAT II (Gayanilo et al. 2005) con los siguientes parámetros del modelo de crecimiento individual de von Bertalanffy:  $L_{\infty} = 200$  cm LT,  $k = 0.155/\text{año}$ ;  $t_0 = -0.65$  años. En la plataforma de FISAT II se estimó la tasa de mortalidad total ( $Z/\text{año}$ ) y la intersección en el eje vertical ( $\ln[N_{t_0}]$ ) así como sus intervalos de confianza. La intersección permite estimar la abundancia relativa de las totoabas más jóvenes, dato importante para estimar la producción de huevos esperada y compararla con la observada. La curva de captura de totoabas adultas corresponde a 2017. Este procedimiento permitió estimar la manera en que una cohorte de hembras de totoaba decae con la edad o talla. Utilizando los datos de proporción de hembras totales y hembras

maduras (Valenzuela-Quiñonez 2014) se estimó la proporción de hembras maduras por clase de talla o edad (figura 50). Para estimar la proporción acumulada de hembras maduras se realizó un ajuste no lineal de un modelo de crecimiento sigmoideo:

$$fr_{acum} = 1/[1+e^{-(LT-\beta)/\alpha}]$$

en donde  $fr_{acum}$  es la frecuencia acumulada por intervalo de talla, LT es la longitud total (mm),  $\alpha$  y  $\beta$  son parámetros del modelo. En este modelo,  $\beta$  es la talla de 50% de frecuencia acumulada (=1,333.31 mm). El valor de  $\alpha$  fue de 0.0099. Esto indica que la talla de 50% de captura en el Alto Golfo en 2016 y 2017 es muy similar a la talla de 50% de reproducción de las hembras.

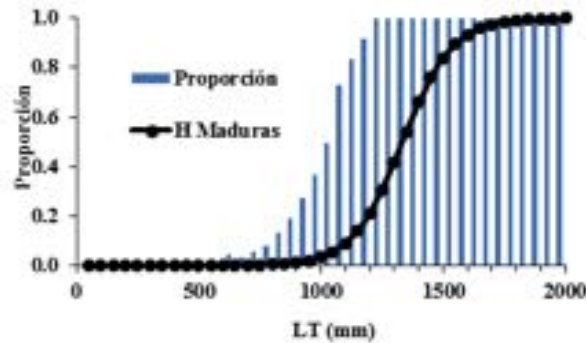


Figura 50. Curva ajustada de hembras maduras (H Maduras) y proporción de hembras maduras (Proporción) en función de la longitud total.

Esto se puede considerar como la probabilidad para diferentes tamaños (o edades) de que una totoaba esté madura dado que es una hembra. Dado que las hembras maduras más pequeñas observadas en el campo son de 65 cm de longitud total (LT), a todos los ejemplares menores a ese tamaño se les asignó probabilidad cero de reproducción.

La relación del peso de las hembras y su tamaño se calculó usando la función:

$$PT = a LT^b$$

en donde PT es el peso total (kg), a es un parámetro de ajuste, LT es la longitud total (mm) y b es el factor de condición. En el presente estudio  $a = 0.000005^{3.0635}$  y de  $b = 3.0635$  (de Anda-Montañez et al. 2013).

Para estimar la producción de huevos se promediaron las fecundidades relativas obtenidas en dos trabajos. Esto se hizo porque no se pudieron reconciliar las diferencias entre ambas

funciones. Se utilizó la función de fecundidad relativa obtenida por de Anda-Montañez et al. (2013):

$$\text{Fec1} = 7 \times 10^{-25} (\text{LT})^{9.2128}$$

Además, se utilizó la función derivada por Valenzuela-Quíñonez (2014):

$$\text{Fec2} = 221.76 e^{(0.0047 \text{ LT})}$$

En donde Fec1 y Fec2 es la fecundidad relativa (número de huevos/kg de peso total de hembra) y LT es la longitud total (en mm).

Se estimó la edad media por talla mediante la ecuación derivada del modelo de von Bertalanffy:

$$t = (-\ln [1 - L_t/L_\infty]/k) + t_0$$

en donde t es la edad (años),  $L_t$  es la talla estimada en la edad t,  $L_\infty$  es la talla máxima teórica, k (1/año) es la tasa intrínseca de crecimiento y  $t_0$  es la edad teórica cuando la talla es cero. Los valores de los parámetros fueron los mismos que se definieron anteriormente.

Para estimar la producción de huevos, se generó un vector de hembras de totoaba/edad ( $\vec{V}_i$ ) y este vector se multiplicó por la probabilidad de que una hembra de determinada edad fuera madura. Esto resultó en un vector de hembras reproductoras ( $\vec{V}_{hm}$ ), que se consideraron desovantes.  $\vec{V}_i$  depende del número inicial de hembras ( $\ln[N_{t0}]$ ), así como de la tasa de mortalidad total ( $Z_i$ ), dada la producción de huevos observada (Pho):

$$\vec{V}_i = f(\ln[N_{t0}], Z_i | \text{Pho})$$

en donde  $Z_i$  se refiere a la tasa de mortalidad total media, así como al límite inferior y superior de Z estimado en FISAT II. Cada  $\vec{V}_i$  se calibró para que la producción total de huevos (suma de los huevos depositados por las hembras de diferentes edades/tallas) fuera igual al número de huevos obtenidos en el campo mediante los arrastres de plancton ( $\text{NHO}_{2017} = 9,452,561,111$ ). De esta manera, la proporción de hembras maduras en los vectores  $\vec{V}_i$  es la misma (figura 51):

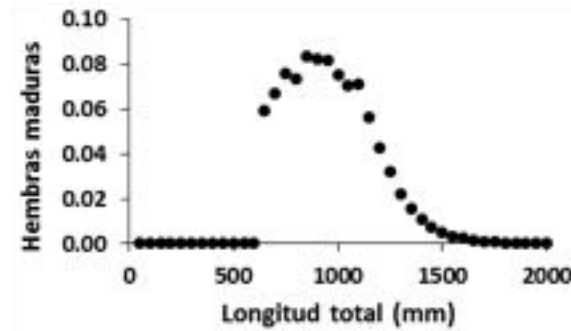


Figura 51. Número relativo de hembras maduras estimadas en los vectores  $\vec{V}_i$  para el cálculo de producción de huevos de totoaba.

Para cada vector  $\vec{V}_i$ , la producción total de huevos (PTH<sub>i</sub>) se obtuvo sumando el producto de la abundancia de hembras maduras por talla ( $\vec{V}_{i,L}$ ) por la fecundidad promedio por talla ( $f_L$ ):

$$PTH_i = \sum_{50}^{2000} f_L * \vec{V}_{i,L} ; f_L = 0 \text{ para } L < 650 \text{ mm LT}$$

Como se mencionó anteriormente, esta producción total fue afinada variando un factor que multiplica  $\ln[N_{t0}]$  hasta que  $PTH_i = NHO_{2017}$ .

Una vez que se hubo estimado la producción de huevos por hembras por talla, con base en el número de huevos hallados en el campo se procedió a realizar el cálculo del número de hembras, estimando la producción media de huevos/hembra, mediante el promedio ponderado del número total de huevos por la cantidad de hembras en  $\vec{V}_i$ :

$$\overline{PTH}_i = \frac{PTH_i}{\sum_{50}^{2000} f_L}$$

Finalmente, el número de hembras que desovaron en 2017 se estimó dividiendo la producción observada de huevos entre el promedio ponderado de huevos/hembra:

$$NHD_{2017,i} = NHO_{2017,i} / \overline{PTH}_i$$

Como fue descrito, además del  $NHD_{2017}$  medio se estimó un intervalo de 95% de confianza utilizando los intervalos de confianza para Z. Finalmente, suponiendo una relación hembras/machos de 1:1,  $NHD_{2017}$  se multiplicó por dos para estimar el número total de totoabas que se reprodujeron en 2017 ( $NTD_{2017}$ ). Utilizando la relación peso-longitud

anteriormente descrita, se hizo el cálculo de la biomasa de totoabas que desovaron en 2017 (tabla 9).

Tabla 9. Estimación de la biomasa de totoabas que se reprodujeron en 2017 usando tres vectores  $\vec{V}_i$  que consideran la mortalidad total  $Z$  de una cohorte de hembras, así como un intervalo de 95% de confianza para  $Z$ . BT650 = biomasa total de totoabas mayores o iguales a 650 mm de LT, tamaño mínimo de las totoabas maduras.

| $Z/\text{año}$ | BT650 (t) |
|----------------|-----------|
| Media          | 32,339    |
| Mínima         | 13,885    |
| Máxima         | 69,906    |

Utilizando la función de probabilidad de reproducción en función de la talla se estimó que la biomasa media total de totoabas con talla mayor o igual a 650 mm LT fue de 32,339 t (IC: 13,885t – 69,906 t). Esta estimación es similar a la obtenida por ecointegración, y los intervalos de confianza se traslapan. Más adelante se hace una comparación de las estimaciones de biomasa por ambos métodos.

Debe advertirse que la estimación por el método de censo larval modificado tiene un alto grado de incertidumbre debido a los supuestos y a que la producción de huevos proviene de sólo cuatro estaciones de muestreo en el mes de marzo. Las estimaciones de biomasa por los dos métodos (ecointegración y censo larval) deberán repetirse para corroborar cuál es el método más costo-eficiente y preciso.

### Estimación de abundancia de machorros

Con información recabada por los observadores científicos a bordo de embarcaciones de arrastre de camarón y de cruceros de investigación a bordo del BIP XI durante el periodo octubre-diciembre de 2016 y mayo de 2017 se determinó la distribución y abundancia de juveniles (machorros) de totoabas. Se consideraron los datos de arrastres tanto positivos como negativos para totoaba correspondientes a la zona del Alto Golfo.

La estimación se hizo por el método de área barrida (Sparre y Venema 1998). Este método parte del supuesto de que la pesca es al azar con respecto a las especies de interés y que no todos los organismos frente a la red son capturados (por evasión o por escape). El área barrida es igual a la longitud del sector barrido de la red, por el ancho de ésta y se estimó con la ecuación:

$$a = D * (rs) * (X)$$

en donde:  $D = (V) * (t)$  es la distancia recorrida;  $V$  es la velocidad del arrastre;  $t$  es el tiempo de duración del arrastre;  $rs$  es la longitud de la relinga superior;  $X$  es la fracción del ancho de la red de arrastre y que en el presente estudio se consideró  $= 0.5$ . Esto supone que las redes de arrastre capturaron 50% de las totoabas que estaban frente a la red, o bien que hubo una evasión a la red o escape de la red de 50% de los organismos disponibles.

La abundancia se calculó como  $N = (n) * (A)/a$  en donde  $N$  es la abundancia,  $n$  es el número total de organismos capturados (en lances positivos y negativos),  $A$  es el área total y  $a$  es el área barrida en todos los lances.

Utilizando las posiciones geográficas por cada lance de pesca registrado, mediante el Programa Qgis 2.18.9 se elaboró un mapa de distribución del esfuerzo de pesca (lances efectuados) realizados por la flota camaronera y de cruceros de investigación a bordo del BIP XI, durante el periodo comprendido de octubre a diciembre de 2016 y mayo 2017, así como mapas de distribución espacial (avistamiento) de la especie. Se cubrió un área total de arrastre de 170.70 km<sup>2</sup> en 710 lances de pesca de 12 viajes (figura 52).



Figura 52. Número total de lances realizados con red de arrastre por embarcaciones comerciales de camarón y BIP XI, a lo largo de área de distribución de *Totoaba macdonaldi*.

Se obtuvieron un total de 104 machorros de totoaba, con una distribución geográfica que va desde El Colorado, Sonora, hasta El Alto Golfo de California, con el mayor número de organismos en esta última zona (figura 53).

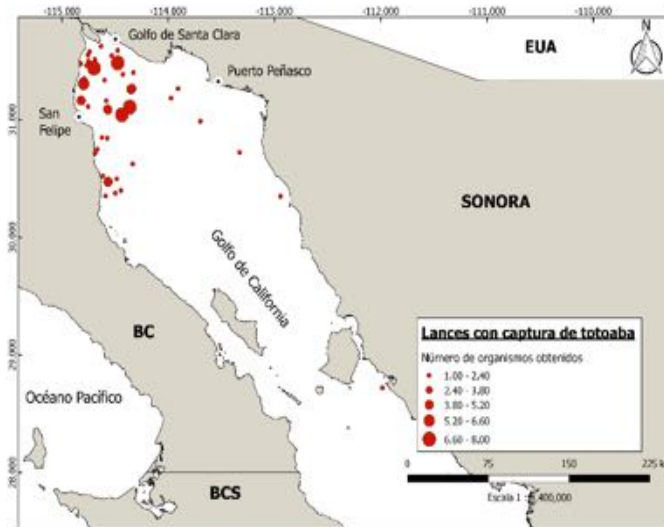


Figura 53. Juveniles de totoaba capturados con red de arrastre en embarcaciones comerciales de camarón y en el BIP XI.

Debido a que el mayor número de avistamientos se registró en la zona del Alto Golfo, se analizaron los datos obtenidos por los observadores científicos a bordo de embarcaciones camaroneras y cruceros en el BIP XI correspondientes a esta zona. En el Alto Golfo se barrió un área 16,737.49 km<sup>2</sup> en 153 lances de pesca de cuatro viajes con captura de totoabas (positivos) durante el periodo octubre-diciembre de 2016 (camaroneros) y mayo de 2017 (BIP XI) (figura 54).

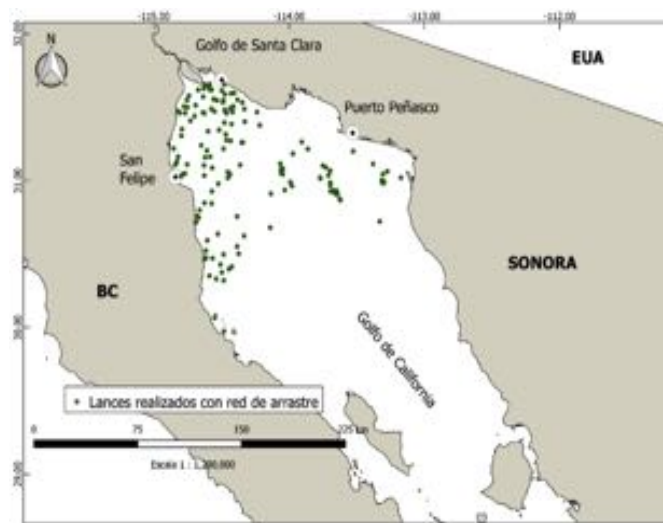


Figura 54. Lances realizados en embarcaciones comerciales de camarón y BIP XI en la zona de El Alto Golfo.

La densidad media estimada fue de 2.57 machorros/km<sup>2</sup> en un área total de 16,737.49 km<sup>2</sup> (figura 55).

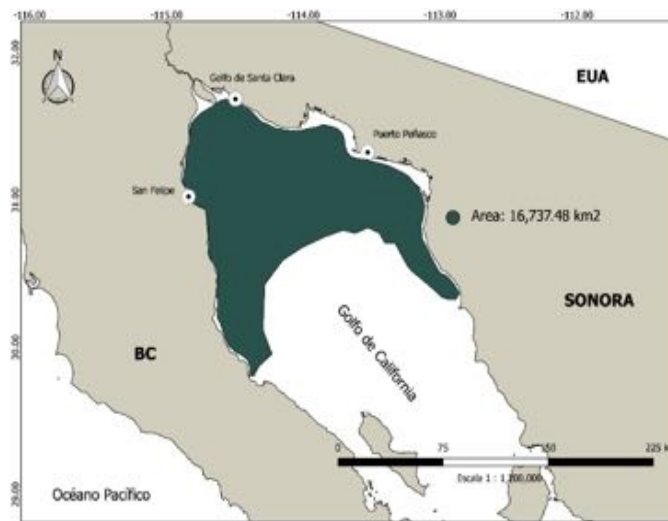


Figura 55. Área total prospectada a bordo de embarcaciones comerciales de camarón y del BIP XI, durante el periodo octubre-diciembre de 2016 y mayo de 2017 en El Alto Golfo.

Cuando se tomó en cuenta el factor de captura de 50% se estimó una mayor abundancia en la región Oeste con 35,739 organismos en un área de 8,414.31 km<sup>2</sup>, o 4.25 machorros/km<sup>2</sup>. Para la región Este se estimaron 7,341 organismos en 8,327.04 km<sup>2</sup>, o 0.88 machorros/km<sup>2</sup>. La estimación total fue de 43,080 machorros (figura 56).

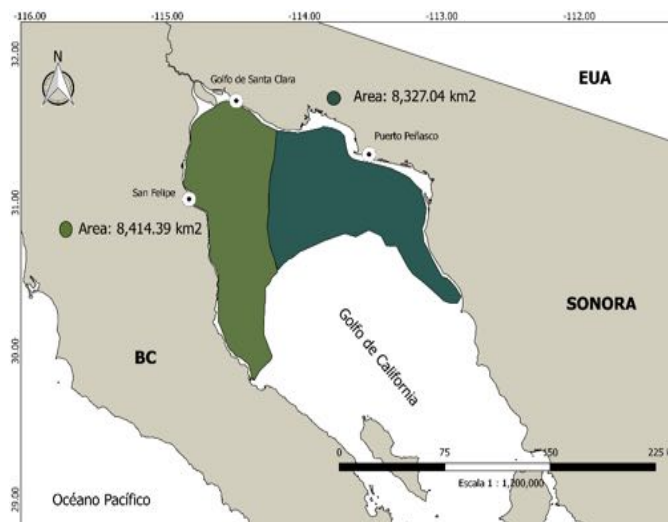


Figura 56. División del área total de la zona de El Alto Golfo en regiones Este y Oeste.



El análisis de los datos de tallas colectados por observadores a bordo indicó que las tallas más vulnerables de las totoabas están entre 30 y 40 cm de longitud total, con una media de 39.8 cm y desviación estándar de 6.18 cm, es decir un coeficiente de variación de 15.5% (figura 57).

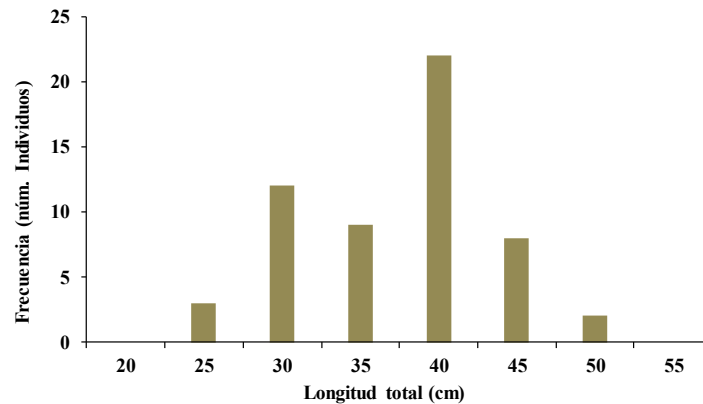


Figura 57. Estructura de tallas de machorros recolectados por los observadores en los arrastres de pesca de barcos camaroneros.

#### *Biomasa de machorros*

El peso medio de los machorros capturados fue de 0.564 kg. Por lo tanto, la biomasa estimada de machorros en el Alto Golfo de California fue de 24.3 toneladas. Este dato es a toda luz una subestimación que refleja evasión de organismos mayores a 50 cm y baja vulnerabilidad de los machorros menores a 40 cm. Hay un claro efecto de selectividad y vulnerabilidad porque los barcos arrastreros no ingresan a la zona de canales que es en donde se concentran los juveniles, y al parecer no pueden capturar organismos más grandes.

Utilizando la curva de captura de machorros se corrigió la abundancia de acuerdo con la vulnerabilidad. Para esto se estimó una tasa de decaimiento mediante el análisis de la curva de captura para longitudes. La estimación de abundancia de machorros de 25 a 50 cm LT es de 242,928 organismos. Para ese rango de tamaños, la biomasa ponderada por el peso de cada clase de longitud es de 52 toneladas. Como se verá más adelante, la biomasa estimada para 2017 por el modelo matricial para totoabas de la primera clase de edad (0.5 años o 39.6 cm) es de 202 toneladas. Esto significaría que la estimación por área barrida es de alrededor del 25% del total disponible.

### **Estimación de la captura de totoaba en 2017**

El alto precio de la vejiga o buche de totoaba además de la prohibición de los chinchorros de línea, principal arte de pesca utilizado por los pescadores de la región ha servido de justificación para que decenas de pescadores capturen totoaba. Los artes de pesca son chinchorros de línea de 500 m de largo con luz de malla de 10 pulgadas, fijadas con un ancla pesada en ambos extremos de la red. Otro arte utilizado es la cimbra con anzuelos del # 3 con aproximadamente 200 anzuelos por línea de 300 m de longitud. Para la pesca de totoaba se utilizan embarcaciones menores con motores de 250 hp. Cada embarcación cuenta con cuatro o cinco tripulantes para levantar las redes que aumentan su peso con la fuerza de las corrientes por lo que las revisan generalmente cuando la corriente de marea se detiene.

La “temporada” masiva de pesca de totoabas adultas ocurre cuando los organismos inmigran al Alto Golfo para desovar, desde mediados de febrero hasta junio, coincidiendo con la época de desove de la curvina golfina. Ambas especies desovan en el delta del Río Colorado congregándose en el área frente a San Felipe en B.C. y El Golfo de Santa Clara, Sonora. De acuerdo con entrevistas informales y observaciones personales se estima que hasta 120 embarcaciones capturaron totoabas en 2017. Algunas personas acampan durante una semana revisando sur artes cada repunte de marea, sobre todo por la noche incluso cuando hay mal tiempo. En promedio, cada embarcación utiliza de tres a cinco artes capturando en promedio seis y hasta 20 totoabas cada uno. Cuando utilizan cimbra, es menor la probabilidad de captura. De los organismos capturados se aprovecha sobre todo la vejiga natatoria y en general hasta antes de la reciente prohibición de las redes se desperdiciaba la carne de los organismos. El precio de la vejiga natatoria según los lugareños oscila entre 4,000 y los 8,000 dólares por kg de vejiga; las vejigas que pesan más de un kg alcanzan los precios más altos a pie de playa.

Una estimación conservadora del número de totoabas capturadas en 2017 indica que la cifra pudo haber rebasado los 21 mil ejemplares, la mayoría adultos reproductores. El peso total de esos organismos pudo ser de 1,400 toneladas. En estos cálculos se tomó en consideración el esfuerzo pesquero estimado en número de pangas, artes por paga y totoabas por arte. Esta información proviene de conversaciones informales y observaciones de campo.

Tabla 10. Captura estimada de totoabas en la temporada de reproducción 2017.

| Mes | Captura (t) |
|-----|-------------|
| Ene | 1           |
| Feb | 86          |
| Mar | 677         |
| Abr | 451         |
| May | 184         |
| Jun | 4           |

Para estimar el impacto de la pesca de totoabas en el Alto Golfo, se realizaron biometrías y colecta de otolitos a organismos encontrados en basureros (figura 58).

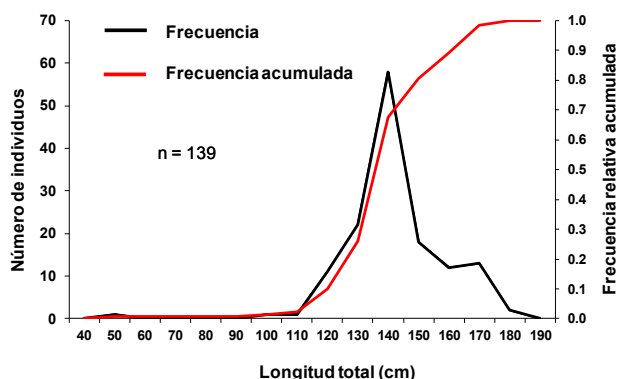


Figura 58. Estructura de tallas de totoabas muestreadas en localidades del Alto Golfo de California de noviembre de 2016 a mayo de 2017.

La estructura por longitud presentó un intervalo de variación entre 50 y 180 cm de longitud total (LT), con una moda en el intervalo de 140 cm de LT; el promedio fue de 137.7 cm LT (28 kg en promedio) y el coeficiente de variación de 11.9 %.

La determinación de edad de las totoabas realizada por la M.C. Martha Román, investigadora del CEDES, indicó una gran variabilidad de las edades capturadas entre noviembre de 2016 y mayo de 2017 (figura 59).

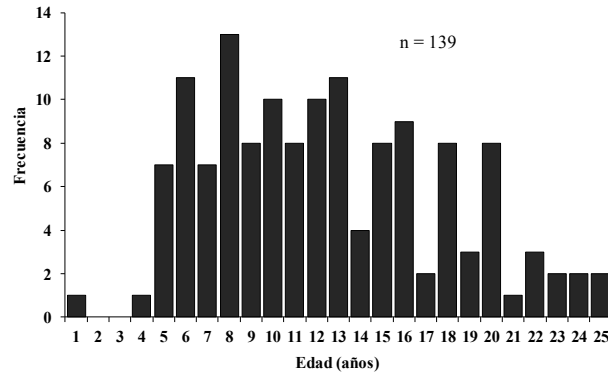


Figura 59. Estructura de edades de totoabas recuperadas de basureros en el Alto Golfo de California de noviembre de 2016 a mayo de 2017.

La distribución sugiere una estructura de edades estable que beneficia al potencial reproductivo de la población, aunque se debe recordar que los pescadores seleccionan las totoabas de mayor tamaño y esto puede sesgar la muestra y el análisis.

Al comparar las dos figuras anteriores se infiere que hay una gran variabilidad en la edad de totoabas del mismo tamaño. El análisis visual de la varianza de la longitud a medida que crecen las totoabas indica homocedasticidad (figura 60):

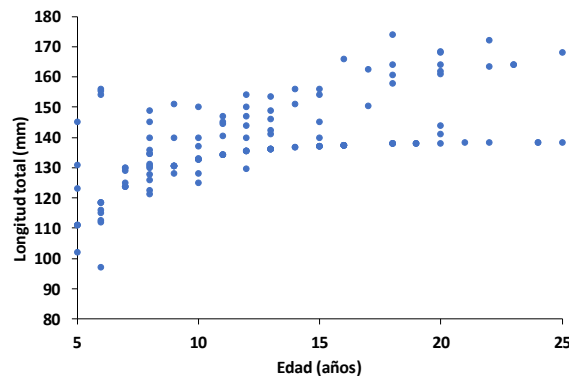


Figura 60. Varianza de la longitud total de las totoabas en función de su edad.

En un ejercicio con inferencia multimodelos se concluyó que el modelo ganador es el de varianza constante; se omite ese análisis en el presente reporte. El resultado anterior es importante porque sugiere que no existe en la población de totoaba un proceso dependiente que afecte la tasa de crecimiento individual (Magnuson 1962, Smith y Fuiman 2003) y genere varianza creciente a medida que crecen los peces. Este fenómeno ocurre cuando organismos de una cohorte con caracteres expresados epigenéticamente (v. gr. Lighten et

al. 2016) compiten con ventaja sobre otros organismos generando la separación en camadas de diferentes tamaños.

### **Modelo poblacional de totoaba**

Se desarrolló un modelo matemático determinístico para reproducir la serie de captura de 51 años y la biomasa que debió existir para generar esa captura. Para este fin se estimó la biomasa por el método de Martell y Froese (2013) en dos etapas: 1925 a 1943 (pre-Hoover) y 1941 a 1975 (post-Hoover), utilizando en ambos análisis los datos de 1941 a 1943 para suavizar la serie traslapando ambos períodos. En ambos casos se hicieron los análisis siguiendo las recomendaciones de los autores del método en cuanto a rango inicial (1925) y final (1975) de la biomasa en relación con la capacidad de soporte  $K$ , y valores semilla de  $r$ .

Los resultados de estos análisis indicaron que la capacidad de soporte ( $K$ ) de la totoaba en el período pre-Hoover fue de 71,863 toneladas y de 50,217 toneladas en el post-Hoover, es decir una reducción de 30.12%. Con el modelo ajustado (ver más adelante), se comparó la serie anual de biomasa para el período 1920-2017 con la descarga de agua del Río Colorado debajo de la presa Hoover, como un proxy del agua que pudo estar arribando a la zona de desove de la totoaba. En trabajos anteriores se ha encontrado una correlación positiva entre ese proxy con capturas comerciales, reclutamiento y crecimiento de varias especies, incluyendo la totoaba (Cisneros-Mata et al. 1997, Aragón-Noriega y Calderón-Aguilera 2000, Rowell et al. 2008). El análisis sugirió que la capacidad de soporte de la totoaba ( $K$ ) se relaciona de manera directa con el flujo de agua del Río Colorado (figura 61) al Alto Golfo, apoyando lo que se había propuesto anteriormente (Cisneros-Mata et al. 1995, Lercari y Chávez 2007).

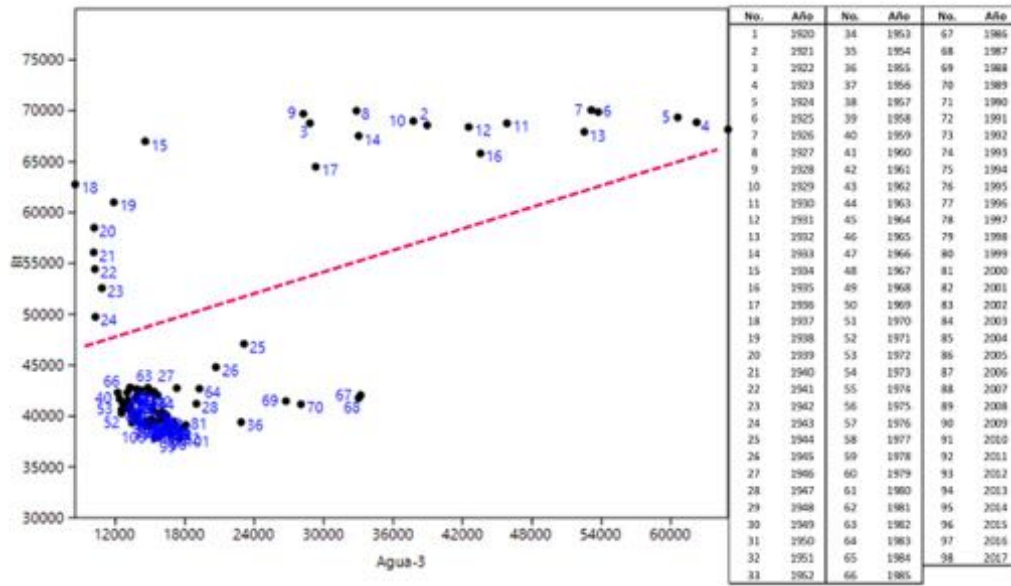


Figura 61. Relación entre el agua del Río Colorado y la biomasa de totoaba. Arriba de la diagonal: Período de 1920 a 1943 (agua de 1917 a 1940). Debajo de la diagonal: Período de 1944 a 2017 (agua de 1941 a 2014). Las columnas contienen el número de la pareja de datos y el año al que corresponden el agua y la biomasa.

### *Número anual de totoabas por grupo de edad*

La serie anual de biomasa resultante se utilizó para desarrollar un modelo estructurado por edades (0.5 a 26.5 años), considerando también dos etapas. Para cada etapa, el número total de totoabas de todas las edades en el año  $t$  se estimó como:

$$N_{T,t} = (N_{0,t} - C_{0,t}) + (N_{0,t-1}e^{-M_a} - C_{1,t}) + (N_{1,t-1}e^{-M_a} - C_{2,t}) + \dots + (N_{L-1,t-1}e^{-M_a} - C_{L,t})$$

en donde  $L$  es la longevidad (26.5 años),  $M_a$  es la tasa instantánea de mortalidad natural por grupo de edad,  $N_{0,t}$  es el reclutamiento (organismos de edad 0.5 años) en el año  $t$ , estimado mediante la función parentela-progenie de Shepherd (1982) incluyendo forzamiento que depende del agua del Río Colorado (v. gr. Hilborn y Walters 1992):

$$N_{0,t} = \frac{\alpha P_{t-1}}{\left[1 + \left(P_{t-1}/\beta\right)\right]^\delta} * e^{\emptyset A_{t-3}}$$

En este modelo  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  son parámetros,  $P_{t-1}$  es el número de progenitores el año anterior, que son todos los organismos  $\geq 1.5$  años,  $\emptyset$  es un factor de escala, y  $A_{t-3}$  es la cantidad de agua liberada de la presa Hoover tres años antes del año  $t$ . Los valores de los parámetros fueron diferentes para las dos etapas. Anteriormente (Lercari y Chávez 2007) se había

realizado un modelo estructurado por edades con forzamiento ambiental utilizando diversos índices, entre ellos el flujo de agua del Río Colorado.

Las tasas instantáneas de mortalidad natural para cada edad ( $M_a$ ) se estimaron por optimización del promedio ponderado utilizando un vector inicial de abundancia por edad de totoaba que refleja una distribución de edades estable. Para esto se utilizó un valor total de  $M = 0.26/\text{año}$  obtenido mediante la ecuación de Pauly (1980) para una temperatura media del hábitat de  $19^\circ\text{C}$ . Con un número inicial arbitrario para el vector inicial de edades  $N_0$  se utilizó la función de decaimiento de una cohorte ( $N_a = N_0 e^{-M_a}$ ) y se asignaron valores semilla para tres grupos de edad de totoaba: 0.5 a 2.5 años, 3.5 a 18.5 años y 19.5 a 26.5 años haciéndolos variar hasta que el promedio de  $M_a$  ponderado por la abundancia se igualó a 0.26. Para convertir números a biomasa se utilizaron los parámetros del modelo de von Bertalanffy. Debido a que existen diferentes valores publicados, se optó por utilizar promedios para los parámetros:  $L_\infty$ : 180.2 cm,  $t_0$ : -0.6516 años,  $k$ : 0.179/año. Análisis posteriores deben considerar llevar a cabo análisis de sensibilidad de la biomasa dependiendo de esos valores.

La captura de totoabas por edad ( $a \geq 0.5$  años en cada año ( $t$ )) se estimó de la siguiente manera:

$$C_{a,t} = N_{a,t} * F_t * S_a$$

en donde  $F_t$  es la tasa instantánea de mortalidad por pesca y  $S_a$  es la selectividad para cada edad.  $F_t$  se estimó dividiendo la captura registrada cada año de la serie 1925 a 1975 entre la biomasa estimada por el método de Martell y Froese (2013). La selectividad para cada edad se obtuvo promediando distribuciones de frecuencia de tallas o edades obtenidas en diversas publicaciones. Para estimar la selectividad se utilizó el mismo modelo logístico descrito anteriormente para la talla de 50% de reproducción. Con los modelos ajustados a cada serie de datos se estimó una sola función de selectividad promedio por edad ( $S_a$ ), vector que se consideró constante a lo largo de toda la serie.

Este estudio considera captura incidental variable creciente de machorros en la flota camaronera. Un estudio previo (Cisneros-Mata et al. 1995) que en la década de 1980 cada año la flota arrastrera de camarón capturaba incidentalmente 120 mil machorros ( $\sim 55$

toneladas) de totoaba. En el presente estudio se consideran cuatro períodos de captura incidental de machorros: 1) 1925 a 1985, 2) 1986 a 1993, 3) 1994 a 2005 y 3) 2006 a 2017.

Para simular el crecimiento de la captura incidental en la creciente pesquería de arrastre de camarón en el primer período, se estimó un vector de captura incidental incrementando 2%/año hasta 120 mil machorros/año en 1985. Para el segundo período se mantuvo el promedio de machorros en 120 mil/año. Para el último período se asumió que el establecimiento de la Reserva de la Biosfera generó una reducción de 2%/año en la captura incidental de machorros iniciando de 1994, lo cual resulta en 80 mil machorros/año en 2005. De 2006 a 2017 se mantuvo la media en 80 mil machorros por año. Para todos los años de cada período se obtuvo un valor aleatorio de distribuciones Normales con la media correspondiente al año y un coeficiente de variación constante de 10%.

En el caso de totoabas  $\geq 2.5$  años, el mismo estudio (Cisneros-Mata et al. 1995) estimó una captura de 160 toneladas/año; entre 1976 y 1993 en el presente estudio se consideraron capturas crecientes 10%/año. De 1994 a 2011 se incrementó en 5%/ la pesca para representar un efecto opositivo de la declaratoria de Reserva de la Biosfera. De 2012 a 2017 se incrementaron las capturas 10%/año de tal manera que en 2017 se generen 1,400 toneladas, cifra estimada como se describió en párrafos anteriores (figura 62). Las variaciones en la mortalidad incidental de machorros e irregular de totoabas adultas fueron estimaciones realizadas con la mejor información disponible. Trabajos posteriores deben hacer análisis de sensibilidad de esta información en los resultados de los modelos.

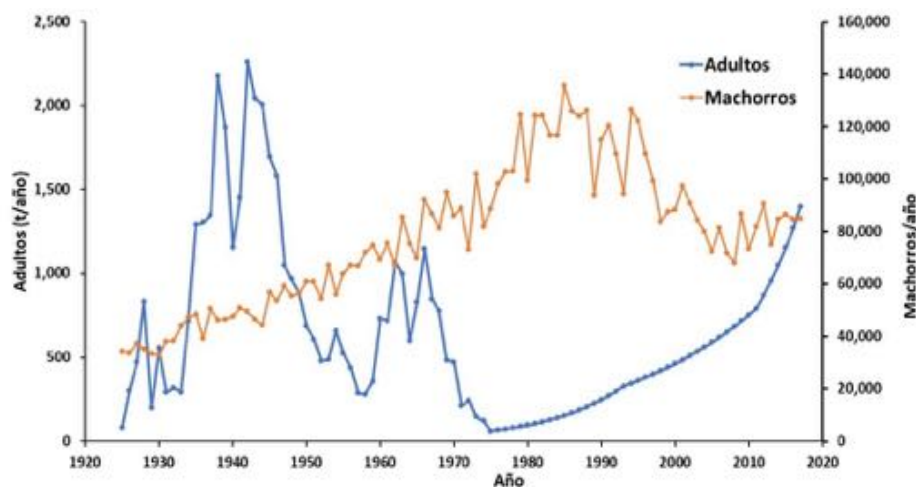


Figura 62. Captura anual de totoabas pre-adultas (machorros) y adultas ( $>2.5$  años) y de machorros considerada en el modelo estructurado.



Utilizando valores semilla para todos los parámetros, se corrió el modelo iniciando en el año 1881. Dado que la serie de agua liberada de la presa Hoover inicia en 1906 y termina en 2014, los valores correspondientes al período 1880-1905 se retro-calcularon a partir de 1906 como el promedio móvil de cuatro años previos hasta llegar a 1881. Los valores correspondientes a 2015, 2016 2017 se tomaron de distribuciones Normales (ver pie de figura 63). Esa serie de agua del Río Colorado se utilizó como proxi para el forzamiento en el sub-modelo de parentela-progenie.

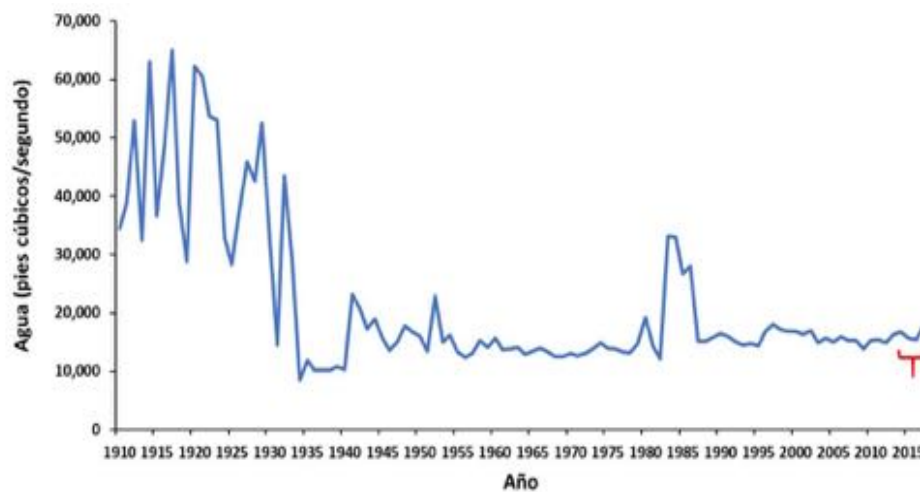


Figura 63. Descarga de agua de la presa Hoover. El corchete rojo indica valores estimados como valores aleatorios tomados de manera independiente de una distribución Normal con media y desviación estándar de los valores observados en el período de 1987 a 2013.

Para permitir que el modelo estructurado se estabilizara (Caswell 2001), la matriz de resultados utilizada en el ajuste del modelo inició en 1925. Es decir, el período de transición (“transients”) fue de 44 años. Después de un tiempo del inicio del modelo con un vector de edades para una población estable, añadiendo mortalidad por pesca, la estructura se “desestabiliza”. Ese fue el procedimiento, es estándar en modelación demográfica usando matrices de Leslie (Caswell 2001).

En cuanto a las estimaciones de la tasa de mortalidad natural por grupo de edad, aunque es posible estimarlas por el método gnomónico (Caddy 1990), no se consideró necesario en este ejercicio de modelación. El concepto de divisiones gnomónicas establece que la mortalidad natural no es constante para todas las edades o tallas debido a distintas condiciones del ambiente, incluyendo senescencia. En el presente estudio se utilizó un método que considera eso precisamente, aunque no se resolvió conforme el método de

gnomos. Aunque esto merece mayor estudio, el no haber considerado una tasa de mortalidad natural para todas las clases de edad seguramente genera resultados más realistas sobre todo considerando que la totoaba es una especie longeva (Andrews y Mangel 2012).

El ajuste del modelo consistió en comparar las series de capturas de 1925 a 1975 (51 años) y de biomاسas anuales para el mismo período estimadas por el método de Martell y Froese (2013) contra las capturas y biomاسas estimadas con el modelo estructurado por edades con relación parentela-progenie. El ajuste se hizo por mínimos cuadrados variando los parámetros y los factores de escala de las dos relaciones parentela-progenie. El ajuste del modelo a los datos fue satisfactorio (figura 64).

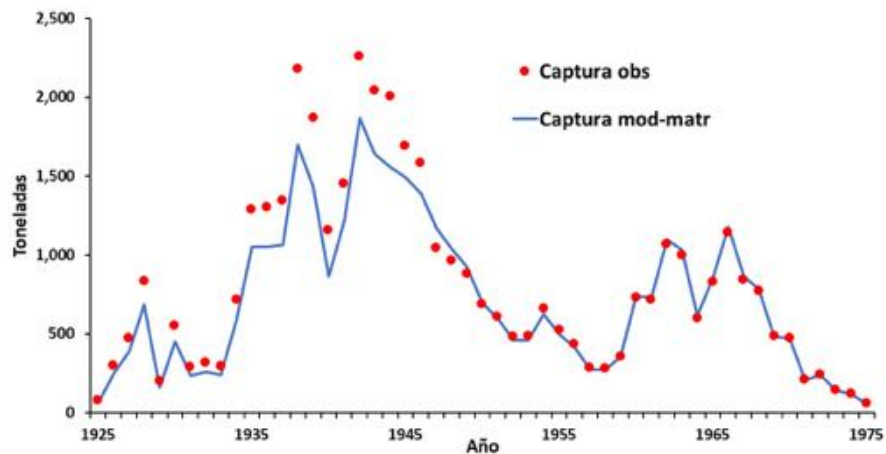


Figura 64. Ajuste del modelo estructurado a los datos de captura registrada en el período de 1925 a 1975. La línea azul representa los valores observados y los puntos rojos los estimados por el modelo matricial.

Uno de los índices de abundancia utilizados es la biomasa obtenida con un modelo logístico (Schaefer) para ajustar el modelo estructurado y con relación-parentela progenie. En estudios de modelación de pesquerías usando modelos dinámicos de biomasa es muy común utilizar la captura por unidad de esfuerzo como índice de abundancia, pese a las posibles complicaciones que esto podría representar (Fonteneau et al. 1999, Lynch et al. 2012).

El modelo estructurado también fue capaz de reproducir relativamente bien la biomasa estimada por el método de Martell y Froese (figura 65). Es interesante notar la naturaleza

cíclica de la biomasa, con un período de caso 20-25 años, aunque la serie no es lo suficientemente larga para comprobarlo.

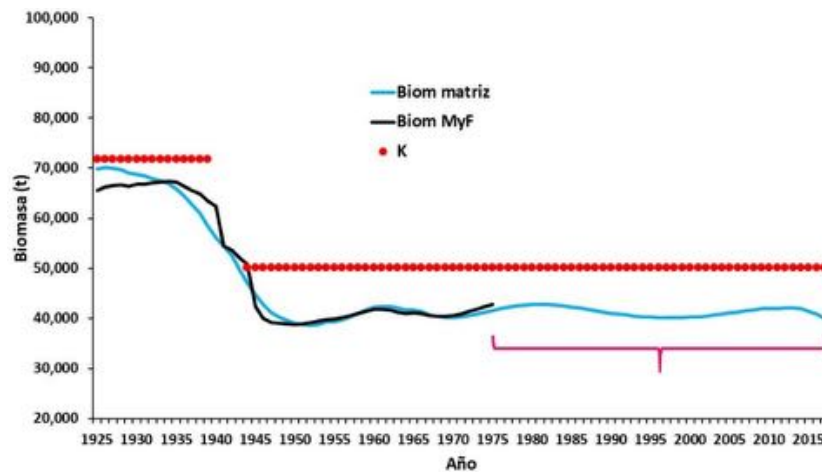


Figura 65. Ajuste del modelo matricial a los datos de biomasa estimada por el método de Martell y Froese (MF) en el período de 1925 a 1975. La línea negra representa los valores estimados por el modelo estructurado y los puntos rojos los obtenidos por el método MF. El corchete indica los datos proyectados tomando en cuenta mortalidad por pesca de adultos e incidental estimados para el período 1976 a 2017.

En ambos casos (captura y biomasa) los ajustes fueron mejores para la segunda fase de la serie de datos. Esto no debe sorprender pues se relaciona con la mayor variabilidad en la primera fase del flujo de agua dulce utilizado como proxy (cf., figura 63) que hace más variable el reclutamiento (figura 66):



Figura 66. Número anual de reclutas de totoaba (edad de 0.5 años) estimado por el modelo estructurado. En la primera fase, el reclutamiento varía por efecto de considerar un proxy del agua del Río Colorado que arribaba al delta, zona de reproducción de la totoaba.

Se puede concluir no sólo que el reclutamiento era más elevado antes de la presa Hoover, sino que la variabilidad se eliminó casi completamente. Paradójicamente, este factor pudo hacer más estable a la población de totoaba en general, aunque con una capacidad de soporte menor. Con los datos obtenidos del número de reclutas y los padres que los generaron se construyó la función parentela-progenie teórica para ambos períodos (pre y post-presa Hoover) (figura 67).

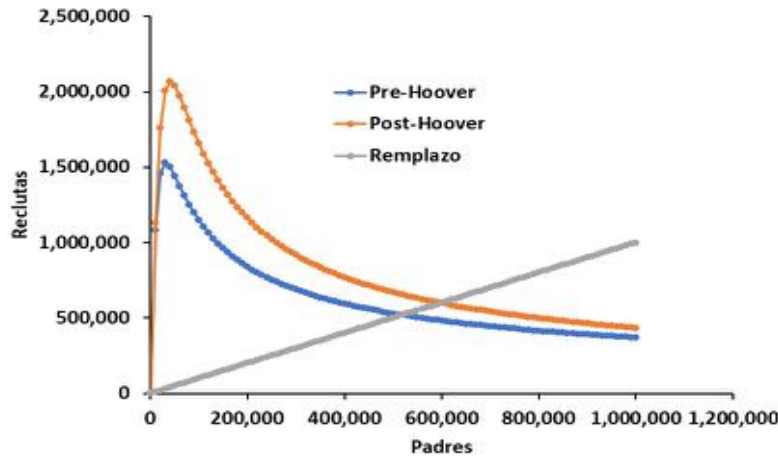


Figura 67. Relación parentela-progenie construida con datos de 1925 a 1975 y retro-proyectada al origen. Modelo de Shepherd forzado con flujo de agua del Río Colorado.

De este análisis sobresalen dos aspectos sobre la población actual de totoaba: 1) tiene un claro mecanismo compensatorio (Rose et al. 2001), y 2) es una población naturalmente estable. En el primer período, un tamaño pequeño de padres generaba menor número de reclutas; en el segundo período pocos padres siguen generando relativamente muchos reclutas. No parece ser que había o hay fuerte competencia entre machorros y totoabas pre-adultas o adultas, confirmando lo encontrado al analizar la varianza de la longitud a medida que las totoabas crecen (cf., figura 60). El segundo aspecto se deduce de la pendiente de la línea de remplazamiento en la intersección con la curva de reclutas en función del número de padres. La pendiente es mayor a  $-1$  y esto implica que a partir de cero el número de padres tenderá a crecer y a estabilizarse en el tamaño que corresponde a la intersección (Shepherd 1982). Es importante enfatizar que se desarrolló un solo modelo con dos relaciones parentela-progenie, una por época. Para cada época se estimó una  $K$  y un PRL, aunque los análisis de sensibilidad y riesgo (más adelante) son para la segunda época.

Pudiera considerarse que la separación de las curvas en dos períodos está introduciendo un artificio en el ajuste de la relación stock-reclutamiento, que no soportaría la hipótesis de que la presión de explotación pudo hacer a la población de totoaba más estable y resiliente en general, pero con menor capacidad de soporte. Sin embargo, hay investigaciones que demuestran que en años en que ingresa más agua de lo normal del Río Colorado varias especies se benefician. Por ello se puede concluir que la población reproductora transitó a un estado menor que no alcanzó a afectar de manera irreversible su potencial de renovación.

Como se mencionó antes, es posible que existan ciclos de mesoescala (~ dos décadas) en la biomasa de totoaba y que sean factibles de ser modelados. De existir, las fluctuaciones pueden deberse a la denso-dependencia y la estructura de edad, además de forzamiento ambiental (v.g., Cisneros et al. 1996). Se ha reconocido (Díaz et al. 2001, Pulwarty y Melis 2001) que durante los años El Niño incrementa la precipitación pluvial en el noroeste de México y en la cuenca del Río Colorado generando mayor ingreso de agua dulce al Alto Golfo. Esto a su vez incrementa la producción de recursos locales y de sus pesquerías (All 2006, Aragón-Noriega Calderón-Aguilera 2000, Rowell et al. 2017). No obstante, por el principio de parsimonia y con base en lo que se conoce es relativamente fácil suponer que la totoaba es vulnerable a la pesca ilegal de organismos en el momento de la reproducción porque están muy agregados y concentrados en un área pequeña (Alto Golfo). Este es el enfoque del presente estudio, aunque se incluyeron análisis de sensibilidad a la captura de distintos estadios de vida de la totoaba.

## **Análisis de sensibilidad**

### *Variabilidad en mortalidad natural*

Con el modelo ajustado se generó una serie de biomasa total para una situación hipotética en la que no existe pesca incidental de machorros o dirigida a los adultos y en el que sin embargo existe variabilidad natural. Mediante el método de Monte Carlo se estimaron trayectorias estocásticas de biomasa total (0.5 a 26.5 años) de totoaba para el período de 1920 a 2017, así como un intervalo de 95% de confianza correspondiente a los percentiles 2.5% y 97.5% para los límites inferior y superior, respectivamente. Se variaron las tasas

intrínsecas de mortalidad natural ( $M_a$ ) por grupo de edad de la totoaba. Para cada año y grupo de edad se muestrearon las  $M_a$  de distribuciones  $N \sim (M_a, CV_a)$  en donde  $M_a$  es el valor medio y  $CV_a$  el coeficiente de variación de cada  $M_a$ . Los números aleatorios fueron independientes entre sí para toda clase de edad  $a$  y año  $t$ . Se usaron CV de 20% para las tres primeras clases de edad (0.5 a 2.5 años), 15% para los sub-adultos y adultos (3.5 a 18.5 años) y 10% para los adultos senescentes (19.5 a 26.6 años). (figura 68).

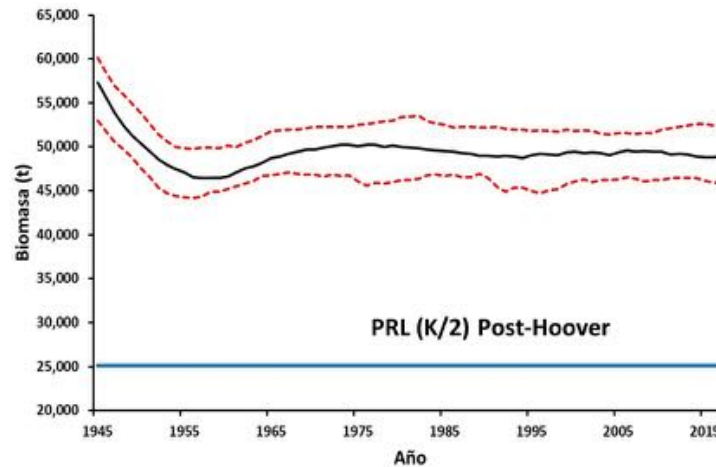


Figura 68. Trayectoria estocástica de biomasa total anual de totoaba en ausencia de captura dirigida de adultos y de machorros en arrastreros. Se considera aleatoriedad en las tasas de mortalidad natural.

En los primeros años de la serie la biomasa era mayor debido al aporte de agua del Río Colorado; en la segunda etapa, después de una ligera oscilación la trayectoria de biomasa se estabiliza y permanece constante hasta 2017. El modelo matricial se estabiliza alrededor de 50 mil t, cifra que ya había sido estimada para  $K$  en la fase post-Hoover por el método de Martell y Froese (2013). Esto es importante toda vez que se trata de dos modelos completamente distintos. El método de Martell y Froese resuelve el modelo de biomasa dinámica de Schaefer que no tiene estructura ni vulnerabilidad por edad, relación parentela-progenie ni forzamiento ambiental explícito. Todo lo anterior se incluye en el modelo matricial.

### *Efecto de mortalidad por pesca*

El mismo modelo con mortalidad natural aleatoria se calibró considerando captura de adultos en toda la serie hasta 1,400 t en 2017, captura incidental de machorros, y se comparó con las estimaciones de biomasa por eointegración y por censo larval. Como se puede apreciar, el modelo matricial se ajusta mejor a la biomasa obtenida por eointegración (figura 69).

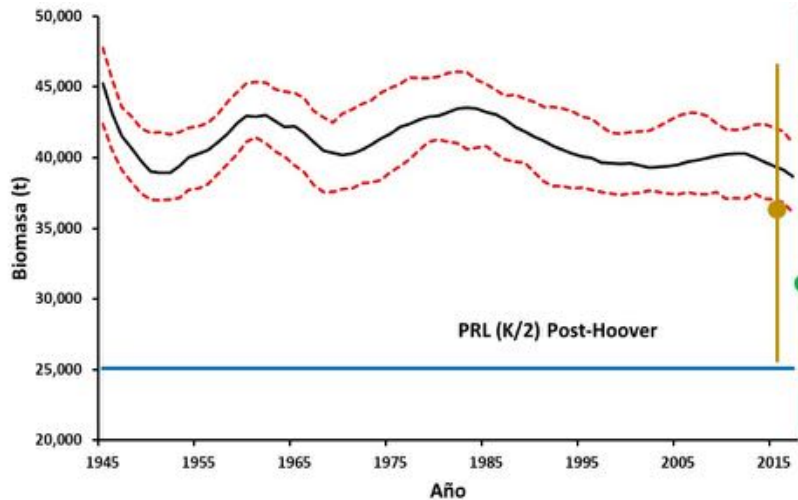


Figura 69. Biomasa de totoaba estimada con el modelo estructurado que incluye mortalidad natural aleatoria y pesca. Las líneas rojas indican un intervalo de 95% de confianza. Se muestran también las biomasa e intervalos de confianza estimadas por eointegración (café) y censo larval (verde).

El análisis indica que la trayectoria de la biomasa de totoaba va en descenso, aunque no está debajo del PRL ( $=K/2$ ). Se observa que cuando se implementó la veda total (1975) la biomasa iba en recuperación; debido al efecto combinado de pesca de sub-adultos y adultos además de captura incidental de machorros, a partir de la década de 1980 la biomasa comenzó a descender. En la última parte de la serie se observa el efecto de la pesca excesiva de totoabas como resultado del elevado precio del buche. La biomasa media total para 2017 estimada con el modelo es de 38,683 t (IC 95%: 36,126 t a 41,022 t).

#### *Comparación de las estimaciones de biomasa*

Para poner en perspectiva las estimaciones de biomasa por eointegración, censo larval y el modelo matricial, con la versión estocástica de este último se estimó la mediana de 50 distribuciones de biomasa por talla correspondientes al año 2017. Como se puede observar

(tabla 11), la biomasa de totoabas de la primera clase de edad (0 a 1 año) representa en promedio 0.54% del total, en tanto que la biomasa acumulada de las dos primeras clases de edad (0 a 1 y 1 a 2 años) representa el 2.15% del total. Si la estimación por ecointegración aplica a organismos desde 30 cm, la biomasa que no se obtiene por ese método es menor a 0.5% del total mientras que la estimada por el censo larval incluye totoabas a partir de 65 cm y por lo tanto la biomasa que no considera ese método es de menos de 1.5% del total. La estimada por el modelo para todas las clases de edad (0.5 a 26.5 años) representa el total de la población.

Tabla 11. Proporción estimada de la biomasa total de totoaba por grupo de edad y longitud.

| <b>Edad (años)</b> | <b>Longitud (cm)</b> | <b>Biomasa (t)</b> | <b>%</b> | <b>% Acumulado</b> |
|--------------------|----------------------|--------------------|----------|--------------------|
| 0.5                | 39.6                 | 202                | 0.54     | 0.54               |
| 1.5                | 68.0                 | 599                | 1.61     | 2.15               |
| 2.5                | 91.7                 | 911                | 2.44     | 4.59               |

#### *Efecto del reclutamiento variable*

Para investigar el efecto de reclutamiento variable además de mortalidad natural variable se incluyó en el modelo reclutamiento anual estocástico muestreado de distribuciones Normales con media igual al reclutamiento determinístico y coeficiente de variación de 15%. Como es posible observar (figura 70) al incluir reclutamiento variable la tendencia de la biomasa anual se mantiene similar al caso anterior, sin la recuperación observada en la década de 2010 y con intervalos de confianza más amplios. En consecuencia, se genera mayor incertidumbre sobre el tamaño de la biomasa anual de totoaba.



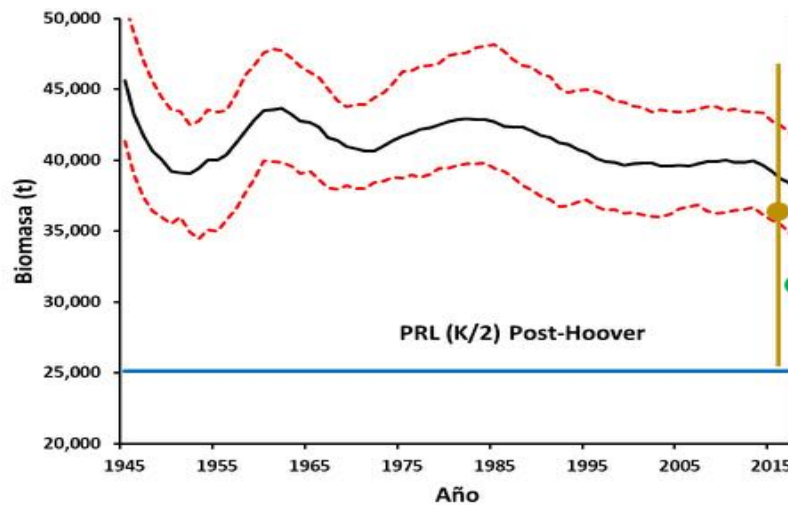


Figura 70. Biomasa de totoaba estimada con el modelo estructurado que incluye mortalidad natural y reclutamiento aleatorio además de pesca. Las líneas rojas indican un intervalo de 95% de confianza. Se muestran también las biomasa e intervalos de confianza estimadas por ecointegración (café) y censo larval (verde).

Para analizar con mayor detalle las propiedades de estabilidad de la población de totoaba ante la pesca se calculó la trayectoria de la biomasa total para la segunda fase (post-Hoover) para el período de 1945 a 1917. En este caso se incluyó tasa de mortalidad variable y se omitió reclutamiento variable. En ensayos realizados se observó que las trayectorias de biomasa son iguales y los intervalos de confianza se amplían. Para un número inicial de reclutas ( $N_{0,1945}$ ) de 1,000 totoabas de 0.5 años se simularon dos condiciones: 1) Cero capturas de ningún tipo, y 2) captura de machorros y adultos como la estimada para la serie. Cuando se omite la pesca, la biomasa totoaba crece rápidamente hasta un máximo medio de 70 mil t, oscila y después de 1990 se estabiliza alrededor de  $K=50$  mil t. Cuando se incorpora pesca la biomasa máxima media llega a 55 mil t, comienza a declinar a partir de la década de 1980 y en 2017 es de 36 mil t (figura 71).

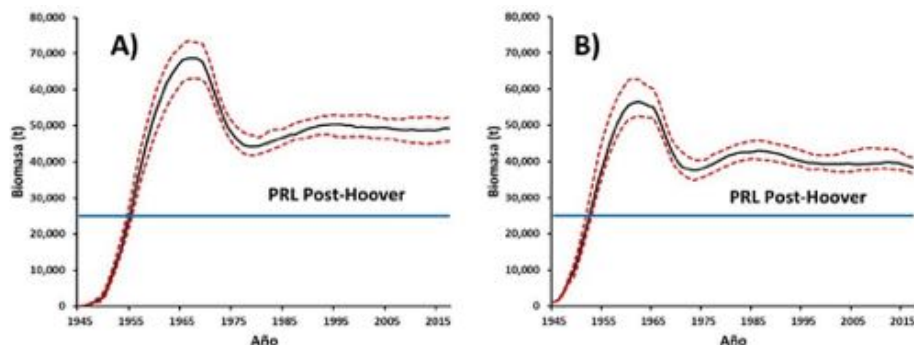


Figura 71. Trayectoria de biomasa total de totoaba iniciando con mil reclutas en 1945. A) sin pesca incidental de juveniles ni dirigida de adultos; B) Con pesca incidental de machorros y dirigida de adultos.

De este análisis se infiere que la población de totoaba se puede recuperar aún de un tamaño muy pequeño (mil reclutas) y después de oscilar debido a la denso-dependencia se estabiliza. Asimismo, se puede concluir que la pesca genera una tendencia decreciente en la trayectoria de biomasa.

Con el modelo anterior se realizó un análisis de sensibilidad de la población de totoaba a la pesca incidental de machorros (0.5 años promedio) en la flota arrastrera, así como a la pesca de pre-adultos y adultos como ocurrió en 2017 y proyectados hasta 2030 (figura 72).

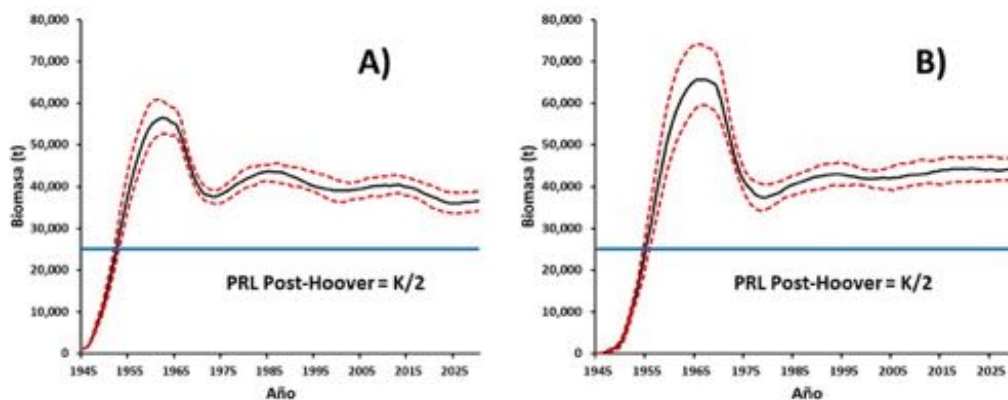


Figura 72. Efecto estimado de la pesca en la población de totoaba para la fase post-Hoover con forzamiento ambiental en la relación parentela-progenie. A) Con pesca incidental de machorros y dirigida de adultos; B) Con pesca incidental de machorros.

El análisis anterior indica que la pesca de totoabas mayores a 1.5 años tiene un mayor efecto negativo en la biomasa remanente que la pesca incidental de machorros. La pesca incidental por sí sola parece tener un efecto negativo bajo porque permite que el máximo de biomasa sea mayor que al incluir pesca dirigida de adultos y que la biomasa se recupere lentamente. En ambos casos en el año 2030 la biomasa de totoaba se mantiene por arriba del PRL. La pesca de machorros no permite que la biomasa llegue a 50 mil t (cf., figura 71 A) sino que la mantiene en 44 mil t (cf., figura 72 B); es decir, genera una pérdida de seis mil toneladas anuales comparando con el escenario de no pesca.

### Análisis de riesgo

Con el modelo estructurado se realizaron análisis de riesgo para orientar decisiones de manejo y conservación de la totoaba. Como línea base se consideró la trayectoria de biomasa de la totoaba desde 1925 hasta 2017, que incluye: 1) efecto del agua del Río Colorado en dos períodos, 2) pesca de sub-adultos y adultos registrada (1925 a 1975) e irregular (1975 a 2017), y 3) captura incidental de juveniles o machorros en la flota arrastrera (80 mil/año en promedio).

El riesgo se define como la probabilidad de que ocurra un evento no deseado. En biología de poblaciones el riesgo implica estimar la probabilidad de que la abundancia una especie disminuya por debajo de un límite considerado indeseable en un tiempo definido (Ginzburg et al. 1983). Para cada trayectoria de biomasa desde 2018 a 2030 se registró el número de veces que la biomasa anual estuvo debajo del PRL; la probabilidad de ese evento se estimó como  $P[B_t < PRL] = (\text{Número de veces en que la biomasa fue menor al PRL}) / (\text{número de simulaciones Monte Carlo})$ . Tratándose de una especie endémica protegida, el PRL considerado se incrementó en 20%; de esta manera la menor biomasa “aceptable” aumenta de 25,100 a 30,120 toneladas anuales. Esto hace los análisis de riesgo más conservadores o precautorios.

### *Escenario 1: captura constante igual a 2017*

El modelo ajustado se utilizó para estimar el efecto de la captura de totoabas mantenida en un nivel constante en el período de 2017 a 2030<sup>2</sup>. Como se observa (tabla 12), bajo este escenario la biomasa remanente disminuye ligeramente en el período de análisis, aunque permanece siempre arriba del PRL.

Tabla 12. Resultados del escenario 1.  $B_t$ =biomasa remanente en el año t;  $PRL=K/2*1.2$ ;  $P[B_t < PRL]$  es la probabilidad de que la biomasa de la población sea menor a PRL conservador en el año t; No. Hcapt=número de hembras capturadas.

| Escenario 1: Igual a 2017 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                       | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                        | 38,066 | 37,323 | 36,917 | 36,411 | 35,930 | 35,833 | 35,872 | 35,664 | 35,663 | 35,704 | 35,694 | 35,730 | 35,890 |
| PRL                       | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                   | 1,536  | 1,429  | 1,517  | 1,468  | 1,435  | 1,395  | 1,348  | 1,317  | 1,282  | 1,372  | 1,357  | 1,371  | 1,399  |
| $P[B_t < PRL]$            | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| No. Hcapt                 | 11,667 | 10,833 | 11,500 | 11,138 | 10,892 | 10,612 | 10,288 | 10,082 | 9,894  | 10,688 | 10,695 | 10,899 | 11,158 |

<sup>2</sup> Nota: Dado que el modelo incluye mortalidad natural variable aleatoriamente, la captura aproximadamente constante alrededor del valor esperado.

*Escenario 2: Captura constante, el doble de 2017*

Este escenario es claramente menos aceptable que el anterior porque la biomasa se reduce paulatinamente; en 2023 la probabilidad de que  $B_t < PRL = 0.34$  (tabla 13).

Tabla 13. Resultados del escenario 2.

| Escenario 2: Captura constante, el doble de 2017 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                              | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                               | 37,823 | 35,795 | 34,301 | 33,042 | 31,604 | 30,668 | 29,736 | 28,940 | 28,570 | 28,518 | 28,629 | 28,705 | 28,818 |
| PRL                                              | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                          | 2,927  | 2,861  | 2,786  | 2,860  | 2,807  | 2,908  | 2,941  | 2,819  | 2,730  | 2,815  | 2,946  | 2,832  | 2,857  |
| P[Bt<PRL]                                        | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.02   | 0.34   | 0.64   | 0.82   | 0.94   | 0.94   | 0.96   | 0.98   | 0.88   |
| No. Hcapt                                        | 22,518 | 22,105 | 21,630 | 22,269 | 21,957 | 22,782 | 23,216 | 22,417 | 21,801 | 22,657 | 23,826 | 23,198 | 23,339 |

*Escenario 3: Captura anual de 500 toneladas de adultos*

Este escenario es el mejor de los tres anteriores porque permite la biomasa se recupere, se mantenga arriba del PRL y se estabilice alrededor de 41 mil t en 2026 (tabla 14). Cabe hacer notar que en este trabajo se estima que al inicio de la década de 2010 se capturaban 500 toneladas de totoabas adultas en el Alto Golfo.

Tabla 14. Resultados para el escenario de manejo 3.

| Escenario 3: Captura anual de 500 toneladas |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                         | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                          | 38,254 | 38,636 | 39,028 | 39,588 | 39,971 | 40,282 | 40,608 | 40,871 | 40,991 | 41,213 | 41,453 | 41,454 | 41,684 |
| PRL                                         | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                     | 496    | 508    | 498    | 506    | 481    | 498    | 503    | 502    | 507    | 516    | 514    | 515    | 518    |
| P[Bt<PRL]                                   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| No. Hcapt                                   | 3,704  | 3,751  | 3,625  | 3,709  | 3,747  | 3,789  | 3,786  | 3,751  | 3,658  | 3,699  | 3,767  | 3,760  | 3,762  |

*Escenario 4: Captura de dos mil toneladas anuales*

Bajo este escenario la biomasa disminuye cada año, aunque el riesgo de que  $B_t < PRL$  es cero para la serie de años considerados, excepto 2029 y 2030 (tabla 15).

Tabla 15. Resultados del escenario 4.

| Escenario 4: Captura anual de 2,000 toneladas |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                           | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                            | 38,158 | 36,936 | 35,869 | 34,951 | 34,153 | 33,448 | 32,971 | 32,654 | 32,379 | 32,387 | 32,493 | 32,442 | 32,556 |
| PRL                                           | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                       | 2,210  | 2,131  | 2,092  | 2,027  | 1,990  | 1,976  | 1,914  | 1,986  | 1,935  | 1,931  | 1,902  | 1,888  | 1,908  |
| P[Bt<PRL]                                     | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.02   | 0.02   |
| No. Hcapt                                     | 16,947 | 16,271 | 15,938 | 15,408 | 15,160 | 15,153 | 14,802 | 15,540 | 15,241 | 15,316 | 15,209 | 15,243 | 15,397 |

*Escenario 5: Reclutamiento variable y captura igual a 2017*

En este escenario, además de variabilidad en las tasas de sobrevivencia se agregó reclutamiento variable asumiendo que sigue una distribución Normal con media igual a la que generara el modelo determinístico y coeficiente de variación de 15%. El riesgo de la población es igual de bajo al del escenario 1 (tabla 16), aunque la tendencia de la biomasa poblacional es ligeramente más decreciente (figura 73).

Tabla 16. Resultados del escenario 5, en donde se incluye pesca de adultos y machorros, variabilidad en las tasas de mortalidad natural y en el reclutamiento anual.

| Escenario 5: Captura igual a 2017 con reclutamiento variable |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                                          | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                                           | 38,932 | 38,326 | 37,872 | 37,234 | 36,647 | 36,273 | 35,911 | 35,272 | 34,733 | 34,391 | 33,949 | 33,777 | 33,484 |
| PRL                                                          | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                                      | 1,304  | 1,332  | 1,379  | 1,422  | 1,471  | 1,507  | 1,527  | 1,521  | 1,519  | 1,488  | 1,456  | 1,421  | 1,398  |
| P[Bt<PRL]                                                    | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.02   | 0.02   |
| No. Hcapt                                                    | 10,216 | 10,453 | 10,821 | 11,143 | 11,467 | 11,656 | 11,717 | 11,591 | 11,480 | 11,225 | 11,005 | 10,797 | 10,651 |

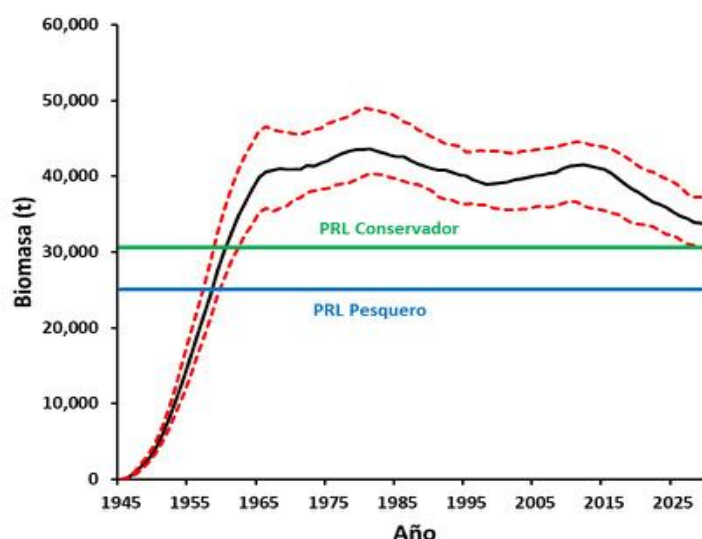


Figura 73. Efecto estimado de la pesca de adultos y juveniles en la población de totoaba; se incluye reclutamiento aleatorio Normal con coeficiente de variación de 15%. El PRL conservador es  $K/2 \times 1.2$  y el PRL pesquero es  $K/2$ .

#### Escenario 6: Captura de 2 mil t de adultos con reclutamiento variable

Bajo un escenario como el 4 pero agregando reclutamiento variable, la biomasa media varía más cada año y por lo tanto aumenta el riesgo de que  $B_t < PRL$  (tabla 17).

Tabla 17. Resultados del escenario 6.

| Escenario 6: Captura de 2,000 t con reclutamiento variable |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                                        | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                                         | 38,425 | 37,361 | 36,288 | 35,372 | 34,809 | 34,061 | 33,251 | 32,658 | 32,105 | 31,228 | 30,564 | 30,199 | 29,994 |
| PRL                                                        | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                                    | 2,148  | 2,011  | 1,975  | 1,972  | 1,940  | 1,935  | 1,908  | 1,939  | 1,953  | 1,954  | 1,955  | 1,965  | 1,959  |
| P[Bt<PRL]                                                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.06   | 0.10   | 0.16   | 0.24   | 0.40   | 0.48   | 0.54   |
| No. Hcapt                                                  | 16,229 | 15,301 | 15,156 | 15,245 | 15,104 | 15,104 | 14,975 | 15,193 | 15,287 | 15,305 | 15,330 | 15,416 | 15,312 |

*Escenario 7: Captura de 500 t de adultos con reclutamiento variable*

En un escenario similar al 3 pero en donde se incluye reclutamiento variable, se observa que la biomasa anual comienza a descender en 2028, aunque el riesgo sigue siendo cero en el período de tiempo considerado (tabla 18).

Tabla 18. Resultados del escenario 7.

| Escenario 7: Captura de 500 t con reclutamiento variable |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                                      | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                                       | 37,875 | 38,318 | 38,633 | 39,177 | 39,380 | 39,531 | 39,531 | 39,556 | 39,346 | 39,112 | 38,887 | 38,881 | 38,608 |
| PRL                                                      | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                                  | 508    | 497    | 500    | 500    | 500    | 500    | 499    | 497    | 497    | 501    | 499    | 496    | 495    |
| P[Bt<PRL]                                                | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| No. Hcapt                                                | 3 847  | 3 774  | 3 792  | 3 786  | 3 778  | 3 778  | 3 773  | 3 763  | 3 756  | 3 772  | 3 750  | 3 718  | 3 695  |

*Escenario 8: Igual al escenario 2, con reclutamiento variable*

Hasta ahora el escenario 2 había sido el que genera el mayor riesgo para la totoaba. Cuando se incluye reclutamiento variable el riesgo aumenta rápidamente desde 2021 y en 2024 es superior a 0.9 (tabla 19), un nivel de riesgo inaceptable.

Tabla 19. Resultados del escenario 8.

| Escenario 8: Captura de 2,400 t con reclutamiento variable |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                                        | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                                         | 37,723 | 35,877 | 34,173 | 32,546 | 31,182 | 29,706 | 28,431 | 27,210 | 26,156 | 25,055 | 24,062 | 23,236 | 22,556 |
| PRL                                                        | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                                    | 2,785  | 2,810  | 2,808  | 2,741  | 2,835  | 2,755  | 2,704  | 2,669  | 2,786  | 2,800  | 2,769  | 2,816  | 2,826  |
| P[Bt<PRL]                                                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.04   | 0.94   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| No. Hcapt                                                  | 21,398 | 21,663 | 21,724 | 21,319 | 22,215 | 21,812 | 21,664 | 21,607 | 22,774 | 22,962 | 22,836 | 23,295 | 23,393 |

*Escenario 9: Igual al escenario 8 sin pesca incidental de machorros*

Este escenario implica la implementación efectiva de excluidores de peces para evitar la captura de fauna acompañante de camarón (v. gr. García-Caudillo et al. 2000). Este escenario es un poco mejor al anterior porque el riesgo disminuye ligeramente (0.94 a 0.84) en 2023 aunque es igual (1.0) a partir de 2024 (tabla 20).

Tabla 20. Resultados del escenario 9.

| Escenario 9: Igual al escenario 8, sin captura de machorros |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                                         | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                                          | 37,847 | 36,013 | 34,278 | 32,606 | 31,173 | 29,715 | 28,303 | 27,059 | 25,994 | 24,938 | 24,021 | 23,191 | 22,555 |
| PRL                                                         | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                                     | 2,808  | 2,838  | 2,837  | 2,777  | 2,878  | 2,785  | 2,739  | 2,689  | 2,814  | 2,782  | 2,739  | 2,774  | 2,779  |
| P[Bt<PRL]                                                   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.02   | 0.84   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| No. Hcapt                                                   | 21,546 | 21,821 | 21,900 | 21,572 | 22,544 | 22,074 | 21,953 | 21,767 | 22,949 | 22,829 | 22,636 | 23,030 | 23,099 |

*Escenario 10: 500 t de adultos a partir de 3.5 años (1.11 m de largo total)*

Este escenario simula una captura total anual de 500 toneladas de totoabas que ya se han reproducido al menos en una ocasión. El modelo indica que esto permitiría que la biomasa se recupere 0.35%/año y por lo tanto que el riesgo sea nulo (tabla 21). Es importante volver a recordar que 500 t es la cifra estimada de captura irregular al inicio de la década de 2010, cuando la biomasa iba en ascenso (cf., figura 69) antes del reciente período de pesca descontrolada por el precio actual del buche.

Tabla 21. Resultados del escenario 10.

| Escenario 10: 500 t de adultos a partir de 3.5 años |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                                 | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                                  | 38,398 | 38,734 | 38,916 | 39,235 | 39,566 | 39,781 | 39,715 | 40,086 | 40,197 | 40,244 | 40,168 | 40,323 | 40,077 |
| PRL                                                 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                             | 529    | 507    | 509    | 510    | 516    | 518    | 515    | 508    | 501    | 501    | 500    | 504    | 508    |
| P[Bt<PRL]                                           | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| No. Hcapt                                           | 3,982  | 3,827  | 3,855  | 3,873  | 3,918  | 3,935  | 3,916  | 3,861  | 3,816  | 3,821  | 3,829  | 3,850  | 3,854  |

*Escenario 11: Igual al escenario 10 y sin captura de machorros*

Este escenario supone que además de capturar sólo totoabas adultas (3.5 años o mayores) se elimina la captura incidental de machorros. Como se observa (tabla 22), el resultado es contrario a lo que se esperaría comparado con el escenario previo: la biomasa media anual crece, aunque más lentamente (0.32%/año), lo cual puede deberse al proceso de denso-dependencia incluido en el modelo.

Tabla 22. Resultados del escenario 11.

| Escenario 11: 500 t de adultos a partir de 3.5 años y sin captura de machorros |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Año                                                                            | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
| Bt                                                                             | 37,885 | 38,190 | 38,595 | 39,157 | 39,327 | 39,552 | 39,815 | 39,701 | 39,640 | 39,557 | 39,419 | 39,403 | 39,378 |
| PRL                                                                            | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 | 30,120 |
| Captura                                                                        | 493    | 488    | 494    | 485    | 486    | 496    | 498    | 503    | 498    | 496    | 490    | 486    | 479    |
| P[Bt<PRL]                                                                      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| No. Hcapt                                                                      | 3,702  | 3,691  | 3,765  | 3,709  | 3,729  | 3,808  | 3,821  | 3,835  | 3,780  | 3,732  | 3,669  | 3,615  | 3,544  |

**Aplicación del Método de Evaluación de Riesgo (MER) a la totoaba**

El MER (SEMARNAT 2002) fue diseñado para evaluar el grado del riesgo de extinción que enfrenta una especie (o subespecie) silvestre en México. Los criterios que incluye son:

A) Amplitud de la distribución geográfica, B) Estado del hábitat para el desarrollo de la especie, C) Vulnerabilidad intrínseca, y D) Impacto de actividades humanas. En el presente estudio se aplicó el MER a la totoaba utilizando datos e información recientes además de los resultados de los análisis de riesgo. Los resultados son los siguientes:

Criterio A. Amplitud de la distribución. De acuerdo con los datos obtenidos en el desarrollo del presente proyecto se confirmó la presencia de totoabas juveniles, pre-adultas y adultas en su rango de distribución original y se extendió 400 km al sur hasta el poblado de Mármol, Sinaloa, 30 km al NW de Mazatlán a finales de 2016, así como en el área de La Paz, BCS (Dr. Antonio de Anda Montañez, com. pers. julio de 2017) (figura 74).

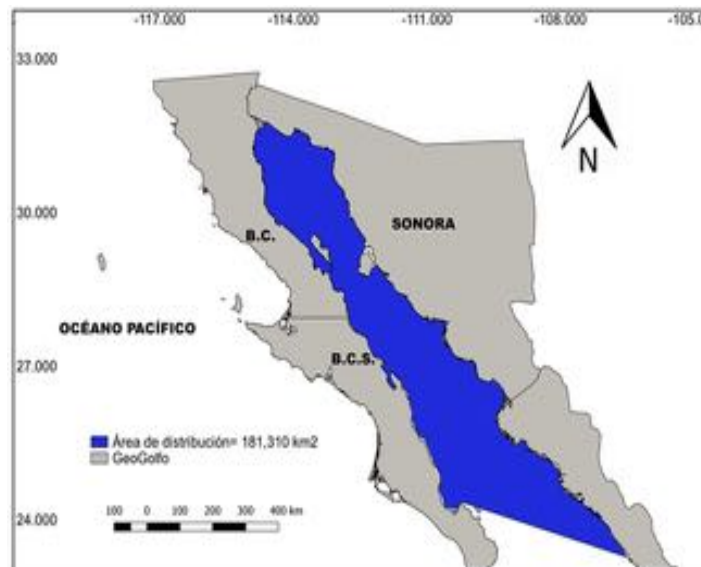


Figura 74. Distribución geográfica actual de totoaba.

La superficie del hábitat de la totoaba suma 181,310 km<sup>2</sup> lo cual representa 6.7% de la superficie de la Zona Económica Exclusiva de México (2'715,012 km<sup>2</sup>). De acuerdo con el criterio "A" del MER, la distribución de la totoaba en México se considera como restringida, obteniendo un valor de 3.

Criterio B. Estado del hábitat. La totoaba sigue presentando un patrón migratorio como el descrito originalmente: durante el invierno y primavera los adultos llegan al Alto Golfo de California, su área de desove, para luego emigrar al sur. Los juveniles migran al sur después de permanecer un par de años en el Alto Golfo y los organismos pre-adultos migrantes permanecen un tiempo en la costa Continental del Golfo de California y



posteriormente regresan al Alto Golfo cuando son adultos, para la temporada reproductiva. Originalmente se propuso que la totoaba era especie anádroma por sus hábitos de desove y crianza relacionados con el flujo de agua del Río Colorado en el delta (Berdegé 1995, Flanagan y Hendrickson 1976). Tras la reducción del flujo del Río Colorado se generaron condiciones antiestuarinas o de estuario negativo (Hernández-Ayón et al. 1993), es decir, con salinidades superiores en la cabeza que en la boca del estuario. Esto fue interpretado como factor de riesgo para la sobrevivencia de la especie en cuestión. No obstante, investigaciones recientes han demostrado que a pesar de las condiciones antiestuarinas, la totoaba continúa reproduciéndose exitosamente en el delta del Río Colorado (Valdez-Muñoz et al., 2010), aunque como se muestra en el presente trabajo la capacidad de soporte se redujo. Por otro lado, la variación del tamaño poblacional se relaciona a eventos climáticos de baja frecuencia (Valenzuela-Quíñonez 2014). Por lo anterior es que sobre el estado del hábitat para el desarrollo natural se consideró que la totoaba se encuentra en un estado intermedio o limitante, al cual corresponde un valor de 2.

Criterio C. Vulnerabilidad intrínseca. Como se ha mostrado, después de casi 40 años de veda y más de 20 años de establecida la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, la población de totoaba se ha recuperado. En el presente estudio y en estudios recientes (De Anda-Montañez et al. 2013, Valenzuela-Quíñonez et al. 2015) se muestra que la estructura de edades de la totoaba está completa e incluye organismos de 27 años. Estudios genéticos (Valenzuela-Quíñonez et al. 2016) reportan que la población de totoaba no presenta características de poblaciones que se dirijan hacia la extinción, no está fragmentada (existe panmixia) y está en expansión. En consecuencia, se considera que la vulnerabilidad intrínseca de la totoaba es baja, por lo que se le asignó un valor de 1.

D. Impacto de la actividad humana. A mediados del siglo pasado la totoaba sufrió una fuerte disminución poblacional debido a varias actividades humanas como la degradación de hábitat, captura incidental de juveniles en barcos camaroneros, pesca comercial y pesca deportiva. Como se ha explicado en el inicio del documento y en la **Discusión general**, considerando a la pesca dirigida actual sobre los adultos como lo más importante y a la captura incidental de machorros y reducción del flujo de agua al delta como efectos secundarios, se asignó un valor de 3 a esta categoría. En caso de que se pongan en práctica efectiva todas las regulaciones existentes la calificación debiera reducirse a dos.

Al hacer la sumatoria de los puntos obtenidos para cada criterio que recomienda la MER se obtiene un total de nueve puntos, por lo que podemos concluir que la población de totoaba no se encuentra en peligro de extinción ni amenazada.

## **Discusión**

En las poblaciones sujetas a pesquerías pueden existir cambios que conducen a la toma de decisiones de regulación y conservación: abundancia, composición demográfica, extensión geográfica y diversidad genética. El nivel en que se afectan estas características se relaciona con la intensidad de la explotación del recurso; en el colapso debido a la pesca se acentúan los efectos adversos.

Las decisiones de considerar a la población de *Totoaba macdonaldi* como especie en riesgo y en peligro crítico de extinción se basaron en la declinación de las capturas comerciales. En las décadas de 1970 a 2010 se argumentó que esta especie había sido diezmada por efecto de la pesquería. En el presente documento se analizan resultados de investigaciones recientes para evaluar la robustez de las medidas de conservación instrumentadas para la totoaba. Se muestra evidencia de que al momento de decretar la veda en 1975 la biomasa de la población iba en aumento. Como se ha mostrado (Cisneros-Mata et al. 1995) es muy probable que la baja en las capturas de totoaba se debió a que en las décadas de 1950 y 1960 los pescadores de totoaba se incorporaron a la pesquería de camarón.

Además de la pesca, el factor antropogénico que afectó en mayor grado a la población de totoaba (y de otras especies del Alto Golfo) es la disminución del flujo de agua del Río Colorado por el represamiento en EE. UU. y México con fines agrícolas y domésticos. El control del agua del río generó impactos más allá de la zona deltaica (Rodríguez et al. 2001). Como se mencionó en la sección inicial del presente documento, la totoaba ha estado sujeta a presión de pesca de tres tipos que inciden en igual número de estadios de su ciclo de vida: 1) captura incidental de juveniles o machorros (30 a 45 cm de longitud total, LT) en la flota arrastrera del Alto Golfo, 2) captura irregular “deportivo-recreativa” de pre-adultos (65 cm a 110 cm LT) en la costa occidental del Alto Golfo, y 3) captura irregular de adultos también en el Alto Golfo; esta última se exacerbó hace tres o cuatro años.

Estudios previos (Cisneros-Mata et al. 1997) además del análisis de escenarios mostrados en el presente trabajo indicaron que la captura incidental de machorros no es el factor limitante para la población de totoaba. La captura “deportivo-recreativa”, por otro lado, no ha sido evaluada, aunque es una actividad común en San Felipe, BC y al sur de ese puerto. Esa pesquería ha estado presente desde hace al menos tres décadas e incide en los pre-adultos, la fracción más vulnerable de la población de totoaba. Aunque en 1975 se instrumentó una veda permanente de la pesquería, la captura furtiva nunca se detuvo y en los últimos cuatro años se ha intensificado debido al exorbitante valor de la vejiga gaseosa o buche que ha llegado a valer entre tres y ocho mil dólares por kilogramo, peso fresco en 2017 y al parecer más en 2018.

Las diversas medidas de regulación existentes para proteger a la totoaba no han sido efectivas. En 1976 se incluyó a la totoaba en CITES y en 1979 los EE. UU. la incorporaron a su lista de especies en peligro para detener las importaciones. En 1993 se decretó la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (RAG), en parte para proteger a la vaquita marina (*Phocoena sinus*), que se consideraba amenazada por las redes de pesca de totoaba. En 2010 fue incluida como especie en peligro crítico en la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) (Findley 2010). Sin embargo, ninguna de esas medidas ha sido implementada con eficacia y actualmente el riesgo de extinción inminente de la vaquita se asocia a la pesca ilegal y excesiva de totoaba.

Si la totoaba ha de ser considerada como un recurso pesquero se debe antes garantizar que su captura sea muy controlada. Aunque la mortalidad incidental de juveniles de totoaba no es el factor limitante, deberán hacerse esfuerzos para minimizarla. Estudios previos demuestran que los dispositivos excluidores de peces en el Alto Golfo pueden excluir hasta en 80% la captura incidental de totoaba en la pesca de camarón (García-Caudillo et al. 2000). Por otro lado, claramente se debe poner alto a la pesca furtiva de sub-adultos y adultos. Los análisis aquí mostrados concuerdan con estudios previos basados en la demografía de totoaba (Cisneros-Mata et al. 1997). Los grupos de edad de 1.5 a 3.5 años son los más importantes para la tasa neta de crecimiento de la población  $\lambda$  como medida de su ajuste (“fitness”) al medio. Si la reducción del flujo de agua del Río Colorado no se restablece, cosa casi segura, entonces se debe asumir que la capacidad de soporte de la

totoaba no es la misma antes de los represamientos. En consecuencia, se deben redoblar esfuerzos para reducir la captura de sub-adultos y adultos, que son actualmente la mayor fuente de riesgo para la totoaba.

Estudios recientes (De Anda-Montañez et al. 2013, Valenzuela-Quíñonez 2014, Valenzuela-Quíñonez et al. 2015, INAPESCA 2017) señalan de manera inequívoca que el rango de distribución geográfica de la totoaba no sólo es semejante sino más extendido hacia el sur del originalmente reportado. Valenzuela-Quíñonez et al. (2015) concluyeron que las migraciones de totoaba en la parte sur de Sonora han sido constantes en invierno en las últimas décadas. En 2013 registraron un organismo capturado en la desembocadura del Río Fuerte (Sinaloa), considerado como su límite de distribución más sureño en la ribera continental del Golfo de California. En diciembre de 2016 se corroboró lo anterior (INAPESCA 2017) y además se consignó una extensión de rango 400 km al sur del límite anteriormente considerado como límite sur. Tres ejemplares capturados en Mármol, Sinaloa (40 km al norte de Mazatlán) fueron fotografiados e identificados.

Juveniles (“machorros”) de totoaba fueron registrados abundantemente al inicio de la presente década (Valenzuela-Quíñonez et al. 2015) en el Alto Golfo de California, su zona tradicional de distribución (Barrera-Guevara 1990, Cisneros-Mata et al. 1995). Asimismo, en otoño de 2016 observadores a bordo de la flota arrastrera capturaron machorros en su zona tradicional de distribución (INAPESCA 2017).

Valenzuela-Quíñonez et al. (2014), en un estudio de genética poblacional plantearon la hipótesis de que si la totoaba se encontraba en peligro de extinción su población debería presentar características de una especie que en el pasado había sido diezmada: reducción de variabilidad genética y evidencia de un cuello de botella. Se llevaron a cabo 13 campañas de muestreo en el Golfo de California entre los años 2010 y 2013. Los análisis incluyeron diversidad genética, estructura poblacional, demografía histórica y tamaño efectivo poblacional. Se amplificaron 14 loci específicos para totoaba.

Los análisis indicaron que la población de totoaba no sufrió una reducción en la variabilidad genética. En cuanto a su estructura genética, los análisis no permitieron rechazar la hipótesis de panmixia (entrecruzamiento al azar) de totoaba en el Golfo de California. Lo anterior permite inferir que no existe evidencia de depresión por endogamia

como se esperaría en una población pequeña (v.gr., Kapuscinski y Miller 2007). La población de totoaba no atravesó por un cuello de botella ni ha sufrido un impacto cuantificable en los niveles de variabilidad genética neutral evaluada mediante marcadores microsatélites. Se concluyó que hubo una reducción poblacional ocurrida en el Holoceno, posiblemente debida a cambios oceanográficos y ecológicos. Si bien se desconoce el tamaño efectivo ( $N_e$ ) de la totoaba antes del aparente colapso pesquero, su tamaño le permite mantener su variabilidad genética para enfrentar las potenciales futuras adversidades ambientales. Valenzuela-Quíñonez et al. (2015) y Valenzuela-Quíñonez et al. (2016) mencionan la utilización de 16 loci microsatélites y tres marcadores de ADN mitocondrial para evaluar la estructura de la población y la demografía de la totoaba en el Golfo de California, con muestras de sitios que abarcan su distribución geográfica reconocida. Además de confirmar la panmixia de totoaba, la diversidad genética del ADN mitocondrial aportó evidencia de una expansión de la población.

Valenzuela-Quíñonez et al. (2015) concluyeron que no ha habido una contracción de la población de totoaba en la actualidad ni en el pasado reciente. La estructura de tallas no mostró estar truncada como se esperaría en una población sobreexplotada; coincide con la estructura reportada para el mismo arte de pesca en la década de 1980 y 1990, así como en el periodo previo a la declaratoria de veda en 1975. Los autores concluyen que la gran cantidad de juveniles de totoaba capturados con diversos artes de pesca, lo cual es interpretado como un elemento para concluir que el estado de la población de totoaba no es de una especie en peligro. No obstante, lo anterior, es necesario llevar a cabo estudios adicionales sobre la demografía de la totoaba para evaluar con mayor precisión el estado actual de la población. En particular, es conveniente monitorear de nuevo a lo largo del rango de distribución para evaluar el efecto de la presión de pesca tan elevada durante los últimos cuatro o cinco años.

En el presente trabajo se reportan las primeras estimaciones de biomasa de totoaba realizadas mediante dos métodos diferentes e independientes de los datos derivados de la pesca. Se estimó la biomasa utilizando los métodos de eointegración (Simmonds y MacLennan 2005) y censo larval (Smith 1972). La biomasa estimada por este método fue de 36,429 t de organismos mayores o iguales a 30 cm LT. Mediante una modificación al método de censo larval (v.gr. Stauffer y Picquelle 1981), de enero a junio de 2017 se

recolectaron muestras de plancton en una red fija de estaciones en el Alto Golfo de California incluida la zona del delta del Río Colorado (Kramer et al. 1972). Con las larvas tempranas de totoaba, la fecundidad promedio de las hembras y la proporción de sexos (De Anda-Montañez et al. 2013, Valenzuela-Quíñonez 2014) se estimó una biomasa de 32,339 t de totoabas de tamaño igual o superior a 65 cm LT, su talla mínima de madurez sexual.

Todas las evidencias pasadas y recientes, incluyendo el resultado de aplicar el MER, permiten concluir que la población de totoaba no presentó antes ni presenta ahora características de poblaciones que la dirijan hacia la extinción. Lo anterior no significa que se pueda permitir la pesca indiscriminada de sub-adultos y adultos como se observó en años recientes, en especial en 2017. Ese es el gran reto del manejo y conservación de la totoaba. La población de totoaba se encuentra en un estado de abundancia poblacional relativamente estable y menor al original. Su distribución geográfica actual es amplia, tiene una estructura de edades adecuada, no muestra síntomas de daños de la diversidad genética de la población. Sin embargo, la presión ejercida por la pesca no regulada en un contexto ambiental favorable pero reducido sugieren que la explotación está limitando el potencial de crecimiento de la población, afectando su recuperación. La captura furtiva de totoaba en los últimos años se está llevando a cabo en niveles superiores a los de renovación actual de la población por lo que tiende a mantener a la misma en el estado de menor abundancia poblacional al que transitó.

Además de que la resiliencia puede ser representada por la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ), también se define como la capacidad de una población para adaptarse a cambios ambientales, incluidos cambios de régimen climático (Waldman et al. 2016). En este reporte se entiende que la población de totoaba se ha adaptado a un cambio de régimen ambiental. Muchas investigaciones mencionan que las condiciones del Alto Golfo cambiaron drásticamente luego del control de las aguas del Río Colorado. El Alto Golfo es la única zona conocida de agregación para desove y de crianza para las totoabas por lo menos desde hace seis mil años (Rowell et al. 2008), ergo el hecho de que siga existiendo y llevándose a cabo la reproducción en esa misma zona habla de una gran resiliencia de esta especie. Sin embargo, la reducción de volumen de agua, así como de sitios de protección para los juveniles y tal vez de nutrientes parece haber reducido la  $K$ , pese a que  $r$  no cambió.

La pesca deportivo-recreativa de totoaba se practica con línea y anzuelo y por la selectividad representa menor riesgo de sobrepesca. Sin embargo, de decretarse este tipo de actividad se requiere que no se extraigan más organismos de los recomendables de acuerdo con uno o varios puntos de referencia, que deben ser conservadores. El éxito de la reducción significativa de la captura incidental de machorros en redes de arrastre dependerá del tipo de excluidor y zonas/tiempos de no-pesca, así como de la inspección y vigilancia eficaz de esa medida. Finalmente, el retiro inmediato de redes totoaberas es una responsabilidad y obligación de todas las autoridades competentes.

Los tres elementos antes mencionados deben atenderse de manera prioritaria para luego buscar esquemas de aprovechamiento de totoaba. Una posibilidad es implementar cuotas de captura, en un proceso similar al de la curvina golfina que tiene varios años bajo ese esquema. Un proceso de esa naturaleza debe incluir estrategias y tácticas específicas para la totoaba atendiendo a lo que se conoce de su ciclo de vida: sitios de pesca, refugios permanentes, y fechas de captura. Esto debe definirse de manera colegiada por un panel de expertos y autoridades de SEMARNAT, CONABIO y SAGARPA, incluyendo representantes de OSC conservacionistas, de ser preciso. La coordinación intersecretarial será necesaria para dar seguimiento a un programa de aprovechamiento emanado de tal grupo de expertos. La correcta comunicación debe ser un elemento *sine qua non* en un proceso de este tipo; para ello se deberá establecer un mecanismo expedito y confiable.

## Conclusiones

Con base en los resultados de la ejecución del presente proyecto se está en posibilidad de responder las preguntas originales:

### 1. ¿Cuál es la abundancia actual de la totoaba?

- De acuerdo con el método de área barrida, la biomasa de machorros (<65 cm LT) en 2017 fue de 52 toneladas, la mayoría concentrados en la costa peninsular del alto Golfo de California.
- De acuerdo con el censo larval, la biomasa media de reproductores ( $\geq 65$  cm LT) es de 32,337 toneladas. Los desoves se detectaron únicamente en la costa de San Felipe, BC y sólo en marzo de 2017.

- De acuerdo con el método de hidroacústica la biomasa media de totoabas  $\geq 30$  cm LT es de 36,429 toneladas, la mayoría en el Alto Golfo de California.
- De acuerdo con el modelo estructurado, en 2017 la biomasa media total es de 38,683 toneladas.

## **2. ¿Cuál es su estado de salud?**

- La biomasa de totoaba fue afectada negativamente por la disminución de agua del Río Colorado. Se identificaron dos períodos de biomasa que se relacionan con esa variable. Actualmente la capacidad de soporte (K) es de 50 mil toneladas, observándose una reducción de 30% comparada con el período previo.
- En el segundo período (post-presa Hoover) la variabilidad de reclutamiento de totoaba disminuyó sensiblemente. Esto y la longevidad (27 años) atenúan la variabilidad de la biomasa total y por lo tanto reducen la incertidumbre del manejo.
- La población de totoaba tiene una fuerte relación compensatoria mediante la cual una cantidad relativamente pequeña de adultos reproductores generan un reclutamiento relativamente grande.
- La biomasa de totoaba se comenzó a recuperar poco después de implementarse la veda (1975); la tendencia positiva siguió hasta la década de 1980; hace unos pocos años la tendencia decreciente aumentó.
- La distribución geográfica se ha extendido 400 km al sur de la reportada, hasta llegar a Mazatlán, Sin. y a La Paz, BCS.
- El análisis de organismos observados a bordo de embarcaciones arrastreras y del BIP XI, así como en el Alto Golfo sugiere que la población de totoaba está bien estructurada tanto en tamaños como en edades.
- La trayectoria de biomasa anual está por arriba del punto de referencia límite, pero en los últimos cinco años va en rápido descenso. Esto último debe atribuirse a la pesca excesiva de pre-adultos y adultos en el Alto Golfo a partir de 2010 y sobre todo en 2017, cuando se capturaron al menos 1,400 toneladas.
- La captura incidental de machorros en los barcos arrastreros tiene un impacto menor en la biomasa de la totoaba que la captura de sub-adultos y adultos.



**3. ¿Cuáles son las amenazas principales y qué tan grande es el riesgo de su población?**

- La principal amenaza actual para la población de totoaba es la pesca sin control de sub-adultos y adultos que se congregan de enero a junio en el Alto Golfo durante el período de reproducción. Esto hace a la totoaba particularmente vulnerable, fenómeno que se ha exacerbado en los últimos 4-5 años cuyos efectos ya se aprecian en la población de totoaba. Ese régimen de captura no es sostenible.
- Bajo un esquema de captura controlada y para un punto de referencia límite (PRL) común, el menor riesgo para la población de totoaba es permitir 500 t de totoabas adultas (edad  $\geq 3.5$  años) cada año y eliminar la captura incidental de machorros.
- Una amenaza secundaria es la captura de machorros en la flota arrastrera, que se puede minimizar utilizando adecuadamente dispositivos excluidores de peces.
- Una amenaza permanente es la reducción de la capacidad de soporte (K) debida a la reducción del ingreso de agua del Río Colorado a la zona deltaica, que es en donde se reproducen los adultos y es también en donde se alimentan y crecen los juveniles de totoaba.
- La aplicación del MER ubica a la población de totoaba en categoría de fuera de peligro de extinción o amenazada. Este estatus puede cambiar rápidamente si no se detiene la pesca ilegal de pre-adultos y adultos por el alto precio de la vejiga gaseosa.

**Literatura citada**

All, J.D. 2006. Colorado River floods, droughts, and shrimp fishing in the upper Gulf of California, Mexico. *Environmental Management* 37(1): 111-125.

Andrews, K.I. y M. Mangel. 2012. Asymptotic size and natural mortality of long-lived fish for data poor stock assessment. *Fish. Res.* 127-128: 45-48.

Aragón-Noriega, E.A. y L.E. Calderón-Aguilera. 2000. Does damming of the Colorado River affect the nursery area of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Decapoda: Penaeidae) in the Upper Gulf of California? *Rev. Biol. Trop.* 48(4): 867-871.

Arrizabalaga, H., M. Murua y J. Majkowski. 2012. Global status of tuna stocks: summary sheets. *Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia* 19(8): 645-676.

Arvizu, J. y H. Chávez. 1972. Sinopsis sobre la biología de la totoaba *Cynoscion macdonaldi*, Gilbert 1890. *FAO Fish. Synop.* 108. 21 p.

Barrera-Guevara, J.C. 1990. The conservation of *Totoaba macdonaldi* (Gilbert), (Pisces: Sciaenidae), in the Gulf of California, México. *Journal of Fish Biology.* 37 (Supplement A), 201-2027

Beers, J.R. 1976. Zooplankton fixation and preservation. Determination of zooplankton biomass. Steedman, H.F. *UNESCO Paris* 35-84.

Berdegúe, J. 1955. La pesquería de totoaba (*Cynoscion macdonaldi*) en San Felipe, Baja California. *Revista Mexicana de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 16: 45-78.

Caddy, F.J. 1990. Death rates and time intervals: is there an alternative to the constant natural mortality axiom? *Rev. Fish Biol. Fish.* 1:109-138.

Caswell, H. 2001. Matrix population models: construction, analysis, and interpretation. Second edition. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.

Cisneros-Mata, M.A., G. Montemayor-López y M.J. Román-Rodríguez. 1995. Life history and Conservation of *Totoaba macdonaldi*. *Conservation Biology* 9 (4): 806-814.

Cisneros-Mata, M.A., L. W. Botsford y J.F. Quinn. 1997. Projecting viability of *Totoaba macdonaldi*, a population with unknown age-dependent variability. *Ecological Applications* 7(3): 968-980.

CITES. 2016. Totoaba (*Totoaba macdonaldi*) - Oportunidades de colaboración internacional en el marco de la CITES. Documento SC66 Doc. 58 presentado por la delegación mexicana. Sexagésimo sexta reunión del Comité Permanente. Ginebra (Suiza), 11-15 de enero de 2016.

De Anda-Montañez, J. A., F.J. García de León, T. Zenteno-Savín, E. Balart-Páez, L.C. Méndez-Rodríguez, N. Bocanegra-Castillo, S. Martínez-Aguilar, L. Campos-Dávila, M.J. Román-Rodríguez, F. Valenzuela-Quinoz, M.E. Rodríguez-Jaramillo, M.E. Meza-Chávez, J.J. Ramírez-Rosas, I.J. Saldaña-Hernández, N.O. Olguín-Monroy y M.E. Martínez-Delgado. 2013. Estado de salud y estatus de conservación de la (s) población (es) de totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en el Golfo de California: una especie en peligro de extinción. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur. Informe Fial, SNIB-CONABIO. Proyecto No. HK050, México, D.F.

Díaz, S.C., R. Touchan y T.W. Swetnam. 2001. A tree-ring reconstruction of past precipitation for Baja California Sur, Mexico. *Int. J. Climatol.* 21: 1007-1019.

Findley, L. 2010. *Totoaba macdonaldi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T22003A9346099.<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T22003A9346099.en>

Flanagan, C.A. y J.R. Hendrickson. 1976. Observations on the commercial fishery and reproductive biology of the totoaba, *Cynoscion macdonaldi*, in the northern Gulf of California. Fishery Bulletin 74: 531-544.

Fonteneau, A., D. Gaertner y V. Nordstrom. 1999. An overview of problems in the CPUE-abundance relationship for the tropical purse seine fisheries. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 49 (3): 259-276.

García-Caudillo, J.M., M.A. Cisneros-Mata y A. Balmori-Ramírez. 2000. Performance of a bycatch reduction device in the shrimp fishery of the Gulf of California, México. Biological Conservation 92:199-205.

Gayanilo, F.C., P. Sparre y D. Pauly. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8. Roma. 168 pp.

Ginzburg, L.R., L.B. Slobodkin, K. Johnson y A.G. Bindman. 1982. Quasiextinction probabilities as a measure of impact on population growth. Risk Analysis 21: 81-106.

Hernández-Ayón, J.M., M.S. Galindo-Bect, B.P. Flores-Báez y S. Álvarez-Borrego. 1993. Nutrient concentrations are high in the turbid waters of the Colorado River delta. Estuarine, coastal and Shelf Science 37: 593-602.

Hilborn, R. y C.J. Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. Routledge, Chapman & Hall, Inc. New York, NY. 570 pp.

Hyde, J.R., E. Lynn, R. Humphreys, M. Jr. Musyl, A.P. West y R. Vetter. 2005. Shipboard identification of fish eggs and larvae by multiplex PCR, and description of fertilized eggs of blue marlin, shortbill spearfish, and wahoo. Mar. Ecol. Prog. Ser. 286: 269-277.

Ivanova, V.N., S.T. Zemlak, H.R. Hanner y D.N.P. Hebert. 2007. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding. Mol. Ecol. Notes.7: 544-548.

Kapuscinski, A.R. y L.M. Miller. 2007. Genetic guidelines for fisheries management. Segunda edición. University of Minnesota Sea Grant Program. Duluth, Minnesota.

Kolding, J., R. Law, M. Plank y P.A.M. van Zwieten. 2016. Cap. 5.5 The optimal fishing pattern p. 524-540 en J.F. Craig (ed.) Freshwater Fisheries Ecology, 1ra Edición. John Wiley & Sons, Ltd.

Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates substitutions through comparative studies of nucleotide sequence. *J. Molec. Evol.* 16, 111-120.

Kramer, D., M.J. Kalin, E.G. Stevens, J.R. Thrailkill y J.R. Zweifel. 1972. Collecting and processing data on eggs and larvae in the California Current region. NOAA Tech. Rep. NMFS CIRC-370: 1-38.

Kvamsdal, S.F., A. Eide, N.A. Ekerhovd, K. Enberg, A. Gudmundsdottir, A.H. Hoel, K.E. Mills, F.J. Mueter, L. Ravn-Jonsen, L.K. Sandal, J.E. Stiansen y N. Vestergaard. 2016. Harvest control rules in modern fisheries management. *Elementa: Science of the Anthropocene* 4: 000114 doi: 10.12952/journal.elementa.000114.

Kwarfo-Apegyah, K., P.K. Ofori-Danson y F.K.E. Nunoo. 2009. Exploitation rates and management implications for the fisheries of Bontanga Reservoir in the northern region of Ghana. *West African Journal of Applied Ecology* 14: 1-24.

Lercari D. y E.A. Chávez. 2007. Possible causes related to historic stock depletion of the totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Perciformes: Sciaenidae), endemic to the Gulf of California. *Fisheries Research* 86:136-142.

Lighten J., D. Incarnato, B.J. Ward, C. van Oosterhout, I. Bradbury, M. Hanson y P. Bentzen. 2016. Adaptive phenotypic response to climate enabled by epigenetics in a K-strategy species, the fish *Leucoraja ocellate* (Rajidae). *R. Soc. open sci.* 3: 160299.

Lynch, P.D., K.W. Shertzer y R.J. Latour. 2012. Performance of methods used to estimate indices of abundance for highly migratory species. *Fisheries Research* 125–126 (2012): 27–39.

Magnuson, J.J. 1962. An analysis of aggressive behavior, growth, and competition for food and space in medaka (*Oryzias latipes* (Pisces, Cyprinodontidae)). *Can. J. Zool.* 40: 313–363.

Martell, S. y R. Froese. 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries* 14(4): 504-514.

McClatchie, S., G.J. Macaulay y R.F. Coombs. 2003. A requiem for the use of 20log10 length for acoustic target strength with special reference to deep-sea fishes. *ICES J. Mar. Sci.* 60: 419–428.

Molina-Váldez, D., M.A. Cisneros-Mata, R. Urías-Sotomayor, C. Cervantes-Vaca y M.A. Márquez-Tiburcio. 1988. Prospección y evaluación de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en el Golfo de California. Informe final al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Guaymas, Instituto Nacional de la Pesca, Guaymas, Sonora, México.

Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES J. Mar. Sci.* 39 (2): 175-192.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters, a manual for use with programmable calculators. ICLARM Studies and Reviews 8, 325 pp.

Pedrin-Osuna, O., J.H. Córdova-Murueta y M. Delgado-Marchena. 2001. Crecimiento y mortalidad de la totoaba, *Totoaba macdonaldi*, del alto Golfo de California. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15: 131-140.

Pulwarty, R.S. y T.S. Melis. 2001. Climate extremes and adaptive management on the Colorado River: Lessons from the 1997–1998 ENSO event. Journal of Environmental Management 63: 307-324.

Rodríguez, C.A., K.W. Flessa, M.A. Téllez-Duarte, D.L. Dettman y G.A. Ávila-Serrano. 2001. Macrofaunal and isotopic estimates of the former extent of the Colorado River estuary, upper Gulf of California, Mexico. Journal of Arid Environments 49: 183-193.

Román-Rodríguez, M.J. 1994. Edad y crecimiento de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) Gilbert en el Alto Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. CICESE. 90 pp.

Román-Rodríguez M.J. y M.G. Hammann. 1997. Age and growth of totoaba *Totoaba macdonaldi* (Scianidae), in the upper Gulf of California. Fish. Bull. 95: 620-628.

Rosales-Juárez, F. y E. Ramírez-González. 1987. Estado actual del conocimiento sobre la totoaba (*Cynoscion macdonaldi*), Gilbert 1890. Secretaría de Pesca. 42 pp.

Rose, K.A., J.H. Cowan, K.O. Winemiller, R.A. Myers y R. Hilborn. 2001. Compensatory density dependence in fish populations: importance, controversy, understanding and prognosis. Fish and Fisheries 2: 293–327.

Rowell, K., K.W. Flessa, D.L. Dettman, M.J. Román, L.R. Gerber y L.T. Findley. 2008. Diverting the Colorado River leads to a dramatic life history shift in an endangered marine fish. Biological Conservation 141: 1138 –1148.

Rowell, T., D. Demer, O. Aburto-Oropeza, J.J. Cota-Nieto, J. Hyde y B. Erisman. 2017. Estimating fish abundance at spawning aggregations from courtship sound levels. Scientific Reports. 7:3340 DOI:10.1038/s41598-017-03383-8.

SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 Protección ambiental–especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo de 2002, Segunda Sección. México.

Shepherd, J.G. 1982. A versatile new stock and recruitment relationship for fisheries and construction of sustainable yield curves. J. Cons. Int. Explor. Mer 10: 67-75.

Simmonds, J. y D. MacLennan. 2005. Fisheries Acoustics. Fisheries Techniques. <http://doi.org/10.1007/BF00043522>.

Smith, M.E y L.A. Fuiman. 2003. Causes of growth depensation in red drum, *Sciaenops ocellatus*, larvae. Environmental Biology of Fishes 66: 49–60.

Smith, P. E. 1972. The increase in spawning biomass of northern anchovy *Engraulis mordax* Nat. Mar. Fish. Serv., SFC, La Jolla, Calif. Fish. Bull. 70 (3).849-874.

Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1981. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. Segunda edición. NY, 859 pp.

Sparre, P. y S.C. Venema. 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. Part I Manual. FAO Fisheries Technical Paper 306.1, Rev. 2. FAO, Roma 407 pp.

Stauffer, G.D. y S. Picquelle. 1981. Estimate of the spawning biomass of the northern anchovy central subpopulation for the 1980-81 fishing season. California Cooperative Oceanographic Fisheries Report 22: 8-13.

Tamura, K., J. Dudley., M. Nei y S. Kumar. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. Molecular Biology and Evolution 24:1596-1599.

Thompson, J.D., D.G. Higgins y T.J. Gibson. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. Nucleic Acids Res. 1994, Vol.22.

Valdez-Muñoz, C., E.A. Aragón-Noriega, A. Ortega-Rubio, C.A. Salinas-Zavala, J.A. Arreola-Lizárraga, S. Hernández-Vázquez y L.F. Beltrán-Morales 2010. Distribución y abundancia de juveniles de totoaba, *Totoaba macdonaldi*, y la salinidad del hábitat de crianza. Interciencia 35(2): 136-139.

Valenzuela-Quíñonez, F. 2014. Genética y dinámica poblacional de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*, Gilbert, 1891) en el Golfo de California. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz Baja California Sur, México.

Valenzuela-Quíñonez, F., J.C. Garza, J.A. de Anda-Montañez y F.J. García-de-León. 2014. Inferring past demographic changes in a critically endangered marine fish after fishery collapse. ICES Journal of Marine Science 71(7): 1619-1628.

Valenzuela-Quíñonez, F., F. Arreguín-Sánchez, S. Salas-Márquez, F.J. García-De León, J. Garza, M.J. Román-Rodríguez, y J.A. De Anda-Montañez. 2015. Critically endangered totoaba *Totoaba macdonaldi*: signs of recovery and potential threats after a population collapse. Endang. Species Res. 29:1-11.

Valenzuela-Quíñonez, F., J.A. de-Anda-Montañez, E. Gilbert-Horvath, J.C. Garza y F.J. García-de-León. 2016. Panmixia in a critically endangered fish: The totoaba (*Totoaba macdonaldi*) in the Gulf of California. *Journal of Heredity* 2016: 496–503.

Villamar, A. 1980. *Totoaba*, un nuevo género de la familia Scianidae en el Golfo de California, México (Pisces: Teleostei). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas de México* 23: 129-133.

Waldman, J., K.A. Wilso, M. Mathe y N.P. Snyder. 2016. A resilience approach can improve anadromous fish restoration. *Fisheries* 41(3): 116-126.

Ward, R.D., T.S. Zemplak, B.H. Innes, P.R. Last y P.D.N Hebert. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 360: 1847-1857.

Anexo 1. Informe físico-financiero sintético del proyecto “Evaluación de la población de totoaba”.

Se muestra en dos partes debidamente diferenciadas. LA PRIMERA, está referida a los gastos realizados en 2016 y LA SEGUNDA ofrece la relación de gastos llevados a cabo en 2017. Asimismo, se dispone de archivos en Excel de una relación completa de las comisiones, ministración, conciliaciones bancarias, lista de materiales y servicios para una mejor comprensión de la información presentada.

| RELACIÓN DE GASTOS/TOTOABA 2016-2017 |                                      |                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| AÑO                                  | CONCEPTO                             | CANTIDAD        |
| 2016                                 | RECURSO OTORGADO                     | \$ 4,000,025.56 |
|                                      | PAGO DE 4 TÉCNICOS Y 5 OBSERVADORES  | \$ 593,000.00   |
|                                      | PAGO DE IVA E ISR                    | \$ 112,710.83   |
|                                      | SERVICIOS DIVERSOS CON TERCEROS      | \$ 412,536.80   |
|                                      | COMISIONES DE INVESTIGADORES         | \$ 13,665.00    |
|                                      | MATERIAL, EQUIPO Y VALES DE GASOLINA | \$ 2,868,345.64 |
| 2017                                 | RECURSO OTORGADO                     | \$ 1,500,002.93 |
|                                      | PAGO DE 7 TÉCNICOS                   | \$ 382,500.03   |
|                                      | PAGO DE IVA E ISR                    | \$ 62,534.63    |
|                                      | SERVICIOS DIVERSOS CON TERCEROS      | \$ 173,468.00   |
|                                      | COMISIONES DE INVESTIGADORES         | \$ 132,887.73   |
|                                      | MATERIAL, EQUIPO Y VALES DE GASOLINA | \$ 106,576.07   |



Anexo 2. Hoja de campo para identificación de totoabas.





***Totoaba macdonaldi***

- La principal diferencia con las demás especies es la forma cuneiforme de la aleta caudal, y en el caso de estadíos juveniles, estos presentan manchas oscuras en la región dorso-lateral.
- Puede medir hasta 2 metros.
- Primera aleta **dorsal** con 10-11, segunda con 24 radios (escamas algo grandes, 85 en serie longitudinal) y **anal** 2 espinas y 7-8 radios, sin escamas en la parte superior pero con una delgada vaina escamosa en la base.
- Aleta **caudal** cuneiforme, en jóvenes el radio medio caudal es prolongado y en adultos **truncado** (ligeramente sobresaliente).
- Aletas **pectorales** 15-17 radios, alcanzan el extremo de las pélvicas.
- Sin **caninos** alargados en ninguna de las mandíbulas.
- Adultos vivos: Gris plateado en los costados y en el vientre, además dorados y en ocasiones el dorso ligeramente azulado, no tiene manchas en el cuerpo.
- Adultos muertos: Gris plateado en los costados y en el vientre.
- Juveniles tienen varias manchas oscuras en la región dorso-lateral.




***Cynoscion parvipinnis***

• Aleta anal con 10 radios, aletas **pectorales** cortas, no llegan al extremo de las aletas pélvicas; **caninos** grandes (generalmente uno).




***Cynoscion othonopterus***

- La primera aleta **dorsal** compuesta por 9 o 10 espinas y la segunda por una y varios radios suaves (radios de la aleta dorsal tienen una vaina escamosa que cubre la mitad inferior de la aleta).
- Aleta anal corta con 11 espinas y 10 o menos radios.
- Aleta **caudal** cuadrada o ligeramente cóncava.
- Aletas **pectorales** 15-17 radios, alcanzan el extremo de las pélvicas.
- Un par de dientes caniniformes en el extremo de la mandíbula superior.
- Color: dorso azul metálico, vientre plateado, mitad superior del cuerpo con estrías oscuras.
- Axilas pectorales grisáceas, parte distal de la aleta pélvica y anal amarilla.

Anexo 3. Permiso de colecta



DR. PABLO ROBERTO ARENAS FUENTES  
DIRECTOR GENERAL DEL INAPESCA  
CALLE 28 SUR No. 665  
COL. LA CANTERA  
GUAYMAS, SONORA  
C.P. 85400 - MÉXICO  
Tel. 01 (622) 222 1522, E-MAIL: miguel.cisneros@inapesca.gob.mx, alina.garcia@inapesca.gob.mx

DIRECCION GENERAL DE GESTIÓN  
PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL  
FEDERACIÓN MEXICANA DE VIDA SILVESTRE

OFICIO NÚM. SGPA/DOVS/ 12939 /16

CIUDAD DE MÉXICO, A 24 - NOVIEMBRE - 2016

Considerando que ha dado cumplimiento a los requisitos establecidos para elector investigación y colecta científica de flora y fauna silvestres en territorio mexicano y con fundamento en el Artículo 32 Bis fracciones I, II, XXI, XXXIX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; Artículo 19 fracción XXV y 32 fracción VI, XVII, XX, XXXIV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de noviembre de 2012; 79, 80 fracción I, 82, 83 y 87 párrafo cuarto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; Artículos 9º, Fracción XII, 37 y 58 de la Ley General de Vida Silvestre; 12, 123 Fracción IV y 126 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre; Artículo 85, Artículo 88, fracciones I y II, Artículo 105, fracciones II y III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (ANP's); las disposiciones relativas de la Norma Oficial Mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000, por la que se establecen las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional; la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, la Dirección General de Vida Silvestre autoriza la licencia de colecta científica por proyecto sobre especies o poblaciones en riesgo o sobre hábitat crítico, para desarrollar las siguientes actividades inherentes al proyecto de investigación denominado: "Evaluación de la población de totoaba en el Golfo de California":

- Contención de hasta trescientos (300) ejemplares de "totoaba" *Totoaba macdonaldi*, procedentes de la fauna incidental de los arrastres de redes pesqueras comerciales de camarón y peces, para la toma de datos morfológicos (foto y peso), determinación del sexo y del estado de madurez gonadal y la liberación inmediata a su hábitat natural.
- A bordo de embarcación de investigación del INAPESCA, se realizará la contención de hasta setenta y cinco (75) ejemplares de "totoaba" *Totoaba macdonaldi* que se obtengan al utilizar arrastres de pesca de control en cruceros de investigación, para la toma de datos morfológicos, determinación del sexo y estado de madurez gonadal y la liberación inmediata a su hábitat natural.
- A bordo de embarcación con vivero propiedad del INAPESCA en aguas poco profundas cercanas a la costa se realizará la contención de hasta cien (100) ejemplares de "totoaba" *Totoaba macdonaldi* por medio del uso de redes de arrastre en la siguiente proporción: hasta treinta (30) ejemplares con una talla de 10 a 20 cm. de longitud; hasta treinta (30) ejemplares con una talla de 31 a 90 cm. de longitud y hasta cuarenta (40) ejemplares con una talla mayor a 90 cm. de longitud para depositarlos en el vivero de la embarcación para su traslado a Centros Regionales de Investigación Pesquera (CRIP) del INAPESCA, ubicados en Bahía de Guaymas y Bahía de Kino para determinar el blanco acústico y su liberación en el área de captura.
- Colecta de hasta ochocientos (800) muestras de huevos y/o larvas de "totoaba" *Totoaba macdonaldi* por medio del uso de redes de planchón y su preservación en frascos con agua de mar para conservar las muestras y su posterior análisis en laboratorio.

Continúa al reverso... /  
Hoja 1 de 2

Elaboró: Eusebio Villegas 705,  
Colonia Adhuan, Dirección General de Vigilancia  
Golfo-Pesca 1, 2016, Ciudad de México.

## Courtesy translation of the

### **PROJECT of Official Mexican Standard PROY-NOM-169-SEMARNAT-2018, Which establishes the marking specifications for the specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*), from Management Units for the Conservation of Wildlife.**

---

**On the margin, a seal with the National Coat of Arms, which reads: United States of Mexico.- Ministry of Environment and Natural Resources.**

CUAUHTÉMOC OCHOA FERNÁNDEZ, Deputy Minister for Environment Promotion and Regulation of the Ministry of Environment and Natural Resources and Chairman of the National Advisory Committee on the Normalization of the Environment and Natural Resources, based on articles 32 Bis, sections I, IV and V of the Organic Law of the Federal Public Administration; 5th, fraction V, 36, fractions I and II, 37, 37 TER, 79, fractions I, II, III and IV, 83, 84, 86 and 94 of the General Law of Ecological Equilibrium and Environmental Protection; 5, fraction II, 9, fraction V, 40, 51 and 55 of the General Wildlife Law; 54 of the Regulations of the General Wildlife Law; 38, fraction II, 40, fractions X and XII, 41, 43, 44, 45, 46 and 47, fraction I of the Federal Law on Metrology and Standardization; 30, 33 and 38 of the Regulations of the Federal Law on Metrology and Normalization and, 8, sections III, IV and V of the Internal Regulations of the Ministry of Environment and Natural Resources, and

#### CONSIDERING

That the totoaba (*Totoaba macdonaldi*) is an endemic fish of the Gulf of California, of the family Sciaenidae, classified under the risk category "in danger of extinction" by the "Official Mexican Standard NOM-059-SEMARNAT-2010, Environmental protection- Species native to Mexico of wild flora and fauna-Risk categories and specifications for inclusion, exclusion or change-List of species at risk"; and included in the "List of priority species and populations for conservation".

That the totoaba (*Totoaba macdonaldi*), is a highly valued fish in the Asian market for its swim bladder (known as buche), which is attributed various aphrodisiac and healing properties, which has increased its illegal catch using gillnets where the vaquita (*Phocoena sinus*), a species that shares the habitat of the totoaba (*Totoaba macdonaldi*), is also incidentally caught, and is also endangered according to NOM-059-SEMARNAT-2010, a fact that has resulted in a drastic decrease in the populations of these species.

That within the framework of various international instruments, such as the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) and the International Whaling Commission (IWC), and that it is also considered as a "critically endangered" species In the Red List of the International

Union for Conservation of Nature (IUCN), our country has been urged to implement actions to discourage illegal trade in totoaba (*Totoaba macdonaldi*) to provide stricter protection of the vaquita (*Phocoena sinus*).

That the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 of the Convention on Biological Diversity, states in Aichi Target 12 that by 2020 the extinction of identified endangered species will have been prevented and their conservation status will have been improved and sustained, especially for the species in greater decline.

That for the protection of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) and vaquita (*Phocoena sinus*), the Federal Government has implemented different regulatory measures focused mainly on the establishment of restrictions on fishing areas and fishing gears; to these measures, criminal and administrative provisions have been added from bans to the strengthening of inspection and surveillance.

That from April 10th, 2015, the Federal Government agreed to suspend the use of gillnets, trusses and/or longlines in commercial fishing with smaller vessels in a 1,263.77 km<sup>2</sup> polygon in the Northern Gulf of California in order to protect the vaquita (*Phocoena sinus*), which, as previously mentioned, shares habitat with the totoaba (*Totoaba macdonaldi*); This suspension is in force through the "Agreement that prohibits gear, systems, methods, techniques and schedules for carrying out fishing activities with smaller vessels in marine waters of federal jurisdiction of the United Mexican States in the North of the Gulf of California, and disembarkation sites are established, as well as the use of monitoring systems for said vessels ", published in the Official Gazette of the Federation on June 30, 2017.

That the Federal Government implements the Interinstitutional Program for the Recovery of Phantom Nets in order to remove the fishing gear abandoned in the area of the Upper Gulf of California, which affect the capture of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) and vaquita (*Phocoena sinus*). This Program is operated by the Federal Attorney for Environmental Protection in coordination with the Ministry of the Navy, the National Commission of Natural Protected Areas, and the Secretariat of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food through the National Aquaculture Commission and Fishing.

That the Federal Attorney for Environmental Protection has detected important shipments of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) parts that do not prove their legal origin.

That the Management Units for the Conservation of Wildlife (UMA) have the general goal of the conservation of natural habitat, populations and specimens of wild species; and among its specific objectives includes those of reproduction, repopulation, reintroduction and sustainable use; same that fulfill the UMA of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) when carrying out a sustainable productive activity that contributes to the conservation of the populations in free life.

That, in recent months, there has been a significant increase in the request for the Registration of Management Units for the Conservation of Wildlife for the intensive management and sustainable use of totoaba (*Totoaba macdonaldi*).

That in accordance with the General Wildlife Law and its Regulations, in order to demonstrate the legal origin of the specimens, parts and derivatives of wildlife that are outside their natural habitat, it is necessary to incorporate standardized measures for their marking; which allows to identify that they come from a sustainable source and have elements to have a follow-up, verification and means of control with traceability purposes; facilitating in turn the actions of inspection and surveillance by the authority.

That the considerations referred to in the preceding paragraphs strengthen the legality of commercial and non-commercial actions linked to the sustainable use of wildlife.

That Article VII of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), regarding Exemptions and other special provisions related to trade, establishes in number 4. that "Specimens of an animal species included in Appendix I and bred in captivity for commercial purposes, or of a plant species included in Appendix I and artificially propagated for commercial purposes, will be considered as specimens of the species included in Appendix II", this being the case of totoaba (*Totoaba macdonaldi*); and provided that the registration process of the establishments that breed captive species of fauna included in Appendix I for commercial purposes is complied with, as indicated in Resolution Conf. 12.10 (Rev. CoP15) of CITES.

That on August 22nd, 2017, the Official Mexican Standard NOM-EM-169-SEMARNAT-2017, which establishes the marking specifications for totoaba (*Totoaba macdonaldi*), specimens, parts and derivatives, from Management Units for the Conservation of Wildlife, was published in the Official Gazette of the Federation, which was extended by Notice published in the same official Gazette on February 23, 2018.

That the specifications contained in the NOM-EM-169-SEMARNAT-2017 contribute to the conservation of totoaba (*Totoaba macdonaldi*), by implementing measures for the marking of its specimens, parts and derivatives that come from sustainable use in UMA, in order to demonstrate their legal origin and avoid illegal trade, while contributing to combat the illegal capture of free-living specimens using gillnets where the vaquita (*Phocoena sinus*) is also incidentally caught.

That with the background used by NOM-EM-169-SEMARNAT-2017, this Draft Official Mexican Standard gives greater clarity to its users by making the differentiation between general specifications, those that only apply to UMA or traders; Strengthening the measures for the marking of specimens by adjusting the specifications of the documents to demonstrate the legal origin contemplated in the Emergency Standard, with emphasis on the use of the unique identification code from the origin in the UMA to the final marketer, and including how a new element is the genetic labeling by genotyping of the parents that UMAs have, which will allow

to identify with certainty the origin of the specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*).

Given that the cultivation of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) in UMAs is a growing activity given the demand of both the domestic and international markets for its parts and derivatives, it is considered necessary to have a definitive regulatory instrument that establishes the means to guarantee the legality of the trade of specimens, parts and derivatives of said species.

That it corresponds to the Ministry of Environment and Natural Resources to issue Official Mexican Standards in environmental matters, to guarantee the sustainability of economic activities and the sustainable use of natural resources.

That the publication to public consultation of the Project of Official Mexican Standard PROY-NOM-169-SEMARNAT-2018, that establishes the marking specifications for the specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) from Management Units for the Conservation of Wildlife, was approved by the National Advisory Committee on Normalization of Environment and Natural Resources, in a session held on February 23rd, 2018, in order that, in accordance with article 47, section I of the Federal Law on Metrology and Normalization, within the following 60 calendar days after the date of publication, interested parties submit their comments to the aforementioned Committee located at Avenida Ejercito Nacional number 223, 16th floor, Colonia Anáhuac, Delegación Miguel Hidalgo, zip code 11320, Ciudad de Mexico, telephone 56 28 06 00 extension 10928 or email [marcaje.totoaba@semarnat.gob.mx](mailto:marcaje.totoaba@semarnat.gob.mx).

That during the aforementioned period, the corresponding Regulatory Impact Manifestation will be available to the public for consultation at the address indicated, in accordance with Article 45 of the Federal Law on Metrology and Standardization.

That, by virtue of the foregoing and founded, I issue the following:

**PROJECT OF THE MEXICAN OFFICIAL STANDARD PROY-NOM-169-  
SEMARNAT-2018, WHICH ESTABLISHES THE MARKING SPECIFICATIONS  
FOR THE SPECIMENS, PARTS AND DERIVATIVES OF TOTOABA (*TOTOABA  
MACDONALDI*) FROM MANAGEMENT UNITS FOR THE CONSERVATION OF  
WILDLIFE**

**Preface**

In the elaboration of this Draft Official Mexican Standard the following instances participated:

- Ministry of the Environment and Natural Resources (SEMARNAT).
- General Directorate of the Primary Sector and Renewable Natural Resources.
- General Directorate of Wildlife.
- Federal Attorney for Environmental Protection (PROFEPA).
  - General Directorate of Environmental Inspection in Ports Airports and Borders.

- General Directorate of Inspection and Surveillance of Wildlife Marine Resources and Coastal Ecosystems.
- National Commission of Natural Protected Areas (CONANP).
  - Direction of Priority Species for Conservation.
- National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity (CONABIO).
  - General Direction of International Cooperation and Implementation.
- Federal Delegation of SEMARNAT in the state of Baja California.
- Federal Delegation of SEMARNAT in the state of Baja California Sur.
- National Institute of Fisheries and Aquaculture (INAPESCA).
- Autonomous University of Baja California.
- Earth Ocean Farms, S. de R.L. of C.V.
- Institute of Aquaculture of the State of Sonora - Reproductive Center for Marine Species of the State of Sonora (IAES-CREMES).
- Comercializadora El Sargazo S.A. of C.V.
- Netmar S.A de C.V.

#### Content index

1. Objective and field of application
2. Normative references
3. Terms and definitions
4. Specifications
  - 4.1 General specifications
  - 4.2 Specifications applicable to UMA
  - 4.3 Specifications applicable to traders
5. Procedure for Conformity Assessment
6. Concordance with International Standards
7. Surveillance of this Official Mexican Standard
8. References
  - Transients
  - Normative "A" appendix. Microsatellites for genetic labeling by genotyping.

### **1. Objective and field of application**

This Official Mexican Standard establishes the specifications for the marking of specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) that come from sustainable use in Management Units for the Conservation of Wildlife, to have elements that allow to recognize the movement that they have from the UMA to the final marketer, that is to say, to allow its traceability.

It is mandatory for natural and moral persons who carry out activities for commercial and non-commercial purposes of specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) in the United States of Mexico.

### **2. Normative references**

The following reference document is indispensable for the application of this Official Mexican Standard, or the one that replaces it:

NOM-059-SEMARNAT-2010, Environmental Protection-Species native to Mexico of wild flora and fauna-Risk categories and specifications for inclusion, exclusion or

change-List of species at risk. Published in the Official Gazette of the Federation on December 30, 2010.

### **3. Terms and definitions**

For the purposes of this Official Mexican Standard, the definitions contained in the General Law of Ecological Equilibrium and Environmental Protection, the General Wildlife Law and its Regulations, the Federal Law on Metrology and Standardization and its Regulations, as well as the following;

#### **3.1 Marketer**

Physical or moral person who carries out activities of distribution and sale of specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*), and that do not have an UMA registry.

#### **3.2 Specimen**

Organism belonging to the species *Totoaba macdonaldi* (synonym *Cynoscion macdonaldi*), living or dead, from the sustainable use of Management Units for the Conservation of Wildlife.

#### **3.3 Receipt**

Tax receipt that serves to demonstrate the legal origin of specimens, parts and derivatives of wildlife, which describes the conditions of purchase and sale.

#### **3.4 Law**

General Law of Wildlife.

#### **3.5 Mark**

Distinctive that serves as identification method to demonstrate the legal origin of specimens, parts and derivatives of wildlife, approved by the Ministry.

#### **3.6 Genetic marking by genotyping**

Characterization of a set of genetic markers carried by an individual, which were inherited from their parents and will be inherited to their progeny.

#### **3.7. Microsatellite**

Deoxyribonucleic acid (DNA) region of an individual that contains repeating units between 1 and 6 base pairs. The variability of each microsatellite, within and between individuals, is reflected in the number of repeat units or the size of this region of DNA.

#### **3.8 Note of reference**

Document that demonstrates the legal origin of specimens, parts and derivatives of wildlife, linked to non-commercial activities.

#### **3.9 PROFEPA**

Federal Attorney for Environmental Protection.

#### **3.10 Ministry**

Ministry of Environment and Natural Resources.

#### **3.11 Traceability**

A series of systematized technical and administrative activities that allow tracking the movement of specimens, parts and derivatives of wildlife, through stages of birth, breeding, fattening, reproduction, sacrifice, transport, distribution and processing.

#### **3.12 Management units for wildlife conservation (UMA)**



Registered properties and facilities that operate in accordance with an approved management plan and which permanently monitor the status of the habitat and of populations or specimens distributed there.

#### **4. Specifications**

##### **4.1 General specifications**

4.1.1 Any physical or moral person who carries out activities of sustainable use of totoaba specimens (*Totoaba macdonaldi*), their parts and derivatives, as a result of controlled reproduction and/or fattening in conditions of captivity or confinement in UMAs, must comply with the identification specifications of the legal origin contained in this Official Mexican Standard, in order to allow its traceability.

4.1.2 Any physical or moral person that carries out activities of sustainable use of totoaba specimens (*Totoaba macdonaldi*), their parts and derivatives from an UMA, must have at all times the documents that prove the legal origin and that allow their traceability.

4.1.3 For the purposes of this Official Mexican Standard, the legal origin of the specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) is demonstrated with the authorization of extractive use of specimens, parts and derivatives of wildlife; the receipt or note of reference, as the case may be, and with the marks referred to in sections 4.2.2, 4.2.3 and 4.2.6, as applicable; This is because it is a species in danger of extinction in accordance with Normative Annex III of NOM-059-SEMARNAT-2010.

4.1.4 In the case of non-commercial transactions, the receipt or reference note must serve to demonstrate the legal origin of the specimens, parts and derivatives, as long as they comply with the specifications of paragraphs 4.2.5 or 4.3.2, as applicable.

4.1.5 To all physical or moral persons that carry out activities of sustainable use of totoaba specimens (*Totoaba macdonaldi*), their parts and derivatives, it is recommended to have a logbook, in which the information regarding income and expenses will be recorded, settling the following information:

- a) Date of registration.
- b) Indicate if it is arrival or departure.
- c) Species.
- d) Quantity.
- e) Detailed description of the specimens, parts and derivatives.
- f) Identification code referred to in subsection c) of section 4.2.8.
- g) File number of the receipt or delivery note that covers it.
- h) Business name of the supplier or customer, except for the sale of a product prepared for final consumption at retail.
- i) Number and date of the authorization document for the extraction of specimens, parts and derivatives of wildlife, issued by the Ministry.

j) Observations, where it is necessary to settle any incident that could affect the stock of specimens, parts and derivatives.

4.1.6 The import, export and re-export of specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) must be carried out in accordance with the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora.

Particularly for the export of specimens, parts and derivatives of species in Appendix I of CITES, it is necessary that the UMA requests, through the Administrative Authority of Mexico, its registration with the CITES Secretariat, following the process and guidelines of Resolution Conf. 12.10 (Rev. CoP15) of the Convention, concerning the registration of establishments that breed species of fauna included in Appendix I in captivity for commercial purposes.

## **4.2 Specifications applicable to UMA**

4.2.1 Individuals or corporations that perform activities of controlled reproduction and / or fattening of organisms of the totoaba species (*Totoaba macdonaldi*) under intensive management, must have their Registry as Management Units for the Conservation of Wildlife and their Management Plan previously approved by the Ministry; the foregoing in accordance with the provisions of the Law and its Regulations, without prejudice to the other applicable legal provisions and in accordance with the Federal Registry of Procedures and Services.

4.2.2 The UMA that perform the controlled reproduction in captivity of the totoaba (*Totoaba macdonaldi*), must have a genetic mark by genotyping their parents, which provides the necessary information for the traceability of their offspring.

For the incorporation of new parents to the UMA, there is a period of time of 240 calendar days to carry out the referred genetic labeling. Additionally, they must have a sample of genetic material from the reproductive organisms, which must be stored and kept in good conditions, which must be available to the Ministry if it is necessary to carry out studies for genetic traceability.

The UMA that carry out commercial or non-commercial activities of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) whose specimens, parts or derivatives are subject to commercialization must be able to demonstrate the genetic marking by genotyping.

4.2.3 The genetic labeling by genotyping referred to in the previous numeral should be made based on 24 microsatellites reported in the literature, which are described in Appendix "A" (normative).

4.2.4 The receipt of specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*) issued by an UMA must contain the following information:

- a) Tax number of the receipt.
- b) Registration number of the UMA.
- c) Data of the property (State, Municipality and Name of the property).
- d) Species.
- e) Identification code referred to in subsection c) of section 4.2.8.
- f) Number and date of the authorization document for the extraction of specimens, parts and derived from wildlife, issued by the Ministry.

- g) Name of the holder of the UMA.
- h) Authorized rate
- i) Proportion of the authorized rate, indicating the lot number, the number of specimens, size and weight; as well as under what conditions are the specimens, parts and derivatives (whole, gutted, filleted, fresh, frozen, frozen, dry, among others).

4.2.5 In the case of non-commercial transactions, a receipt may be used that complies with the requirements of section 4.2.4 or a note of reference issued by the UMA that contains a consecutive file number as well as the information required in subparagraphs b) to i ), of the numeral 4.2.4.

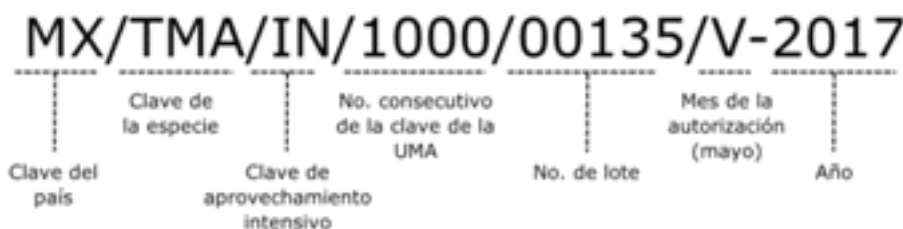
4.2.6 UMAs that carry out activities for commercial and non-commercial purposes of specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*), must use a mark consisting of a tag that is easy to identify, legible and visible, which must be attached to the container, packaging, casing or other enclosure of the referred specimens, parts and derivatives.

4.2.7 The mark must be made of material and printing resistant to the handling conditions, such as humidity and temperature changes. It must be ensured that the material of the mark is not reusable, that is, it can't be removed intact or transferred to another container, packaging or casing.

4.2.8 The mark referred to in section 4.2.6 must contain the following information:

- a) Name of the UMA.
- b) Registration number of the UMA.
- c) An identification code that will be made up of the following nomenclature:
  - i. Country code: MX.
  - ii. Key to the species: TMA.
  - iii. Key that identifies that it comes from use under intensive management: IN.
  - iv. Consecutive number of the registration key of the UMA.
  - v. Lot Number.
  - vi. Month and year of the trade of the authorization of extractive harvest of specimens, parts and derivatives of wildlife. The month must be indicated with a Roman numeral.

**Example:**



- d) Number of specimens or content.
- e) Description.
- f) Consecutive number of the UMA label, which should not be repeated.

### 4.3 Specifications applicable to traders.

4.3.1 The receipt issued by the traders for the sale of specimens, parts and derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*), must contain:

- a) Tax number of the receipt.
- b) Number and date of the authorization document for the extraction of specimens, parts and derivatives of the wild life of the UMA of origin, issued by the Ministry.
- c) Name, denomination or business name of the marketer.
- d) Tax domicile.
- e) Identification code referred to in subsection c) of section 4.2.8.
- f) Number of specimens or content.
- g) Description of the specimens, parts and detailing in which conditions they are (whole, gutted, filleted, fresh, frozen, dry, among others).

4.3.2 In the case of non-commercial transactions, a receipt may be used that complies with the requirements of section 4.3.1 or the note of reference that must contain a consecutive file number as well as the information required in subparagraphs b) to g) of the numeral 4.3.1.

## **5. Procedure for Conformity Assessment**

5.1 The Evaluation of the Conformity of this Official Mexican Standard must be carried out by the PROFEPA personnel in the terms established by the Federal Law on Metrology and Standardization and its Regulations to determine the degree of compliance with this regulation.

5.2. For the import, export and re-export of specimens, parts or derivatives of totoaba (*Totoaba macdonaldi*), the exporter or re-exporter and / or customs broker or their representative must present themselves to the official staff of PROFEPA, which has to carry out the verification according to the provisions of the "Procedures Manual for the import and export of wildlife, products and forest by-products, and hazardous materials and waste, subject to regulation by the Ministry of Environment and Natural Resources."

## **6. Concordance with International Standards**

This Official Mexican Standard is not equivalent with any International Standard, since the latter did not exist at the time of its elaboration.

## **7. Surveillance of this Official Mexican Standard**

The Ministry of Environment and Natural Resources is responsible, through the PROFEPA, for monitoring compliance with the provisions of this Official Mexican Standard, without prejudice to the powers that may be held by other agencies of the federal, state and municipal public administration.

The violations of this Official Mexican Standard will be sanctioned in accordance with the provisions of the General Law of Wildlife and other applicable legal provisions.

## Appendix "A"

### (Normative)

#### Microsatellites for genetic labeling by genotyping.

| Microsatellite | Sequence of the primers    | Variants | Allele size interval | Reference            |
|----------------|----------------------------|----------|----------------------|----------------------|
| Soc826         | GGCAGGATTTAGGCAATTCA       | 6        | 183-211              | Renshaw et al. 2012  |
|                | ACACACTCCTGTGTGCAACC       | 18       |                      |                      |
|                |                            |          |                      |                      |
| Soc973         | TCTTCATCCTGCTGTGAGTCC      | 13       | 187-225              | Renshaw et al. 2012  |
|                | CAGACAAAACCTGGAAAATACAGAGG | 19       |                      |                      |
|                |                            |          |                      |                      |
| Soc507         | GCTGAGCAGAAAAGATGAGATAG    | 18       | 291379               | Karlsson et al. 2008 |
|                | CAGAGAGCCCAATGAAGGTC       |          |                      |                      |
|                |                            |          |                      |                      |

|        |                           |    |         |                      |
|--------|---------------------------|----|---------|----------------------|
| Soc554 | GAAAGTAGTCCAACATCCAAGT    | 21 | 204276  | Karlsson et al. 2008 |
|        | AAATGCCAGTTTTCTCAGG       |    |         |                      |
|        |                           |    |         |                      |
| Soc573 | AGAGCAGGAGGATGTGACTTC     | 27 | 267329  | Karlsson et al. 2008 |
|        | CTTTCTGGGAGGTTGAGCACA     |    |         |                      |
|        |                           |    |         |                      |
| Soc609 | CCCGCATTAGACAGAAAAC       | 24 | 281351  | Karlsson et al. 2008 |
|        | ATGGGTATGTGTGGCTTACAG     |    |         |                      |
|        |                           |    |         |                      |
| Soc403 | AGGGAAATGGTTGGTGAAGTAG    | 11 | 273-311 | O'Malley et al. 2003 |
|        | GTCTGGACCTGTTTGTGAGAG     |    |         |                      |
|        |                           |    |         |                      |
| Soc418 | GTTTTTCTGGCATTATGATG      | 11 | 273-295 | O'Malley et al. 2003 |
|        | TGAGGTTATCAAACACCTGCCCACT |    |         |                      |

|        |                      |    |         |                      |
|--------|----------------------|----|---------|----------------------|
|        |                      |    |         |                      |
| Soc430 | TAACAGTCCCTAAACAGGTT | 10 | 265-339 | O'Malley et al. 2003 |
|        | GTTTCTCCTCCCCCTTCCTC |    |         |                      |
|        |                      |    |         |                      |

|         |                         |    |         |                            |
|---------|-------------------------|----|---------|----------------------------|
| Soc443  | CACAGGAGGAGTTTGTCCAAT   | 11 | 206-242 | O'Malley et al. 2003       |
|         | ATGTTTCGGTTTTTCGTTTGCTC |    |         |                            |
|         |                         |    |         |                            |
| Tmac55  | TGCAAAGCAGAAGAGAGGTG    | 9  | 166186  | García de León et al. 2010 |
|         | TGAGCCCGTTTTGATGATCT    |    |         |                            |
|         |                         |    |         |                            |
| Cyne2*  | GCGTGAGGAGCTAGGAATCA    | 18 | 255-295 | Piller y Cordes 2011       |
|         | AGCTGCAGAGAGACGCATTA*   |    |         |                            |
|         |                         |    |         |                            |
| Cyne12* | GACTCACACTTCATACGGCT    | 16 | 147-195 | Piller y Cordes 2011       |
|         | TTACTGTCACCTCCCGTTGG*   |    |         |                            |
|         |                         |    |         |                            |
|         |                         |    |         |                            |
| Tmac04  | CTGTGTTGGCTTCTGTCA      | 9  | 168184  | García de León et al. 2010 |
|         | ACTGAGCGGAAATGAAAA      |    |         |                            |
|         |                         |    |         |                            |

|         |                          |    |        |                            |
|---------|--------------------------|----|--------|----------------------------|
| Tmac05  | ATTTCTCTGCTGGTGGTG       | 4  | 150156 | García de León et al. 2010 |
|         | TCCATGCTGTAGAAATATGG     |    |        |                            |
|         |                          |    |        |                            |
| Tmac06a | ATTAAAGAAGAGTGCAGGAAC    | 14 | 144180 | García de León et al. 2010 |
|         | TGTGTCTTTTGATGTGTTTGT    |    |        |                            |
|         |                          |    |        |                            |
| Tmac25  | CACCAGTAATTTATGGTTAGAACA | 15 | 142176 | García de León et al. 2010 |
|         | GGGACTGCTGTTTCTGAT       |    |        |                            |

|          |                           |    |        |                            |
|----------|---------------------------|----|--------|----------------------------|
|          |                           |    |        |                            |
| Tmac44   | ACAGAATGAGGGGCAGAGG       | 6  | 196216 | García de León et al. 2010 |
|          | GCCACAAAGACACAATGCAG      |    |        |                            |
|          |                           |    |        |                            |
| Tmac51   | GTTTTGCCTCTGCACACCTC      | 17 | 124162 | García de León et al. 2010 |
|          | TTCTGCCAAGATGACAGCAC      |    |        |                            |
|          |                           |    |        |                            |
| Tmac74   | ATCGATTTTCATCAACAGGT      | 23 | 116168 | García de León et al. 2010 |
|          | GTCTTTCTCTCTGCGTTTCT      |    |        |                            |
|          |                           |    |        |                            |
| CacMic03 | GAGTGACGTCTCCCTTCTG       | 8  | 182198 | Farias et al 2006          |
|          | R-5'-GGTGAGTCTGAGCAGGAAGC |    |        |                            |
|          |                           |    |        |                            |
| CacMic13 | AGGATGGGATGGAGGAAGAG      | 8  | 160174 | Farias et al 2006          |
|          | R-5'-TACAGGGTTGTGCTCAGTGG |    |        |                            |
|          |                           |    |        |                            |
| CacMic14 | ATCTTCTCCCCTCCGTCCT       | 9  | 145161 | Farias et al 2006          |
|          | R-5'-CTGTGTTGTTAAGGCGCATC |    |        |                            |
|          |                           |    |        |                            |
| CacMic18 | GCTCGCCTCTCGTGTGTAAT      | 6  | 290302 | Farias et al 2006          |
|          | CCTGTGAAACAGCCCATGTA      |    |        |                            |

## 8. References

**8.1** Álvarez Blanco M.L., Guía sobre trazabilidad e información alimentaria facilitada al consumidor final en productos Pesqueros y Acuícolas, Fedepesca, España, pp 52. [En línea]. Fecha de consulta: 21 de julio de 2017. Disponible en: <http://fedepesca.org/wp-content/uploads/2014/12/GUIA-PESQUEROS-ACUICOLAS.pdf>

**8.2** Borit M. y Olsen P., 2016. Sistemas de rastreabilidad de productos alimentarios marinos: análisis de lagunas e incoherencias en las normas y criterios. FAO, Circular de Pesca y Acuicultura No 1123. Roma, pp 29.

**8.3** Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Resolución Conf. 12.7 (Rev. CoP17). Conservación y comercio de esturiones y peces espátula. Disponible en <https://cites.org/sites/default/files/document/S-Res-12-07-R17.pdf> Fecha de consulta: 24 de julio de 2017.

**8.4** Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Resolución Conf. 12.10 (Rev. CoP15). Registro

de establecimientos que crían en cautividad especies de fauna incluidas en el Apéndice I con fines comerciales. Disponible en <https://www.cites.org/sites/default/files/document/S-Res-12-10-R15.pdf>

**8.5** Comisión Europea, Guía de bolsillo sobre las nuevas etiquetas de la UE para los productos de la pesca y de la acuicultura, Oficina de Publicaciones, ISBN 978-92-79-43871-4, doi:10.2771/80625, pp 20. [En línea]. Fecha de consulta: 21 de julio de 2017. Disponible en: [https://ec.europa.eu/fisheries/sites/fisheries/files/docs/body/eu-new-fish-and-aquaculture-consumer-labels-pocket-guide\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/fisheries/sites/fisheries/files/docs/body/eu-new-fish-and-aquaculture-consumer-labels-pocket-guide_es.pdf)

**8.6** Deere, Carolyn L., 1999. Eco-labelling and Sustainable Fisheries, IUCN: Washington, D.C. and FAO: Rome.

**8.7** FAO, 2009. Directrices para el ecoetiquetado de pescado y productos pesqueros de la pesca de captura marina. Revisión 1. Roma.

**8.8** Farias I., I. B. Muniz, S. Astolfi-filho and I. Sampaio (2006). Isolation and characterization of DNA microsatellite primers for *Cynoscion acoupa*, the most exploited sciaenid fish along the coast of Brazil. Molecular Ecology Notes 6:660-663.

**8.9** García de León FJ, Valles-Jiménez R, Shaw K, Ward R, de-Anda-Montañez JA, Martínez-Delgado ME (2010) Characterization of fourteen microsatellite loci in the endemic and threatened totoaba (*Totoaba macdonaldi*) from the Gulf of California. Conservation Genetic Resources 2, 219-221.

**8.10** Karlsson S, Renshaw MA, Rexroad CE III, Gold JR (2008) PCR primers for 100 microsatellites in red drum (*Sciaenops ocellatus*). Molecular Ecology Resources 8, 393-398.

**8.11** O'Malley KG, Abbey CA, Ross K, y Gold, JR. 2003. Microsatellite DNA markers for kinship analysis and genetic mapping in red drum, *Sciaenops ocellatus* (Sciaenidae, Teleostei). Molecular Ecology Notes 3, 155-158.

**8.12** Plataforma Tecnológica Española de la Pesca y la Acuicultura (PTEPA), 2012, Evolución de la I+D+i en Trazabilidad de los Productos Pesqueros y Acuícolas, España pp 24.

**8.13** Renshaw M A, Hollenbeck Christopher M., and Gold John R. (2012). Isolation of microsatellite markers from red drum, *Sciaenops ocellatus*, and characterization in red drum and spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus* Molecular Ecology resources 12, 570-572

**8.14** UICN, 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2017-1. [En línea]. Disponible en [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Fecha de consulta: 19 de julio de 2017.

**8.15** Manual de procedimientos para la importación y exportación de vida silvestre, productos y subproductos forestales, y materiales y residuos peligrosos, sujetos a regulación por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de enero de 2004.

**8.16** Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de marzo de 2014.

## TRANSITORIES

**FIRST.-** The present Official Mexican Standard will come into force sixty calendar days after its publication in the Official Gazette of the Federation.



**SECOND.-** The UMA authorized by the Ministry and in operation on the date of entry into force of this Official Mexican Standard, will have a period of thirty calendar days to comply with the information requirements of the brand provided in section 4.2. .8 and with a term of 240 calendar days to comply with the genetic labeling by genotyping the breeding stock they have in existence, in accordance with the provisions of paragraphs 4.2.2 and 4.2.3.

**THIRD.-** In order to comply with the fifth article of the Agreement that sets the guidelines that must be observed by the agencies and decentralized agencies of the Federal Public Administration, regarding the issuance of administrative acts of a general nature to those that result applicable article 69-H of the Federal Law of Administrative Procedure, published in the Official Gazette of the Federation on March 8, 2017, repeal or abrogate the 2 regulatory obligations specified in the corresponding Regulatory Impact Statement.

Mexico City, on the twenty-seventh day of the month of February 2018. - The Deputy Minister of Environmental Promotion and Regulation of the Ministry of Environment and Natural Resources and President of the National Advisory Committee on the Normalization of the Environment and Natural Resources, **Cuauhtémoc Ochoa Fernández.-** Rubric.