

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE PAGO POR  
SERVICIOS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL  
RÍO NAZAS, LA VALORACIÓN ECONÓMICA Y LA  
DISPOSICIÓN A PAGAR POR USUARIOS DEL  
SECTOR AGRÍCOLA**

**POR:**

**RICARDO PELÁEZ MORA**

Como requisito para obtener el grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN  
EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Abril, 2023

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES  
EN LA CUENCA DEL RÍO NAZAS, LA  
VALORACIÓN ECONÓMICA Y LA  
DISPOSICIÓN A PAGAR POR USUARIOS  
DEL SECTOR AGRÍCOLA**

**POR:**

**RICARDO PELÁEZ MORA**

Como requisito parcial para obtener el grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN  
MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Abril, 2023

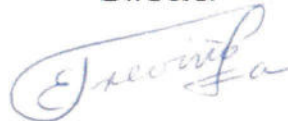
EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE PAGO POR  
SERVICIOS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL  
RÍO NAZAS, LA VALORACIÓN ECONÓMICA Y LA  
DISPOSICIÓN A PAGAR POR USUARIOS DEL  
SECTOR AGRÍCOLA

Aprobación de Tesis



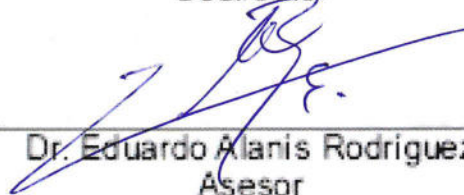
---

Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón  
Director



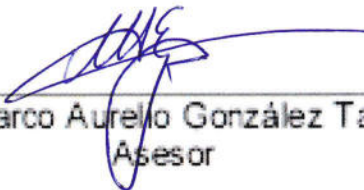
---

Dr. Eduardo Javier Treviño Garza  
Codirector



---

Dr. Eduardo Alanís Rodríguez  
Asesor



---

Dr. Marco Aurelio González Tagle  
Asesor



---

Dr. José Villanueva Díaz  
Asesor Externo

Abril, 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FCF-UANL)** por la formación académica a lo largo del posgrado y el apoyo brindado en el proceso de la investigación.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo institucional mediante la beca económica otorgada para los estudios.

A la **Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)**, en especial a la **Maestra Hilda Guadalupe González Hernández, Gerente de Servicios Ambientales del Bosque y Conservación de la Biodiversidad, Geógrafa María Brenda Aly Zavala López, Biólogos Mónica Cárdenas López y Luis Antonio Ortega Valencia, Maestro Joaquín David Saldaña Herrera e Ing. Sergio Daniel Lugo Pacheco**, por las facilidades otorgadas respecto a las solicitudes de información, así como la disposición para intercambiar comentarios e inquietudes de los programas de conservación.

A la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)**, en especial a la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte, por la atención a las solicitudes de información hidrométrica.

A la **Unidad de Administración Forestal Santiago Papasquiario A.C. (UAF)**, a su titular **Ing. Fernando Salazar Jiménez**, por su disposición y apoyo en el desarrollo de las actividades de campo en la parte alta de la cuenca del Nazas.

Al **Comisariado Ejidal del Ejido Potrero de Chaidez**, municipio de **Tepehuanes, Durango**, presidente **C. Raúl Guerrero García**, secretario **C. Juan Aguilera Medrano**, tesorero **C. Damián Chaidez García** y presidente del **Consejo de Vigilancia C. Antonio Guerrero Gómez**, por su interés y acompañamiento en el desarrollo de los trabajos de campo.

A las autoridades del **Módulo de Riego No. III San Jacinto A.C. del Distrito de Riego 017 Región Lagunera**, comisariados ejidales y usuarios de aguas de los ejidos **Sapioris, 21 de marzo, San Jacinto, Juan E. García, La Goma, León Guzmán, Seis de enero y Los Ángeles**, por su disposición y tiempo durante la aplicación de los cuestionarios en la parte baja de la Cuenca del Río Nazas.

A la **Dra. Hilda Georgina Hernández Alvarado** y su equipo de servicio social del **Departamento de Intervención e Investigación Socio Ambiental de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Autónoma de Coahuila**, por la asesoría y valioso apoyo en la aplicación de los cuestionarios.

A **Rosy Georgina y Lucy Vázquez Hernández**, por su apoyo y disposición en el procesamiento de las bases de datos.

A los integrantes del Comité de Tesis, al **Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón** por su dirección, asesoría y disposición permanente para el logro de los objetivos planteados, a los **Doctores Eduardo Javier Treviño Garza, Eduardo Alanís Rodríguez, Marco Aurelio González Tagle** y a mi asesor externo **Dr. José Villanueva Díaz** por su minuciosa revisión y asesoría, a todos muchas gracias por sus consejos, colaboración y amistad.

## DEDICATORIA

“En el difícil episodio de la pandemia del COVID, Dios nos dio fortaleza y la oportunidad de estudiar e investigar”

Tomar la decisión de cursar el Doctorado en Ciencias con enfoque en “Manejo de los Recursos Naturales”, no hubiera sido posible sin el gran apoyo de mi querida esposa Hilda Georgina y de mi hijo Aldo, sus ánimos y consejos fueron muy importantes en esta importante etapa de mi vida.

A la memoria de mi padre Emilio Peláez Arreguín, el recuerdo de tu sabiduría y alegría me motivan a seguir adelante.

A mi madre Isabel Mora y a mi hermana Claudia, por sus palabras de aliento para iniciar y concluir este importante trabajo, sus llamadas fueron de gran motivación.

A los habitantes de la parte alta de la cuenca del Río Nazas por recibirme en las diversas visitas y confiar en lo importancia de esta investigación.

Finalmente, a los integrantes del programa “Irritila”, en especial a la Señora Marina Lara Herrera, quienes con entusiasmo iniciaron este proyecto de conservación de la parte alta de la cuenca del Río Nazas.

## ÍNDICE

### Contenido

EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RÍO NAZAS, LA VALORACIÓN ECONÓMICA Y LA DISPOSICIÓN A PAGAR POR USUARIOS DEL SECTOR AGRÍCOLA.....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
DEDICATORIA .....	6
ÍNDICE .....	7
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
RESUMEN.....	12
JUSTIFICACIÓN .....	18
HIPÓTESIS .....	19
OBJETIVO DEL TRABAJO .....	20
<b>Objetivos Específicos</b> .....	20
CAPÍTULO 1. MARCO CONCEPTUAL DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES Y LA VALORACIÓN ECONÓMICA, LA EXPERIENCIA DEL PROGRAMA IRRITILA.....	21
<b>Resumen</b> .....	21
<b>Introducción</b> .....	22
<b>Material y Métodos</b> .....	29
<b>Resultados</b> .....	30
<b>Discusión</b> .....	47
CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE LAS OBRAS Y ACCIONES DEL PROGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RÍO NAZAS .....	52
<b>Resumen</b> .....	52
<b>Introducción</b> .....	53
<b>Materiales y métodos</b> .....	55

<b>Resultados</b> .....	63
<b>Discusión</b> .....	76
<b>CAPÍTULO 3. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES DE LA CUENCA NAZAS Y DISPONIBILIDAD A PAGAR POR EL DISTRITO DE RIEGO 017</b> .....	80
<b>Resumen</b> .....	80
<b>Introducción</b> .....	82
<b>Materiales y Métodos</b> .....	85
<b>Metodología</b> .....	88
<b>Resultados</b> .....	94
<b>Discusión</b> .....	116
<b>CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICACIÓN DE DISTRITOS DE RIEGO FACTIBLES DE PROGRAMAS DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES Y PROPUESTAS ECONÓMICAS DE RECAUDACIÓN</b> .....	120
<b>Resumen</b> .....	120
<b>Introducción</b> .....	121
<b>Materiales y métodos</b> .....	124
<b>Resultados</b> .....	126
<b>Discusión</b> .....	147
<b>CONCLUSIONES</b> .....	149
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	152
<b>Páginas WEB</b> .....	169
<b>ANEXOS</b> .....	170
<b>Anexo 1 Ponderación de Importancia</b> .....	170
<b>Anexo 2 Cuestionario Disposición a Pagar (DAP)</b> .....	172



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Tipos de Servicios Ambientales .....	23
<b>Tabla 2</b> Figuras en Torno a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.....	35
<b>Tabla 3</b> Ejidos Beneficiados Programa Irritila 1er Convenio 2010-2014 .....	39
<b>Tabla 4</b> Obras y Acciones realizadas Primer Convenio Irritila .....	40
<b>Tabla 5</b> Aportaciones usuarios, sociedad y gobierno .....	41
<b>Tabla 6</b> Convenio Fondos Concurrentes Programa Irritila.....	42
<b>Tabla 7</b> Ejidos Beneficiados Programa Irritila 2º Convenio 2015-2019 .....	43
<b>Tabla 8</b> Programa de Mejores Prácticas de Manejo (PMPM).....	43
<b>Tabla 9</b> Obras y Acciones realizadas al 2017 Segundo Convenio Irritila .....	45
<b>Tabla 10</b> Plan de Cortas .....	55
<b>Tabla 11</b> Obras y Acciones Programa de Mejores Prácticas de Manejo Irritila.....	59
<b>Tabla 12</b> Información de las Tres Unidades de Monitoreo .....	63
<b>Tabla 13</b> Parámetros Estructurales del Área Basal.....	65
<b>Tabla 14</b> Parámetros Estructurales del Área de Copa .....	66
<b>Tabla 15</b> Información de Subunidades de los Tres sitios de Monitoreo .....	67
<b>Tabla 16</b> Características de la Estructura del Suelo Forestal.....	68
<b>Tabla 17</b> Propiedades Físicas .....	69
<b>Tabla 18</b> Propiedades Químicas .....	69
<b>Tabla 19</b> Paraje el Puerto Cárcava “a”.....	71
<b>Tabla 20</b> Paraje El Puerto Cárcava “b” .....	71
<b>Tabla 21</b> Paraje El Puerto Cárcava “c”.....	72
<b>Tabla 22</b> Paraje El Puerto Cárcava “b-c” .....	72
<b>Tabla 23</b> Paraje Las Tijeritas Cárcava “a” .....	74
<b>Tabla 24</b> Volumen Medio Anual de Esguerrimiento Natural Cuencas Alto Nazas .....	95
<b>Tabla 25</b> Volúmenes Autorizados Distrito de Riego 017 Ciclos 2012-2022.....	96
<b>Tabla 26</b> Costos de Referencia para Actividades de Reforestación o Restauración...	101
<b>Tabla 27</b> Montos Máximos por Hectárea para Restauración en Microcuencas .....	102
<b>Tabla 28</b> Valoración Económica de los Servicios Ambientales.....	105
<b>Tabla 29</b> Tarifa Promedio de Cuota de Autosuficiencia de Riego Agrícola .....	105
<b>Tabla 30</b> Derechos de Agua en Ejidos del Módulo III San Jacinto.....	106
<b>Tabla 31</b> Escala de para dimensionar el impacto de alternativas.....	125
<b>Tabla 32</b> Distritos de Riego por Región Hidrológica Administrativa .....	127
<b>Tabla 33</b> Características de los Distritos y Unidades de Riego.....	128
<b>Tabla 34</b> Criterios y Subcriterios de Análisis de Distritos de Riego para PSA.....	139
<b>Tabla 35</b> Matriz de Criterios .....	143
<b>Tabla 36</b> Matriz Normalizada .....	143

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	23
<b>Figura 2</b> Interacción de Actores en Esquemas PSA.....	27
<b>Figura 3</b> Cuencas Nazas – Aguanaval .....	32
<b>Figura 4</b> Municipios de la Parte Alta de la Cuenca del Nazas .....	32
<b>Figura 5</b> Proceso de Implementación del PSA Irritila .....	34
<b>Figura 6</b> Estructura de la Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C.....	36
<b>Figura 7</b> Material de Difusión Programa Irritila .....	36
<b>Figura 8</b> Logotipos de la Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C. y del Programa Irritila	37
<b>Figura 9</b> Recibo del Sistema de Agua Potable de Gómez Palacio, Durango.....	37
<b>Figura 10</b> Resultado del Cuestionario Tipo Cerrado con Opciones Sección I .....	38
<b>Figura 11</b> Resultado del Cuestionario Tipo Cerrado con Opciones Sección II .....	38
<b>Figura 12</b> Trabajos de Conservación Ejidos Programa Irritila.....	40
<b>Figura 13</b> Formato de Adhesión Programa Irritila .....	42
<b>Figura 14</b> Polígonos de PSA en la Parte Alta de la Cuenca del Río Nazas .....	45
<b>Figura 15</b> Polígono Ejido Potrero de Chaidez, Tepehuanes, Dgo. ....	46
<b>Figura 16</b> Modelo Cuádruple Hélice .....	47
<b>Figura 17</b> La Lógica de los Pagos por Servicios Ambientales .....	51
<b>Figura 18</b> Parte alta de la cuenca del Río Nazas.....	57
<b>Figura 19</b> Ejido Potrero de Chaidez, Municipio Tepehuanes, Durango.....	57
<b>Figura 20</b> Polígonos PSA Irritila.....	58
<b>Figura 21</b> Acordonamiento de Material Vegetal Muerto, Ejido Potrero de Chaidez .....	58
<b>Figura 22</b> Figura Piramidal con Base Trapezoidal .....	63
<b>Figura 23</b> Medición Cobertura Arbórea y de Retención de Suelos .....	64
<b>Figura 24</b> Medición de Arbolado en Unidad de Monitoreo .....	64
<b>Figura 25</b> Brecha Corta Fuego y Predio Impactado .....	65
<b>Figura 26</b> Muestras Compuestas de Suelo .....	70
<b>Figura 27</b> Presa Paraje El Puerto con Material de Repoblado .....	73
<b>Figura 28</b> Presas con Repoblado y Azolvadas Predio Las Tijeritas .....	73
<b>Figura 29</b> Partes que constituyen una presa de piedra acomodada.....	75
<b>Figura 30</b> Municipios de la Parte Alta del Río Nazas .....	86
<b>Figura 31</b> Cuencas Hidrológicas Parte Alta Cuenca Río Nazas.....	86
<b>Figura 32</b> Distrito de Riego 017 Región Lagunera.....	87
<b>Figura 33</b> Presa Derivadora San Fernando, Lerdo, Durango, Distrito de Riego 017....	88
<b>Figura 34</b> Aplicación de cuestionarios ejidos 21 de marzo y 6 de enero, Lerdo, Dgo. .	94
<b>Figura 35</b> Diagrama Importancia Hídrica del Bosque.....	99

<b>Figura 36</b> Diagrama Importancia General de Servicios Ambientales .....	99
<b>Figura 37</b> ¿Conoce Usted la Parte Alta de la Cuenca del Río Nazas? .....	107
<b>Figura 38</b> ¿Conoce el Municipio de Santiago Papasquiari, Durango?.....	108
<b>Figura 39</b> ¿Conoce el municipio de Tepehuanes, Durango?.....	108
<b>Figura 40</b> ¿Conoce Físicamente la Presa Lázaro Cárdenas?.....	109
<b>Figura 41</b> ¿Sabe Usted de Dónde Proviene el Agua que se Almacena en la Presa Lázaro Cárdenas?.....	109
<b>Figura 42</b> Como habitante y productor Agrícola del Semidesierto Lagunero ¿Qué Importancia Tienen los Bosques de Durango para la Comarca Lagunera?.....	110
<b>Figura 43</b> Califique por Orden de Importancia los Insumos de su Actividad Agrícola	111
<b>Figura 44</b> En su ejido ¿Cuánto Paga por Hectárea al Año por su Derecho de Agua?111	
<b>Figura 45</b> ¿Cuál es el Volumen de Agua que Utiliza por Hectárea en Un Ciclo Agrícola?.....	111
<b>Figura 46</b> ¿Cuál es la Lámina de Riego que Utiliza por Hectárea en Un Ciclo Agrícola? .....	112
<b>Figura 47</b> ¿Sabe algo sobre el programa de Pago por Servicios Ambientales Irritila? 113	
<b>Figura 48</b> ¿A quién beneficia principalmente el Programa Irritila?.....	113
<b>Figura 49</b> ¿Cuál es impacto más importante del Programa Irritila?.....	114
<b>Figura 50</b> ¿Estaría dispuesto a contribuir económicamente para conservar los recursos naturales de la parte alta de la cuenca del río Nazas? .....	114
<b>Figura 51</b> Si la Respuesta es Sí, ¿Cuál es la cantidad máxima al año que estaría dispuesto a contribuir? .....	114
<b>Figura 52</b> ¿Cuál es la cantidad mínima al año que estaría dispuesto a contribuir por hectárea de riego? .....	115
<b>Figura 53</b> Si la respuesta es sí, ¿cómo estaría dispuesto a contribuir?.....	115
<b>Figura 54</b> ¿Qué tan importante considera que los agricultores contribuyan a conservar la cuenca alta del Nazas?.....	115
<b>Figura 55</b> ¿Cuál considera la mejor forma de lograr la aportación de los agricultores para conservar la parte alta de la cuenca del Nazas? .....	116
<b>Figura 56</b> Distrito de Riego 017 Región Lagunera Coahuila – Durango .....	130
<b>Figura 57</b> Presa de almacenamiento Lázaro Cárdenas, estado de Durango .....	130
<b>Figura 58</b> Canal Principal Sacramento Distrito de Riego 017 Región Lagunera .....	131
<b>Figura 59</b> Reunión del Comité Hidráulico Distrito de Riego 017 Región Lagunera.....	132
<b>Figura 60</b> Esquema general de los usos del agua en México .....	133
<b>Figura 61</b> Canal Secundario Módulo de Riego III San Jacinto, Lerdo, Durango .....	133

## **RESUMEN**

Los programas de Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales como instrumentos de política pública contribuyen a la difusión y conservación de los sitios proveedores de servicios ambientales, destacando en el norte de México el Programa "Irritila", iniciativa de la Comisión Nacional del Agua en el marco de los Consejos de Cuenca. Dicha iniciativa, encabezada por la Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C., ha difundido la importancia de la parte alta de la Cuenca del Río Nazas como proveedora de los recursos hídricos de la Comarca Lagunera, promoviendo la recaudación para el pago por los servicios ambientales hidrológicos. El presente trabajo evalúa las obras y acciones del Irritila en el ejido Potrero de Chaidez, municipio de Tepehuanes, Durango, evaluándose la estructura forestal en tres unidades de monitoreo dentro de polígonos beneficiados y analiza las características físicas y químicas de los suelos forestales bajo prácticas de conservación; resultando índices bajos en cuanto a riqueza y diversidad de especies, destacando índices de abundancia con respecto a otros sitios de bosques templados en la Sierra Madre Occidental. En los análisis de los suelos destaca la riqueza de materia orgánica y las condiciones de la densidad aparente, resaltando su vulnerabilidad ante impactos antropogénicos o por fenómenos hidrometeorológicos extremos. El Trabajo valoró económicamente los servicios ambientales a partir de la oferta y demanda del Módulo de Riego No. III San Jacinto A.C. del Distrito de Riego 017, realizándose ejercicios de valoración económica a partir de la función de captación de las cuencas hidrológicas, el costo de oportunidad, el costo de restauración y el factor de importancia de las aguas del río Nazas como insumo para la producción agrícola; asimismo, mediante un ejercicio de valoración

contingente, se estimó la disposición a pagar de los agricultores del módulo mencionado, destacando la disposición de pago por la mayoría de la muestra representativa en ocho ejidos, llevándose a cabo un ejercicio de análisis jerárquico con el diseño de seis criterios y 24 subcriterios para evaluar la factibilidad de implementar dichos mecanismos desde la figura de los Distritos de Riego. Finalmente se desarrollan cinco propuestas de recaudación basadas a factores de índole económico y productivo del agua, considerándose un precio por unidad de metro cúbico de agua de riego, contemplar el servicio ambiental hidrológico como un insumo o “commoditie”; la productividad y rentabilidad de una hectárea de riego agrícola y tomar un valor monetario estándar como medida convencional por unidad de superficie.

## **ABSTRACT**

The programs of Local Mechanisms for the Payment of Environmental Services as instruments of public policy contribute to the dissemination and conservation of sites providers of environmental services, highlighting the "Irritila" Program in northern México, an initiative of the National Water Commission in the framework of the Basin Councils. This initiative, headed by the Alto Nazas A.C. Basin Commission, has disseminated the importance of the upper part of the Nazas River Basin as a provider of hidrological resources for the Comarca Lagunera, promoting the economical processes for the payment of hydrological environmental services. This paper evaluates the work and actions done by the Irritila program in the ejido “Potrero de Chaidez”, municipality of Tepehuanes, Durango, by means evaluating the forest structure in three units of monitoring within benefit polygons and analyzing the physical and chemical characteristics of forest soils under management practices and conservation; resulting in low indices in terms of species richness and diversity, highlighting abundance indices with respect to other temperate forest sites in the Sierra Madre Occidental. In respect to the soil analysis, the richness of organic matter and the value of the apparent density are remarkable, highlighting its vulnerability to anthropogenic impacts or extreme hydrometeorological events. The study provided an

economically value to the environmental services provided by the upper Nazas basin based on the water supply and water allocation demanded by the Irrigation Module No. III San Jacinto A.C. of the Irrigation District 017. In doing this process, we carried out economic valuation exercises based on the water yielded by the upper Nazas subbasins and computed, the opportunity and restoration costs as an input for agricultural production; Likewise, through a contingent valuation exercise from participants of eight ejidos, the willingness to pay was estimated, where the majority of them agree for the payment. The procedure to get the information was based on a hierarchical analysis exercise with the design of six criteria and twenty-four sub-criteria to evaluate the feasibility of implementing the mechanism for the Irrigation District. Finally, five proposals for water payment based on factors of economic and productive nature were developed considering a price per each cubic meter of water used for irrigation, contemplating the hydrological environmental service as an input or commodity, the productivity and profitability of each irrigated hectarea considering a standard monetary value as a conventional measure per surface unit.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación hace referencia a los beneficios que la naturaleza provee a la población para satisfacer sus necesidades tanto de vida como productivas, identificándolos como servicios ambientales o ecosistémicos a partir de un esquema de mercado, abordando la figura de los programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA) como herramienta de política pública, donde participa el gobierno y la sociedad en el marco de las cuencas hidrológicas, en aras de atender y prevenir la degradación ambiental de los ecosistemas forestales de bosque templado, mediante el pago o compensación a los dueños de los sitios proveedores de dichos servicios, con el fin de mantener y mejorar las condiciones de los ecosistemas a través de diversas prácticas de conservación ambiental.

Los servicios ambientales se agrupan en distintos tipos, de provisión, regulación, culturales y de soporte, enfocándonos para este trabajo, en los servicios de provisión de los recursos hídricos mediante el programa PSA Irritila, iniciativa de gobierno y de la ciudadanía implementada en la parte alta de la Cuenca Hidrológica del Río Nazas por el gobierno federal, con la participación de la sociedad de la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango.

La investigación se realizó por el interés de conocer el PSA Irritila, uno de los programas más difundidos y replicables en el norte del país, identificando el origen y el proceso de creación del programa; los montos invertidos gubernamentales como de la ciudadanía, evaluando los trabajos de conservación de los recursos naturales: vegetación - suelo en el ejido Potrero de Chaidez, municipio de Tepehuanes, Durango, analizando la estructura forestal en cuanto al índice de valor de importancia y los índices de diversidad y riqueza de especies y las características físicas y químicas de los suelos y la estimación de azolves en las obras de retención.

Una parte importante de este trabajo es la valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos, ejercicio complejo y a la vez inédito en dicha región del

semidesierto Chihuahuense, que presenta una alta presión hídrica y que debe su relación e importancia a la parte Alta de la Cuenca del Río Nazas, como proveedora de los recursos hídricos, y que históricamente de ser una región con el cultivo rector del algodón; actualmente es sede de la cuenca lechera más grande del país, donde próximamente el uso rector del agua competirá con el del público urbano, con el proyecto presidencial “Agua Saludable para la Laguna”.

La valoración parte de estimar el presupuesto de aguas de la parte alta de la cuenca de acuerdo con la oferta de las tres subcuencas hidrológicas que la conforman, estimando el valor de la productividad hídrica del bosque, el costo de oportunidad de las actividades productivas que compiten en la sierra, el valor de restauración de áreas degradadas producto de la modificación al uso del suelo y el valor del agua como un insumo para la producción.

Asimismo, esta investigación estima, mediante el método de valoración contingente, la disposición a pagar por los servicios ambientales por parte de los usuarios del Distrito de Riego 017, mediante la aplicación de cuestionarios a una muestra representativa de ocho ejidos con derechos de agua del Módulo de Riego número III San Jacinto.

Retomando otros trabajos de servicios ambientales, se desarrolla una metodología de diagnóstico con criterios para determinar la factibilidad de implementar programas de Pago por Servicios Ambientales en Distritos de Riego, realizándose un ejercicio mediante el método jerárquico analítico en dicho módulo de riego. Finalmente, se desarrolla una serie de propuestas económicas en torno al valor de los servicios ambientales, considerando como ejercicios monetizar la unidad del metro cúbico  $m^3$  de agua en la agricultura; adoptar el servicio ambiental como insumo para la producción agrícola; valorar económicamente el servicio respecto a la productividad del agua y la rentabilidad de un cultivo base por unidad de superficie, así como una propuesta convencional estándar por hectarea de riego, permitiendo que las figuras de los Distritos de Riego y otras como las Unidades de Riego pasen de ser entes potenciales a



socios estratégicos, al considerar dentro de sus componentes presupuestales el cuidado de las cuencas mediante los programas de PSA.

Por lo anterior, en el primer capítulo se aborda el marco conceptual de los servicios ambientales y la figura de pago PSA, destacando la experiencia del Programa Irritila; el segundo capítulo hace referencia a la evaluación de la vegetación y el suelo forestal en tres unidades de monitoreo dentro de los polígonos beneficiados; el tercer capítulo hace un ejercicio de valoración económica de los servicios hidrológicos de las cuencas Río Ramos, Río Sextín o del Oro y la cuenca de la presa Lázaro Cárdenas, considerando los registros oficiales de la Comisión Nacional del Agua en las estaciones hidrométricas, también se realiza un ejercicio de estimación de la disponibilidad a pagar DAP por los usuarios con derechos de agua; finalizando, con el cuarto capítulo en el diseño de una metodología de criterios para el diagnóstico y factibilidad de Distritos de Riego y cinco propuestas económicas de recaudación.

## JUSTIFICACIÓN

Los recursos hídricos que utiliza el Distrito de Riego 017 Región Lagunera Coahuila – Durango proceden en su mayoría de la parte alta de la Cuenca del Río Nazas, los usuarios pagan una cuota por el servicio de riego, la cual es destinada a cubrir los costos de administración, operación y conservación de la infraestructura hidráulica (CONAGUA, 2004); sin embargo, no existe una cuota o aportación formal para la conservación de las partes altas de las cuencas hidrológicas. La parte alta de la Cuenca del Nazas en la Sierra Madre Occidental, ha sufrido el deterioro de la vegetación y la degradación del suelo, producto de actividades antropogénicas (Fondo Metropolitano de la Laguna, 2015), implementándose programas como el de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) y la modalidad de Fondos Concurrentes mediante el “Programa Irritila” (González, 2016); para lo cual, la presente investigación pretende, entre otros objetivos, evaluar los trabajos en un ejido beneficiado.

Dada la importancia del área de estudio, es necesario valorar económicamente los servicios ambientales de la cuenca alta como zona de captación y reguladora de los recursos hídricos, considerando el costo de oportunidad, el valor de restauración y el valor del agua como insumo para la producción agrícola en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango.

Asimismo, considerando el método de valoración contingente, se realizó un ejercicio para estimar la disposición a pagar por los agricultores de un módulo de riego agrícola en la parte baja de la cuenca, aplicando cuestionarios a una muestra representativa de usuarios con derechos de agua, con la intención de generar una guía para el diagnóstico de los Distritos de Riego.

Dado el potencial que tienen los Distritos de Riego para participar en el cuidado de las cuencas, el trabajo desarrolla una serie de propuestas económicas que fundamentan una cuota de conservación de cuenca para este tipo de programas de política pública.

## HIPÓTESIS

- Las obras y acciones del programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) "Irritila" han impactado positivamente en la conservación de los recursos naturales de los predios beneficiados.
- Los servicios ambientales hidrológicos provenientes de la parte alta de la cuenca del Río Nazas tienen un valor económico para el Distrito de Riego 017 Región Lagunera.
- La valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos generados en la parte alta de la cuenca del Nazas y la estimación de la Disposición a Pagar por los usuarios del Distrito de Riego 017, permite establecer una estrategia de intervención de manejo de los recursos naturales a través de programas de PSA.

## **OBJETIVO DEL TRABAJO**

Evaluar el impacto de las obras y acciones de conservación y protección de un programa de Pago por Servicios Ambientales en la parte alta de la cuenca del Río Nazas y valorar económicamente los servicios ambientales, estimando la disposición a pagar por los usuarios del Distrito de Riego 017, con el fin de establecer una guía de análisis de factibilidad para la implementación de esquemas de PSA en los Distritos de Riego.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar el impacto de las obras y acciones de conservación y protección del programa de Pago por Servicios Ambientales “Irritila” en el ejido Potrero de Chaidez, Tepehuanes, Durango.
- Valorar económicamente los servicios ambientales hidrológicos provenientes de la parte alta de la Cuenca del Río Nazas a partir de la oferta y demanda de los recursos hídricos, el costo de oportunidad que representa conservar los recursos naturales y el factor del servicio ambiental hídrico como insumo para la producción agrícola.
- Estimar la Disposición a Pagar (DAP) mediante la aplicación de un cuestionario a una muestra representativa de usuarios del módulo de riego No. III San Jacinto del Distrito de Riego 017 Región Lagunera.
- Establecer una guía de criterios de análisis para el diagnóstico e implementación de un esquema de Pago por Servicios Ambientales desde la figura de los Distritos de Riego.

# **CAPÍTULO 1. MARCO CONCEPTUAL DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES Y LA VALORACIÓN ECONÓMICA. LA EXPERIENCIA DEL PROGRAMA IRRITILA**

## **Resumen**

Los servicios ambientales son importantes para el bienestar de la sociedad y el desarrollo de las actividades productivas, una manera de conservar los sitios proveedores de dichos servicios, son los programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), instrumentos de política pública donde participan económicamente y de forma voluntaria los beneficiarios de éstos, lo que permite conjuntar esfuerzos y recursos para atender las áreas degradadas producto de actividades antropogénicas o aquellas que están en riesgo al mantener una competencia real por el aprovechamiento de los recursos, siendo necesario valorar económicamente dichos servicios con base a criterios técnicos y económicos como la oferta y demanda de los recursos hídricos, el costo de oportunidad, el factor de producción, entre otros, analizando la experiencia del programa PSA Irritila como instrumento de conservación de la Parte Alta de la Cuenca del Río Nazas.

## **Abstract**

Environmental services are important for the well-being of society and the development of productive activities, one way to preserve the sites that provide these services, are the programs of Payment for Environmental Services (PSA), instruments of where the beneficiaries participate economically and voluntarily, which allows to integrate efforts and resources to protect and to recover degraded areas produced by anthropogenic activities or those that are at risk by maintaining real competition for the use of resources, making it necessary to assess the economic value of those services based on technical and economic criteria such as the supply and demand of water resources, the cost of opportunity, the

production factor, among others, analyzing the experience of the PSA Irritla program as a conservation instrument in the Upper Part of the Nazas River Basin.

## **Introducción**

El presente capítulo aborda la importancia de los servicios ambientales para el bienestar de la sociedad y el desarrollo de las actividades productivas, enfocándose en un programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) mediante el esquema de Mecanismos Locales de PSA modalidad de Fondos Concurrentes (MLPSA-FC) en la parte alta de la Cuenca del Río Nazas, región provisororia de los escurrimientos que se usan en la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango (Villanueva, *et al.*, 2006).

Derivado de los acuerdos internacionales, principalmente de la Cumbre Mundial de Río de Janeiro de 1992 y del Protocolo de Kioto en Japón de 1997, se implementaron los primeros esquemas de PSA como los nuevos instrumentos de política pública ambiental (Perevochtchicova, 2014), siendo Costa Rica en el año de 1996 de los primeros países en América Latina que impulsaron estos esquemas modernos de conservación de los recursos naturales (Baltodano, 2006).

La evaluación de los ecosistemas del milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), desarrollada a nivel mundial por un grupo de expertos, concluyó que en los últimos años los seres humanos han transformado los ecosistemas como en ningún periodo de tiempo, lo que ha generado una pérdida considerable e irreversible de la biodiversidad sobre la tierra, que si bien ha generado beneficios, también ha traído altos costos, al reducir los servicios de los ecosistemas para las generaciones futuras, poniendo en riesgo el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (Naciones Unidas, 2018) (Figura 1) como marco general de la lucha contra la pobreza, las desigualdades y la degradación del ambiente.



Figura 1 *Objetivos de Desarrollo Sostenible*  
Fuente: Naciones Unidas 2018.

La evaluación de los ecosistemas identifica cuatro grupos de servicios ecosistémicos en función de la sociedad (Tabla 1), siendo los de suministro o provisión, de regulación, culturales y los de soporte o base de los anteriores.

Tabla 1

*Tipos de Servicios Ambientales*

Provisión	Regulación	Culturales	Soporte
Alimentos	Calidad del aire	Valores espirituales y religiosos	Formación de suelos
Fibras	Clima	Valores estéticos	Producción primaria
Recursos genéticos	Agua	Recreación y ecoturismo	Ciclos de nutrientes
Productos bioquímicos, Productos naturales, productos farmacéuticos	Purificación del agua y tratamiento de aguas de desecho		
Agua	Erosión		
	Regulación de enfermedades		
	Regulación de pestes		
	Regulación de riesgos naturales		
	Polinización		

Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio 2005

En México a finales del siglo pasado y principios del presente, existieron programas previos a los PSA, siendo el de Coatepec en Veracruz con el fideicomiso FIDECOAGUA; el de Saltillo Coahuila con “Por Una Razón de Peso” en la Sierra de Zapaliname; experiencias en el Trópico Seco en el estado de Guerrero; en Oaxaca con el Complejo Hidrológico Copalita – Zimatán – Huatulco y el Programa “Agua para Siempre” en Tehuacán Puebla (Paré, Robinson & González, 2008), entre otros, de manera exitosa realizaron trabajos de conservación de suelo y vegetación con la concurrencia de recursos de la sociedad, gobierno federal, estatales, municipales, organizaciones de la sociedad civil, destacando el papel del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) mediante el programa Cuencas y Ciudades (USAID, 2013), además de la participación de fundaciones privadas.

Posteriormente, la recién creada Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), inició de manera formal en el 2003 con los Programas de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) (SEMARNAT, 2003) estableciéndose criterios técnicos de elegibilidad para acceder a los apoyos de carácter 100% nacional, también conocidos como subsidios, siendo los estipulados en las reglas de operación:

I.- Que presenten un porcentaje de cubierta forestal igual o mayor al 80% de la superficie total, correspondiente a bosques y selvas.

II.- Que estén localizadas en zonas críticas para la recarga de acuíferos, catalogadas como sobreexplotadas mediante acuerdo emitido por la Comisión Nacional del Agua, publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 31 de enero de 2003; o en zonas de aguas superficiales donde haya problemas de escasez, de calidad del agua, de sedimentos, o en zonas de riesgo de desastres hidrológicos, y

III.- Que estén vinculadas con el abastecimiento de agua a centros poblacionales de más de 5,000 habitantes; o que se ubiquen dentro de las montañas listadas en el Anexo 2 de las presentes Reglas de Operación (SEMARNAT, 2003, p. 9)



Es importante mencionar que el nacimiento de los PSA en México, se derivó de las reformas en el 2002 a la Ley Federal de Derechos en Materia de Aguas Nacionales (SHCP, 2002), estableciéndose en dicha ley de carácter fiscal, un apartado para procurar recursos procedentes del pago de derechos de aguas nacionales de usuarios distintos a los municipios y de los organismos operadores de agua potable, destinándose para PSA un monto de 200 millones de pesos, para ampliarse en el siguiente ejercicio a \$300 millones (SHCP, 2003), cifra que aún se mantiene pese haber transcurrido 20 años desde su inicio.

En el siguiente ejercicio (SEMARNAT, 2004) se incorporó la figura del programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad, para fomentar el establecimiento de sistemas agroforestales (PSA-CABSA), dicho mecanismo consideró una referencia convencional para el mercado de créditos o bonos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, 1998), tomando como unidad de medida estándar de referencia 6 gases de efecto invernadero: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonados (HFC), Perfluorocarbonados (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>); asimismo, los indicadores de seguimiento de estos programas son para la captura de carbono el equivalente a Tonelada capturada CO<sub>2</sub>e. Con respecto a Protección de la Biodiversidad, se consideró Hectáreas protegidas mediante el pago por los servicios ambientales de la biodiversidad y especies de flora y fauna protegidas y en sistemas agroforestales Hectáreas de pago para su reconversión de agricultura a sistema agroforestal y el mejoramiento de los sistemas agroforestales existentes en sistema de producción agrícola bajo sombra de árboles forestales (SEMARNAT, 2004).

En el año 2008 con el programa ProÁrbol, bajo un modelo de mercado (SEMARNAT, 2007), se integran 5 categorías denominadas: Servicios ambientales hidrológicos; Captura de carbono; Protección a la biodiversidad; Sistemas agroforestales con cultivo bajo sombra y Pagos del Fondo patrimonial para la conservación de la biodiversidad. Para el caso de los Servicios

ambientales hidrológicos se inicia de manera gradual con el mercado de los servicios ambientales mediante los MLPSA-FC, a partir del pago de los usuarios a los proveedores de los servicios ambientales. Con las reglas del 2009 se mantienen las categorías de Servicios ambientales hidrológicos; Conservación de la biodiversidad; Sistemas agroforestales con cultivo bajo sombra y el Desarrollo de la idea del proyecto de secuestro de carbono; es decir, se otorga apoyos económicos para desarrollar un documento o proyecto que contenga la idea de proyecto (PIN) de secuestro de carbono, el cual sirva para vender bonos de carbono en los mercados oficiales o voluntarios (SEMARNAT, 2008).

Las reglas de operación de los programas de PSA hidrológicos y demás categorías han experimentado cambios constantes, debido entre otras razones a las observaciones del Consejo Nacional Forestal, presidido por la SEMARNAT y la CONAFOR e integrado por sectores de la industria, comunidades forestales, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas, el propio gobierno federal, entre otras (SEMARNAT, 2018), las experiencias de los ofertantes como de los demandantes de los servicios.

La evolución de las reglas 2007 con respecto a las 2003 consistieron en modificar el criterio de porcentaje de cubierta forestal (de rangos del 80% se abrió la posibilidad de considerar hasta un 50%), la incorporación de criterios como índice de marginalidad, presencia indígena, polígonos propuestos dentro de un Área Natural Protegida, dentro de un acuífero sobreexplotado y/o dentro de una zona con alta escasez de agua superficial, polígono identificado con alto riesgo a la deforestación, predio forestal dentro de las iniciativas de ordenamiento y manejo territorial registrado por la CONAFOR y la inclusión de la participación económica de compradores de servicios ambientales hidrológicos (SEMARNAT, 2007).

Los PSA no serían posibles sin la interacción de tres tipos de actores que son interdependientes: los proveedores de los servicios ambientales, los usuarios de los servicios ambientales y los agentes implementadores de dichos servicios

(USAID, 2013) (Figura 2), interactuando mediante convenios contractuales por periodos que van de 2 a 5 años (CONAFOR, 2022).



**Figura 2** *Interacción de Actores en Esquemas PSA*  
Nota: Elaboración propia

La figura financiera dispersora de los recursos económicos de los programas PSA a los dueños de los sitios proveedores de los servicios ambientales tanto en el caso de los programas de subsidios (100% recursos federales) y los MLPSA es el Fondo Forestal Mexicano (FFM) (SEMARNAT, 2018), creado por mandato de ley en el 2003 con la promulgación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), inspirada en la figura del FONAFIFO<sup>1</sup>, creado en Costa Rica en 1996 (Louman *et al.*, 2005).

El FFM a 20 años de existencia y a diferencia de otros instrumentos como los fideicomisos, tiene la cualidad de estar creado por mandato de Ley, mediante la LGDFS y recientemente el Congreso de la Unión le confirió en su calidad de mandante, realizar acciones de prevención, adaptación y mitigación del cambio climático en materia forestal (Cámara de Diputados, 2022), trabajando con la banca privada como dispersora de los recursos a los usuarios, siendo la figura mandataria la institución financiera Banco Mercantil del Norte S.A. (BANORTE).

---

<sup>1</sup> FONAFIFO.- Fondo Nacional para el Financiamiento Forestal, sistema que coordina los PSA a partir de fondos procedentes de del impuesto selectivo de consumo a los carbohidratos, donaciones, prestamos especiales, venta de créditos de carbono, además de la generación privada de electricidad y la industria manufacturera de bebidas (Louman *et al.*, 2005).

El FFM se encarga de 12 programas de apoyo, subdivididos en 160 subprogramas, administrados por las coordinaciones generales de “Producción y Productividad”, “Conservación y Restauración de Suelos”, y de “Educación y Capacitación” de la CONAFOR (Auditoría Superior de la Federación, 2014). Cabe mencionar, que las aportaciones y donaciones que las personas físicas o morales de carácter privado hagan al FFM son deducibles del Impuesto sobre la Renta (SEMARNAT, 2018). La LGDFS señala un Capítulo específico para el FFM:

“Artículo 139. El Fondo Forestal Mexicano será el instrumento para promover la conservación, incremento, aprovechamiento sustentable y restauración de los recursos forestales y sus recursos asociados, facilitando el acceso a los servicios financieros” (SEMARNAT, 2018, p.64 )

Los recursos que el FFM obtenga por los bienes y servicios ambientales, se entregarán directamente a los proveedores de dichos servicios y una parte se destinará a cubrir los costos de esta operación.

Con respecto al eje conceptual “valoración ambiental”, ésta se realiza a partir del escenario de mercados hipotéticos, retomando el método de valoración contingente o de preferencias declaradas, para conocer lo que la población considera acerca de un beneficio o perjuicio, preguntando la disposición a pagar respecto a dicho beneficio o por evitar una externalidad negativa (Martínez & Roca, 2000), permitiendo inferir el excedente del consumidor por el bien ambiental recibido (Labandeira, León & Vázquez, 2007).

En este sentido, la valoración económica como conjunto de herramientas de la teoría económica, toma como base el comportamiento de las personas en una lógica de mercado (Martínez, 2015), sin considerar en este ejercicio el carácter de gratuidad de los servicios procedentes de los ecosistemas, ya que dicha valoración es potenciada al brindar información monetaria a los tomadores de decisiones en vez de sólo elementos de carácter biofísicos (Vargas, 2018).

## **Material y Métodos**

Para el presente capítulo nos basamos en la investigación documental (Rojas, 2011), mediante consultas a distintas fuentes oficiales en materia de agua y programas de PSA; entrevistas con personal de la Gerencia de Servicios Ambientales del Bosque de la CONAFOR; de la Unidad de Administración Forestal Santiago Papasquiari; con integrantes de la Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C., así como búsqueda hemerográfica del Programa Irritila y de otros programas basados en la concurrencia de recursos.

Respecto al eje teórico, se retoma el concepto “servicios ambientales,” considerando lo establecido en la legislación mexicana, específicamente a la Ley de Aguas Nacionales (LAN), quien los define como:

Los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en cantidad y calidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad. Para la aplicación de este concepto en esta Ley se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales (CONAGUA, 2004, p.8).

De manera paralela, se considera el concepto relativo al programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA), como herramienta de política pública desarrollada para prevenir la degradación ambiental y a la vez, mejorar el bienestar humano mediante actividades de conservación (Perevochtchikova, 2014), siendo un mecanismo financiero de conservación, restauración y mejoramiento de las condiciones de los sitios proveedores de servicios ambientales (SEMARNAT, 2018). Otros autores como Wunder (2005), definen los PSA como instrumentos económicos que buscan asegurar la provisión de los servicios ambientales

mediante pagos directos y condicionados a los propietarios de los ecosistemas que generan dichos servicios, con el fin de adoptar prácticas que garanticen la conservación de dichas áreas.

El otro concepto corresponde a la valoración económica de los servicios ambientales, que visto desde la economía ambiental, significa contar con indicadores acerca de su importancia para el bienestar de la sociedad, utilizando como denominador común el dinero (Azqueta, 1994); sin embargo, dicha postura para muchos pudiera parecer un error, dado que estos servicios son invaluable por naturaleza, sin embargo, los beneficios traducidos en productos tangibles generan valores monetarios que el mismo mercado reconoce.

## **Resultados**

Los términos servicios ecosistémicos y los servicios ambientales, se pueden utilizar de manera indistinta (Balvanera & Cotler, 2007), aunque existen diferencias respecto a cómo abordarlos, los primeros desde la economía ecológica y los servicios ambientales desde la oferta y demanda, resaltando el concepto del costo de oportunidad<sup>2</sup>, como el factor que hace la diferencia para monetizar dichos servicios, ya que elegir una opción económica entre dos alternativas, como lo pudiera ser la actividad pecuaria vs la conservación, los PSA sirven como una opción o referencia base para compensar los costos de una alternativa sobre otra.

En México existen pocos ejercicios de PSA donde participan o se involucra a los usuarios de las aguas nacionales del uso agrícola, pues si bien la LAN contempla procesos innovadores como la Gestión Integral de los Recursos Hídricos,<sup>3</sup> en

---

<sup>2</sup> Costo de Oportunidad (Co) Método para estimar lo que se tiene que sacrificar por no realizar un proyecto invirtiendo en la mejor alternativa (Labandeira 2007).

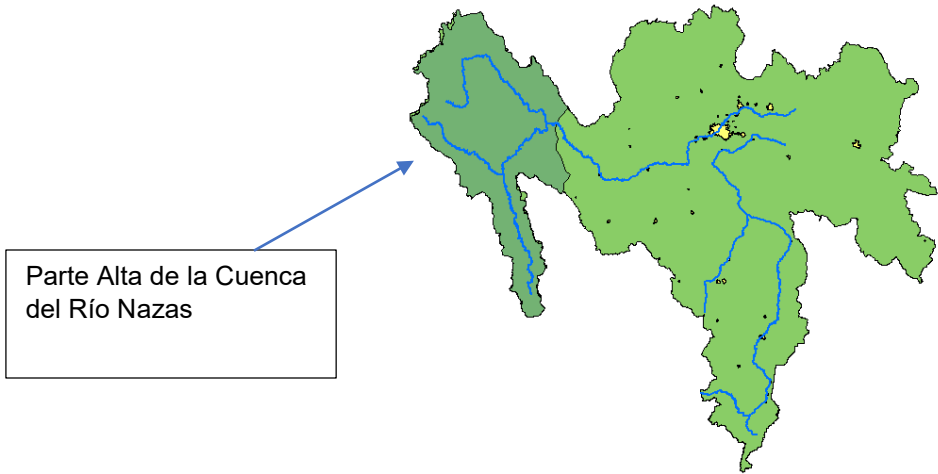
<sup>3</sup> GIRH.- Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con estos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de este concepto se consideran primordialmente el agua y el bosque (CONAGUA, 2004, p. 5).

realidad no existe esa vinculación de carácter intergubernamental, pese a que las dependencias federales rectoras de los recursos hídricos y forestales pertenecen a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y han celebrado convenios de coordinación para dichos fines (CONAGUA & CONAFOR, 2011).

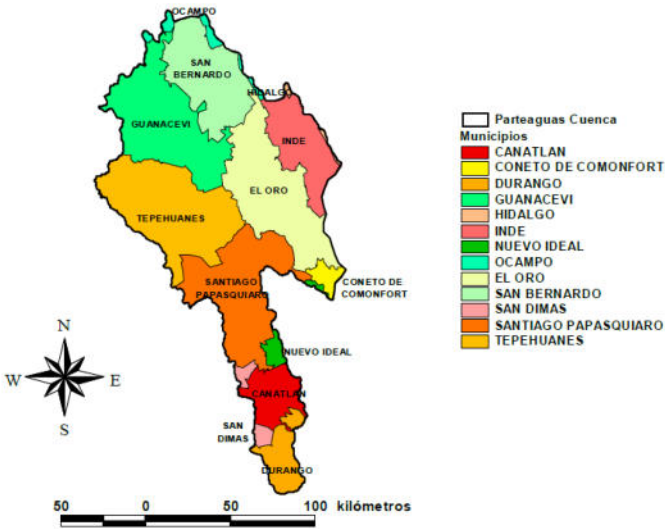
Otros ordenamientos como la Ley General de Desarrollo Rural Sustentable (LGDRS) y la LGDFS contemplan el concepto de los servicios ambientales, considerando que éstos, se pueden proveer mediante el manejo sustentable (SEMARNAT, 2022), aunque no se menciona específicamente cómo se debe involucrar a los usuarios de las aguas nacionales, en específico a los usuarios agrícolas de las Unidades o Distritos de Riego.

En este sentido, la cuenca de estudio es la del Río Nazas, una de las cuencas endorreicas más grandes del país, con una extensión de 59,632 km<sup>2</sup> que incluye la parte baja del lecho seco del Nazas, pasando por la mancha urbana de la Zona Metropolitana de la Laguna hasta la desembocadura en la laguna de Mayrán (CCAN, 2018) (Figura 3); desde el parteaguas en las partes altas, sus afluentes más importantes son el Río Santiago, Tepehuanes, Ramos y el Sextín o del Oro, los cuales alimentan la presa Lázaro Cárdenas (El Palmito) y dan vida a partir de dicho embalse al Río Nazas. Cabe mencionar que en la parte media existe la presa Francisco Zarco (Las Tórtolas) misma que es abastecida por tributarios como el Arroyo Viejo, San Juan, del Peñón, Naitcha y Cuencamé (SRH, 1969).

La superficie de la parte alta del Río Nazas es superior a los 18 mil km<sup>2</sup> (CCAN, 2018), está conformada por los municipios: El Oro, Tepehuanes, Guanaceví, Santiago Papasquiari, San Bernardo, Indé, Canatlán, Durango, Ocampo, Coneto de Comonfort, Nuevo Ideal, San Dimas e Hidalgo (CCAN, 2018) (Figura 4).



**Figura 3** Cuencas Nazas – Aguanaval  
 Fuente: Comisión de Cuenca Alto Nazas (2018)



**Figura 4** Municipios de la Parte Alta de la Cuenca del Nazas  
 Fuente: Comisión de Cuenca Alto Nazas (2018)



El programa Irritila<sup>4</sup> surge por el impulso y gestión del Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte (OCCCN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (Vázquez, 2018), al promover y gestionar de acuerdo a sus atribuciones establecidas en la LAN y el Reglamento Interior de la CONAGUA, un programa destinado a conservar los recursos naturales de la parte alta de la cuenca del Nazas, retomando la experiencia del PSA “Por Una Razón de Peso” de la sierra de Zapalinamé; siendo a través de la Coordinación de Atención a Emergencias y Consejos de Cuenca (CAECC) de la CONAGUA, quien convocó en el 2009 a actores representativos y usuarios de aguas nacionales de la Comarca Lagunera y de la parte alta, para participar en esta iniciativa, realizando talleres bajo el método ZOPP<sup>5</sup>, conformándose una figura plural de participación a instancias del Consejo de Cuenca Nazas – Aguanaval (CCNA)<sup>6</sup> denominada Comisión de Cuenca Alto Nazas (CCAN), la cual se conformó como un órgano auxiliar del CCNA, constituyéndose en el 2010 como Asociación Civil (Figuras 5, 6 y 7).

Con base a la LAN, las comisiones de cuenca, al igual que los comités de cuenca (CC) y los comités técnicos de aguas subterráneas (COTAS), son órganos auxiliares de los Consejos de Cuenca, y al igual que éstos, su composición es colegiada de manera mixta y no están subordinados a la CONAGUA o a los Organismos de Cuenca,<sup>7</sup> fungiendo el OCCCN de la CONAGUA como secretario técnico de ambos órganos (Tabla 2).

---

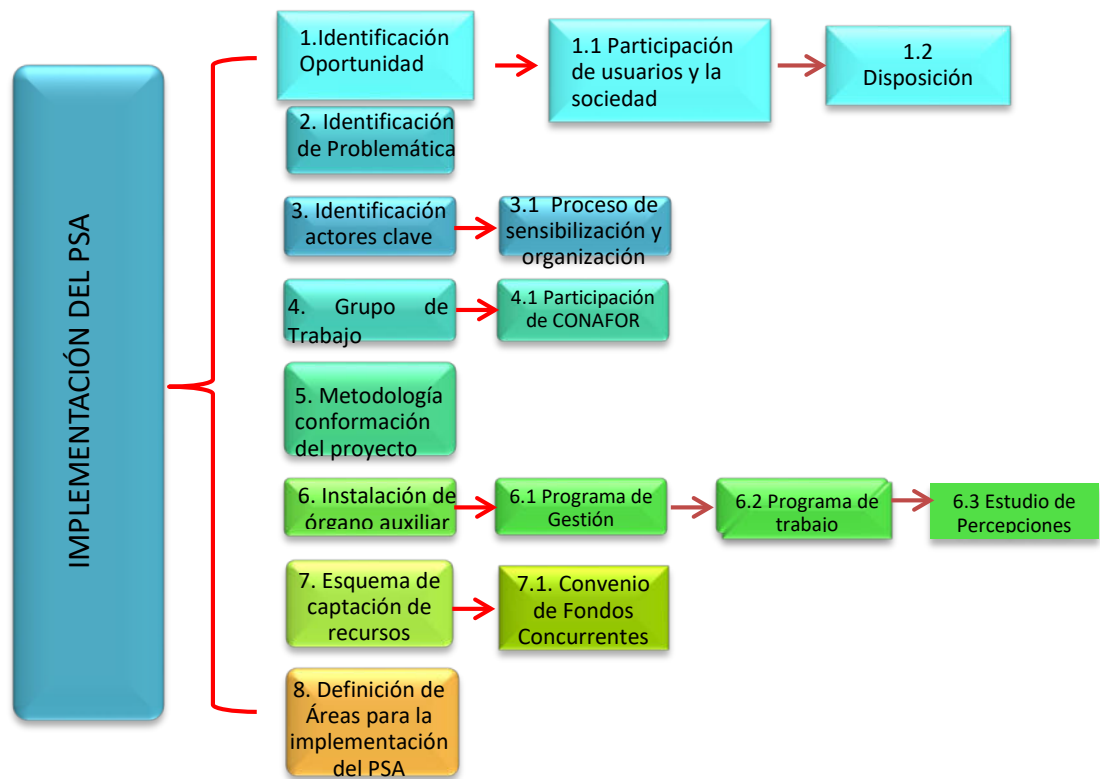
<sup>4</sup> Irritila.- nombre alusivo a la tribu seminómada que habitaba la región de las lagunas, parte de la Comarca Lagunera (Hernández, 2001).

<sup>5</sup> ZOPP (*Zielorientierte Projektplanung*).- Método de Planeación de Proyectos orientado a Objetivos.

<sup>6</sup> CCNA.- Órgano colegiado de integración mixta, que serán instancias de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre la Comisión Nacional del Agua incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca o región hidrológica (CONAGUA, 2004).

<sup>7</sup> Organismos de Cuenca (OC).- Unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente al titular de la CONAGUA (CONAGUA, 2004). En México existen 13 OC.

Dentro de las extensas funciones que por ley tienen dichas instancias de participación, destacan la de contribuir a la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH); reestablecer o mantener el equilibrio entre disponibilidad y aprovechamiento de dichos recursos; contribuir a la valoración económica, ambiental y social del agua, además de coadyuvar en el desarrollo de estudios financieros para proponer los montos de las contribuciones de los usuarios en apoyo al financiamiento de los programas de los órganos referidos para la gestión regional del agua y la conservación de los ecosistemas vitales (CONAGUA, 2004).

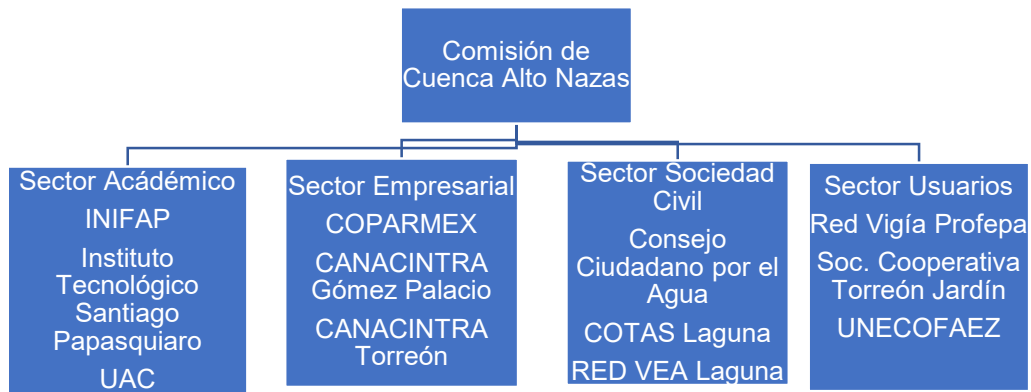


**Figura 5** *Proceso de Implementación del PSA Irritila*  
 Fuente: Guía para la Implementación del Programa de PSA (CONAGUA, 2012)

**Tabla 2***Figuras en Torno a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*

<b>Figura</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Descripción</b>
Comisión Nacional del Agua	CONAGUA	Órgano Administrativo Desconcentrado de la SEMARNAT, autoridad responsable de administrar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.
Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte	OCCCN	Unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente a la CONAGUA conformada por 78 municipios de los estados de Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas.
Consejo de Cuenca Nazas Aguanaval	CCNA	Órgano colegiado de integración mixta integrado por seis subregiones de los estados de Coahuila, Durango y Zacatecas: Alto Nazas, Media Nazas, Región Lagunera, Parras – Paila, Alto Aguanaval, Media Aguanaval, RH 35 Bolsón de Mapimí.
Comisión de Cuenca Alto Nazas	CCAN	Órgano auxiliar del Consejo de Cuenca Nazas – Aguanaval, dedicado a actividades de conservación de los recursos naturales de la parte alta de la cuenca del Nazas, integrado por 8 municipios del estado de Durango .
Comité de Cuenca	CC	Órgano auxiliar a nivel de microcuenca o grupo de microcuencas de una subcuenca específica.
Comité Técnico de Aguas Subterráneas	COTAS	Órgano auxiliar de un acuífero o grupo de acuíferos.
Coordinación de Atención de Emergencias y Consejos de Cuenca	CAECC	Área interna del OCCN responsable de la promoción y organización de la participación de los usuarios de las aguas nacionales y la sociedad organizada, así como la atención de emergencias de carácter hidrometeorológico.

*Nota:* Elaboración propia con datos de la Ley de Aguas Nacionales e información del Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte



**Figura 6 Estructura de la Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C.**  
 Nota: Elaboración propia con datos de González (2016)



**Figura 7 Material de Difusión Programa Irritila**  
 Fuente: Comisión de Cuenca Alto Nazas (2011)

El Programa Irritila, encabezado por la Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C. (Figuras 8 y 9) inició formalmente con la concurrencia de recursos de procedencia federal en un 50% y la contraparte a cargo de la sociedad de la Comarca Lagunera, iniciando en el año 2010 por un monto de 20 millones de pesos durante un periodo de 5 años (2010-2014).



Figura 8 Logotipos de la Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C. y del Programa Irritila  
Fuente: Comisión de Cuenca Alto Nazas (2011)

SISTEMA DESCENTRALIZADO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL MPIO. DE GÓMEZ PALACIO, DGO.

SIDEAPA Ref. 01-15-002-044 Nta. Zona Centro Gómez Palacio, Durango C.P. 35000 MEXICO www.sideapa.gpm.mx

Contrato 880 Total a Pagar \$51.00

Fecha de Facturación 13 de Ago de 2011

Fecha de Limitación 15 de Ago de 2011

Domicilio Fiscal: CASTAÑEDA DE P. MARISELA AVENIDA ENRIQUE LANZUETA 727 ZONA CENTRO C.P. 35000

Fecha de Emisión 05/08/2011

Periodo Factorado 08-11

Medidor 10104099 30 DIAS

Toma Lectura 30/06/11 AL 30/07/11

Lectura Anterior 73

Lectura Actual 78

Diferencia Lectura 5

Consumo 5 PROM. 6

Datos de Toma: Contrato 880 Ciclo 15 Clave 01-15-002-043-09916 Cve. PENS. PUEBLICO Uso MEDIO DOMESTICA Estado AGTIVA NORMAL

Facturación del Mes	
SERV. SUMINISTRO AGUA POTABLE	71.83
SANEAMIENTO	7.07
L.V.A.	0.00
APoyo CRUZEROLA	3.00
OTROS CARGOS	5.00
SUSCRIPCIÓN PENSJ	35.70
TOTAL DEL MES	51.00
TOTAL PAGAR	51.00

Ultimo Pago Efectuado: FECHA 16/07/2011 LUGAR MATRIZ PAGADO ANTERIOR \$ 45.50

Otros Cargos: PROGRAMA IRRITILA 5.00

TOTAL \$ 51.00

PARA EFECTOS FISCALES AL PAGO \$ 31,403.00

Vencimiento 13 de Ago de 2011

Total a Pagar \$ 51.00

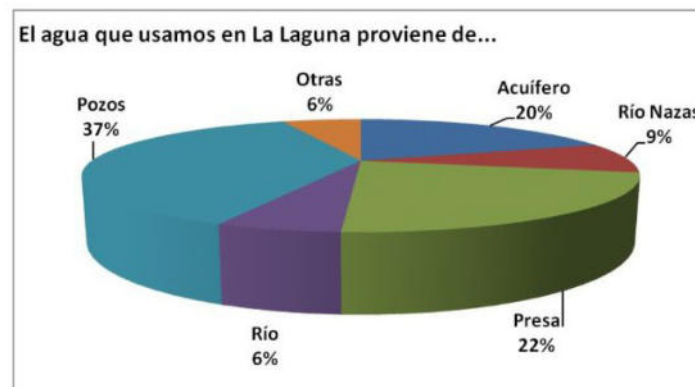
Figura 9 Recibo del Sistema de Agua Potable de Gómez Palacio, Durango  
Fuente: SIDEAPA, Gómez Palacio

Como parte de la implementación del programa la Comisión de Cuenca Alto Nazas realizó el “*Estudio de percepciones de la población de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango acerca de la importancia de la Cuenca Alta del Nazas*” (CAED & UAdeC, 2010), mediante aplicación de encuestas a una muestra representativa según estrato socio - económico por AGEB<sup>8</sup>. La encuesta se compuso de dos partes: la primera de tipo cualitativo, de preguntas abiertas respecto a distintos conceptos como: Agua, Lluvia, Río, Nazas, Aguanaval, Bosque, Sierra, Presas, Cambio Climático, entre otros; permitiendo diseñar un segundo cuestionario cerrado con enfoque cuantitativo (Figuras 10 y 11).

**6. Cuenca Alta del Nazas**



**Figura 10** Resultado del Cuestionario Tipo Cerrado con Opciones Sección I  
Fuente: CAED & UAdeC, 2010



**Figura 11** Resultado del Cuestionario Tipo Cerrado con Opciones Sección II  
Fuente: CAED & UAdeC, 2010

<sup>8</sup> AGEB.- (Área Geoestadística Básica) Extensión territorial que corresponde a la subdivisión de las Áreas Geoestadísticas Municipales (límites municipales) y dependiendo de sus características se clasifican en urbana o rural (INEGI).

Con los resultados del estudio se diseñaron 3 videos cortos denominados *¿Sabes de dónde viene el agua que llega hasta la llave de tu casa?* (CAED & UAdeC, 2010), los cuales se difundieron en los organismos operadores, escuelas y eventos en general, además de trípticos y campañas de difusión.

El primer Convenio del PSA Irritila benefició 8622 ha de bosque de pino y encino en 14 ejidos ubicados en los municipios de Guanaceví, Santiago Papasquiaro y Tepehuanes, en la parte alta de la Cuenca del Río Nazas (Figura 12) (Tabla 3 y 4) (González, 2016), siendo los ejidos en su mayoría parte de la organización forestal denominada UNECOFAEZ (Unión de Ejidos y Comunidades Forestales Agrícolas Emiliano Zapata A.C.) (Torres, 2012). Los pagos de PSA a los beneficiarios fueron del orden de \$450 por hectárea al año (USAID, 2013).

**Tabla 3**

*Ejidos Beneficiados Programa Irritila 1er Convenio 2010-2014*

<b>Municipio</b>	<b>Ejido</b>	
Guanaceví	Escobar y Anexos	
Santiago Papasquiaro	San Andrés de Atotonilco	
	El Cambray	
	Los Ojitos	
	San José de la Chaparra	
	Laguna de la Chaparra	
	Silvestre Revueltas	
	Garame de Abajo	
	San Nicolás de Arriba	
	San Antonio de Nevárez	
	San Jorge	
	Miguel Hidalgo	
	Tepehuanes	Potrero de Chaidez
		El Rincón

*Nota:* Elaboración propia con datos CCAN (González, 2016)

**Tabla 4**

*Obras y Acciones realizadas Primer Convenio Irritila*

<b>Obras realizadas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>
Acomodo de material vegetal muerto	677.38	Hectáreas
Presas filtrantes de morillos	163	Metros cúbicos
Presas filtrantes de piedra	688	Metros cúbicos
Brecha cortafuegos	88.3	Kilómetros
Cercado	28.9	Kilómetros
Cabeceo de cárcava	720	Metros cuadrados
Barreras de piedra acomodada	3.5	Kilómetros

*Nota:* Elaboración propia con datos de la CCAN (2015)



Cabeceo de Cárcavas



Brechas Cortafuego



Presas Filtrantes de Piedra Acomodada



Cercos Perimetrales

**Figura 12** *Trabajos de Conservación Ejidos Programa Irritila*  
*Fuente:* Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C. (2017)



Debido a la baja recaudación, la CONAFOR y la CCAN cancelaron el primer convenio de coordinación, ya que la CCAN al cuarto año (2014) sólo había recaudado \$3.5 millones de \$8 millones programados, incumpliendo el convenio de 5 años por un monto total de \$10 millones de pesos; por su parte, la CONAFOR complementó su contraparte en los ejidos beneficiados para la ejecución de diversas obras y acciones; por lo que ante dicho incumplimiento, en 2015 se negoció uno nuevo para beneficiar 7432 ha en 12 ejidos de los mismos municipios, presentándose una reducción de 1190 ha y de dos ejidos con respecto al primer convenio.

Cabe mencionar que los aportantes al programa fueron varios, como el COTAS Laguna, a partir de una cuota voluntaria anual de \$2500 por pozo y los organismos operadores de agua potable de Torreón, Coahuila y Gómez Palacio y Lerdo, Durango mediante el recibo del agua potable, instrumentándose el llenado de un formato de adhesión, desde dos, cinco, diez o hasta más pesos (Figura 13). Los organismos operadores no dieron aportaciones propias, facilitando únicamente el proceso de adhesión en las ventanillas de cobro y la recaudación respectiva (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Aportaciones usuarios, sociedad y gobierno*

<b>Aportante</b>	<b>Monto</b>
Cotas Laguna A.C.	815,000.00
Fundación Lala	154,426.00
Torreón Jardín	60,050.00
Tyson	30,000.00
SIMAS Torreón	427,648.00
SIDEAPA Gómez Palacio	221,718.00
SAPAL Lerdo	117,827.00
Modulos de Riego	150,000.00
Cervecería Modelo de Torreón	18,852.00
Gobierno del Estado de Durango	1,497,662.00
Apertura de Cuenta	8,000.00
<b>Total</b>	<b>3,501,219.00</b>

*Nota:* Elaboración propia con datos de González (2016)

**Figura 13** Formato de Adhesión Programa Irritila  
Fuente: SIDEAPA Gómez Palacio

El convenio 2015 fue por la cantidad de \$11.088 millones y por una vigencia de 5 años (Tablas 6 y 7), sin embargo, de lo programado sólo se invirtieron \$7.963 millones, \$4.029 millones la CCAN y \$3.934 millones la CONAFOR, lo que arrojó una diferencia de \$3.124 millones que se dejaron de aplicar en acciones de conservación, de los cuales \$1.603 millones le correspondía aportar a la CCAN y \$1.521 millones a la CONAFOR, pagándose los 3 primeros años a los 12 ejidos, faltando el 4º año de pagar a los ejidos Posta de Jihuites, San Andrés de Atotonilco y Escobar y Anexos y el 5º año a todos los ejidos, trayendo como consecuencia la cancelación del programa en el año 2021.

**Tabla 6**

*Convenio Fondos Concurrentes Programa Irritila*

<b>Aportante</b>	<b>Aportación Total (por los 5 años)</b>	<b>Aportación Pagada</b>	<b>Aportación por Pagar</b>
Alto Nazas	\$5,633,100.00	\$4,029,748.00	\$1,603,352.00
CONAFOR	\$5,455,732.00	\$3,934,242.00	\$1,521,490.00
<b>Total</b>	<b>\$11'088,832.00</b>	<b>\$7'963,990.00</b>	<b>\$3'124,842.00</b>

*Nota:* Elaboración propia con datos de la CONAFOR (2020)

**Tabla 7***Ejidos Beneficiados Programa Irritila 2º Convenio 2015-2019*

<b>Municipio</b>	<b>Ejido</b>	<b>Superficie</b>
Santiago Papasquiaro	San Antonio de Nevarez	724.00
Guanaceví	La Posta de Jihuites	717.00
Santiago Papasquiaro	San Andrés de Atotonilco	227.13
Tepehuanes	El Rincón	630.00
Santiago Papasquiaro	San Nicolás de Arriba	710.00
Santiago Papasquiaro	El Cambray	630.00
Santiago Papasquiaro	San José de la Chaparra	550.00
Santiago Papasquiaro	Laguna de la Chaparra	630.00
Santiago Papasquiaro	Garamé de Abajo	630.00
Santiago Papasquiaro	Silvestre Revueltas	630.00
Tepehuanes	Potrero de Chaidez	630.00
Guanaceví	Escobar y Anexos	724.00
Total		7,432.13

*Nota:* Elaboración propia con datos de la Comisión de Cuenca Alto Nazas (2015).

Las prácticas de conservación al igual que en el primer convenio se desarrollaron con base a los Programas de Mejores Prácticas de Manejo (PMPM) en cada uno de los ejidos beneficiados (Tablas 8 y 9), quienes participaron en su formulación, implementación y seguimiento, bajo la coordinación de las Unidades de Administración Forestal UAF Santiago Papasquiaro y UAF Tepehuanes, con el seguimiento de la CONAFOR Durango y la CCAN (Figura 14).

**Tabla 8***Programa de Mejores Prácticas de Manejo (PMPM)*

<b>Folio de Apoyo</b>	<b>Ejido</b>	<b>Actividades (PMPM)</b>
CFC201510000001	San Antonio de Nevárez	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Brigada de protección contra incendios con su equipo especializado</li> <li>*Reforestación con especies nativas</li> <li>*Mantenimiento de brechas cortafuego</li> <li>*Cercado con postes de madera</li> </ul>

<b>Folio de Apoyo</b>	<b>Ejido</b>	<b>Actividades (PMPM)</b>
CFC201510000002	La Posta de Jihuites	*Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego *Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Presas de piedra acomodada
CFC201510000003	San Andrés de Atotonilco	*Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Presas de piedra acomodada *Reforestación con especies nativas y su mantenimiento
CFC201510000004	El Rincón	*Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego *Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Conservación de caminos *Cercado con postes de madera *Reforestación con especies nativas y su mantenimiento
CFC201510000005	San Nicolás de Arriba	*Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego *Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Conservación de caminos *Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel
CFC201510000006	El Cambray	*Conservación de caminos *Presas de piedra acomodada *Presas de morillos *Reforestación con especies nativas y su mantenimiento
CFC201510000007	San José de La Chaparra	*Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Conservación de caminos *Cercado con postes de madera *Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego
CFC201510000008	Laguna de La Chaparra	*Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Conservación de caminos *Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego
CFC201510000010	Garame de Abajo	*Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Barreras de piedra acomodada *Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego
CFC201510000011	Silvestre Revueltas	*Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Conservación de caminos *Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego
CFC201510000012	Potrero de Chaidez	*Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Conservación de caminos *Presas de piedra acomodada *Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego
CFC201510000013	Escobar y Anexos	*Acomodo de material vegetal muerto a curva de nivel *Cabeceo de Cárcavas *Presas de piedra acomodada

Nota: Convenio de Coordinación CONAFOR – CCAN 2015 – 2019



**Figura 14** Polígonos de PSA en la Parte Alta de la Cuenca del Río Nazas  
Fuente: CONAFOR (2019)

**Tabla 9**

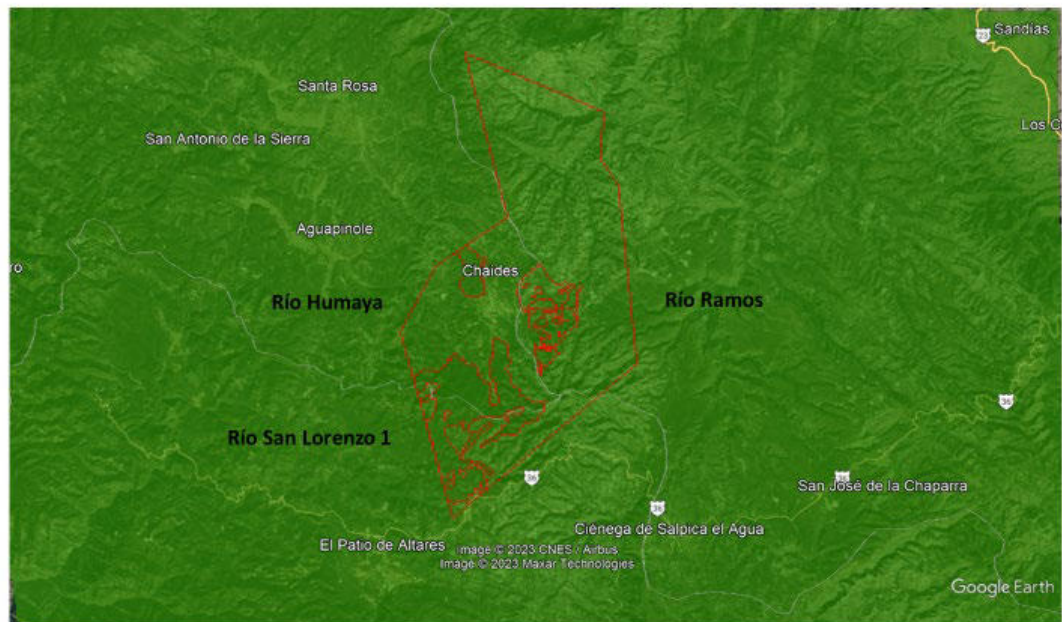
*Obras y Acciones realizadas al 2017 Segundo Convenio Irritila*

<b>Obras / Acciones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>
Acomodo de material vegetal muerto	163.67	Hectáreas
Presas filtrantes de piedra	160	Metros cúbicos
Brecha cortafuegos	71.98	Hectáreas
Mantenimiento Brecha cortafuego	15.5	Hectáreas
Cercado	737.4	Hectáreas
Cabeceo de cárcava	20	Metros cuadrados
Barreras de piedra a curvas de nivel	5.8	Kilómetros
Conservación y Mantenimiento de Caminos	22.3	Kilómetros
Reforestación	4.4	Hectáreas
Señalización	3	Letreros
Número de Proveedores Ambientales	359	Jornaleros

Nota: Elaboración propia con datos de la Comisión de Cuenca Alto Nazas (2017)

La CCAN desde su creación hasta 2019 se apoyó de una Gerencia Operativa (GO), compuesta por un encargado en la parte baja y un técnico en la parte alta para el seguimiento y difusión de las obras, dicha GO operó con recursos federales de la CONAGUA y de la Comisión del Agua del Estado de Durango (CAED) mediante convenios de concertación en materia de Consejos de Cuenca, siendo los ojos de los donantes de la parte baja para difundir, monitorear y dar seguimiento al PSA en los ejidos beneficiados, realizando actividades de difusión y adhesión en los organismos operadores, además de presentación en ferias y efemérides como el 22 de marzo Día Mundial del Agua y el 5 de junio Día Mundial del Medio Ambiente, replicando la experiencia en Fresnillo, Zacatecas en la parte alta del Río Aguanaval y en Parras, Coahuila.

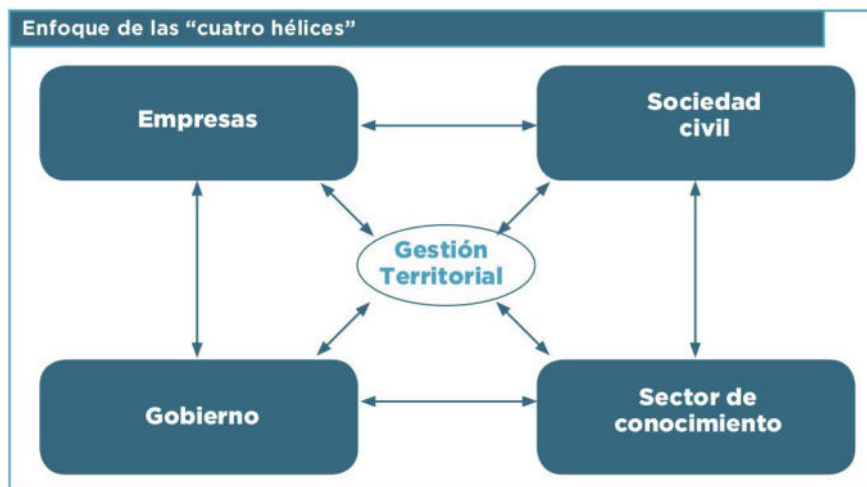
De los 12 ejidos se seleccionó el ejido Potrero de Chaidez para la evaluación de las obras, en virtud de su ubicación en el parteaguas de tres grandes cuencas hidrológicas: Río Ramos, Río Humaya y Río San Lorenzo 1 (Figura 15), su vocación forestal, cuenta con centro poblacional importante y ha participado en los programas de PSA nacionales y de MLPSA Irritila.



**Figura 15** Polígono Ejido Potrero de Chaidez, Tepehuanes, Dgo.  
Fuente: CONAFOR, 2019

## Discusión

El PSA Irritila surgió a iniciativa de la CONAGUA retomando la experiencia exitosa de conservación de la sierra de Zapalinamé en Saltillo, Coahuila (Vázquez, 2018), replicando el modelo e innovándolo, al incorporar a los usuarios de las tomas domiciliarias de tres municipios de dos entidades federativas y a los usuarios de los pozos del acuífero Principal Región Lagunera y del Distrito de Riego 017, a diferencia de Saltillo que sustenta su recaudación en las tomas domiciliarias de la ciudad (Chavarría, 2018), conjuntándose actores relevantes relacionados en el manejo y el uso del agua, participando de manera transversal los distintos niveles de gobierno para implementar un programa congruente de carácter territorial, dada la problemática de la sierra de Durango, aglutinando cuatro ámbitos de la vida social: el Gobierno, las Empresas, la Sociedad Civil y el sector del Conocimiento (Hernández, 2009) (Investigación y Docencia, 2023) (Figura 16).



**Figura 16** Modelo Cuádruple Hélice  
Fuente: Investigación y Docencia (2023)

La aparición del PSA Irritila coincidió con el arribo de los MLPSA, iniciando con otros proyectos similares como el de Fábricas del Agua en el Norte de Sinaloa, Institución de Asistencia Privada (FACES, IAP) (USAID, 2013), con la diferencia de que Irritila se enfocó a la conservación de áreas boscosas de pino – encino

en sitios de vocación forestal de alto riesgo de deforestación (INECC, 2015) y cercanos a los parteaguas de las cuencas hidrológicas de los Río Santiago y Tepehuanes, afluentes del Río Ramos, mientras que FACES a través de diversas acciones como la reforestación y construcción de obras de conservación de suelos, intervino en las inmediaciones de la presa Sanalona, principalmente en el ejido Imala, Culiacán, Sinaloa, para retener y prevenir el arrastre de azolves a dicho embalse. Los pagos de FACES provienen de la recaudación de los usuarios de riego del Valle de Culiacán (USAID, 2013), mientras Irritila través de un esquema mixto: tomas domiciliarias, usuarios de pozos de agua y del Distrito de Riego, empresas y Gobierno de Durango (Vázquez, 2018).

La COPARMEX Laguna como presidente de la CCAN y la CANACINTRA de Gómez Palacio en la tesorería, más otros actores en el uso del agua como el Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero Principal (COTAS Laguna) y los mismos organismos operadores de agua potable, generaron altas expectativas recaudatorias, sin embargo, resalta la importancia de las aportaciones del primer convenio de la CAED, al destinar al Irritila \$1.5 millones procedentes del Fondo Metropolitano para la Laguna (FML)<sup>9</sup>, representando el 42% del total de la recaudación, de lo que se infiere que las campañas de difusión no lograron impactar en la población para motivar la recaudación necesaria (Miranda, 2020).

Cabe mencionar que de manera paralela y a inicios del Irritila, con recursos de dicho FML, el Gobierno de Durango a través de la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente, el Gobierno del Estado de Coahuila y la CONAFOR, implementaron el “Programa de Restauración en la Parte Alta de la Cuenca del Río Nazas” por un monto total de \$89.13 millones, aplicándose en 134 núcleos

---

<sup>9</sup> Fondo Metropolitano para la Laguna.- Fideicomiso de administración e inversión de recursos con carácter de subsidios creado a instancias del Presupuesto de Egresos de la Federación, con el objeto de financiar la ejecución de estudios, planes, programas, proyectos, acciones y obras en los municipios de las Zonas Metropolitanas delimitadas por SEDESOL-CONAPO-INEGI (SHCP, 2008).



agrarios (Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente, 2016) mediante el mismo esquema de obras de conservación de suelos y bosque, pero con poca difusión de los resultados y la rendición de cuentas a la ciudadanía, por lo que hay una diferencia importante entre los programas de PSA financiados por los usuarios y los financiados por terceros como el estado. Los programas financiados por el estado tienden por lo regular a ser menos eficientes (Pagiola, 2011), existiendo contrastes de las inversiones de un programa manejado por la sociedad con uno gubernamental.

El primer convenio del PSA Irritila (2010-2014) equivalente a conservar 8622 ha se canceló en el tercer año, al incumplirse la meta recaudatoria, lo que motivó a suscribir un segundo convenio (2015-2019) por la cantidad de 7,432 ha; desafortunadamente dada la baja recaudación obtenida (Valdés, 2021), nuevamente se canceló el convenio, lo que ante la falta de ejercicio de los recursos federales al presentarse un subejercicio (H. González Hernández comunicación personal 15 de abril de 2021), se marcó un precedente negativo para Irritila para futuros proyectos; por lo que de acuerdo a Hartman y Petersen, es importante no subestimar la importancia de la estructura organizativa e institucional bajo la cual funcionan los PSA, considerando la importancia del diseño de las estrategias que harán sostenible el uso del suelo deseado, contar con mecanismos eficaces para producir resultados ambientales y considerar la suficiente inversión para reducir los costos de transacción (Hartman & Petersen, 2005).

El Programa Irritila a lo largo de su corta historia ha generado contrastes: desde su positiva imagen en cuanto a las expectativas respecto a la participación de actores relevantes de la sociedad, al ser el primer programa de la parte baja de la cuenca con acciones de intervención en la denominada “Fabrica del Agua” (Flores, 2018), como el manejo mediático en una región con problemáticas de calidad del agua como la Comarca Lagunera en cuanto al fenómeno del hidroarsenicismo (Hernández, Enríquez & Morales 2022), sin embargo, los

resultados en el corto y mediano plazo dejan mucho a la reflexión dada la dimensión territorial de Cuenca del Nazas, superficie forestal de aproximadamente un millón de hectáreas (FML, 2015) con respecto a la superficie beneficiada por el Irritila equivalente al 1% del total.

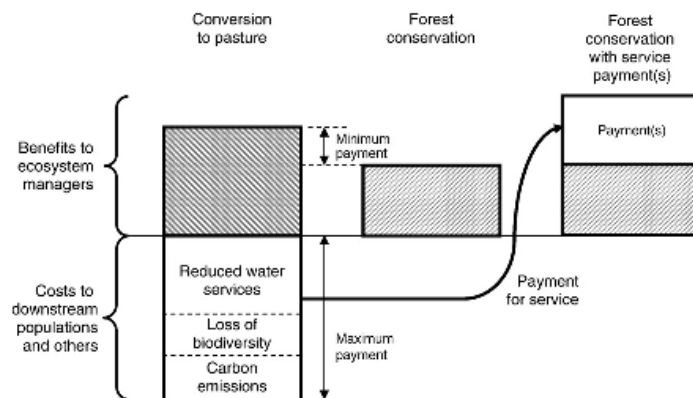
El Programa Irritila nació desde una iniciativa de gobierno con respaldo social, intentando poner en práctica el concepto de la GIRH (González, 2016) (CONAGUA, 2004), desafortunadamente la insuficiente difusión de los resultados de las obras y acciones, no detonaron el interés de la ciudadanía en cubrir las aportaciones suficientes para cumplir los compromisos contraídos con los convenios de coordinación entre la CCAN y la CONAFOR, coincidiendo la baja recaudatoria con el desmantelamiento del área de Consejos de Cuenca de la CONAGUA en la administración federal 2019-2024, dependencia que cubría junto con el Gobierno de Durango los gastos de operación del programa.

Irritila intenta hacer sinergia entre los proveedores de servicios ambientales hidrológicos de la parte alta de la Cuenca del Nazas, aglutinados en una de las asociaciones más grandes de manejo de recursos forestales como la UNECOFAEZ (Torres, 2012) con los usuarios del agua en la parte baja, sin embargo, la falta de datos como el estado de la vegetación, las acciones de reforestación, el impacto de las obras de conservación de suelos, la prevención y atención de incendios forestales en los ejidos beneficiados, no lograron convencer a la ciudadanía para participar mediante los recibos del agua, a diferencia del programa de Zapalinamé (S. Marines, comunicación personal 7 de junio de 2019) que ha aumentado sus aportaciones a 20 años de existencia y del programa FACES que continúa vigente (Prieto, 2022).

Los resultados del estudio de percepciones (UAdeC & CAED, 2011) indicaron el desconocimiento de la población de la parte baja acerca de la importancia de la sierra de Durango como sitio importante proveedor de los recursos hídricos; la lejanía de los territorios de ambas cuencas, el fenómeno del hidroarsenicismo y que la Comarca Lagunera sea la cuenca lechera más grande del país, son

aspectos para considerar los motivos del declive del programa, además de la falta de información del resultado de las prácticas de conservación.

El supuesto del mercado ambiental respecto al acuerdo entre proveedores y compradores de servicios no es del todo claro en el ejercicio del Irritila, pese a que el nombre de PSA indica claramente transacciones monetarias. El voluntarismo de su naturaleza rompe el principio de dichos mercados, por lo que el reto es valorar económicamente los servicios ambientales, conocer la disposición a pagar por los beneficiarios y la disposición a aceptar de los proveedores o gestores de los bienes, implementando un esquema *ad hoc* a las circunstancias de cada región, al identificar el costo de oportunidad de las áreas en riesgo de deforestación, definiendo compromisos reales de vendedores y compradores de los servicios en condiciones de igualdad y el establecimiento de sanciones de incumplimiento para ambas partes, para evitar que este tipo de programas se consideren más cercanos a la filantropía (RAE, 2022) que a las relaciones del mercado, manteniendo y mejorando la relación para que el pago sea un valor intermedio entre el beneficio de los usuarios y el costo asumido por los poseedores de los sitios proveedores lográndose en lenguaje económico una mejora paretiana (Martínez & Roca, 2018). La Figura 17 ilustra cómo funciona la lógica de estos programas, donde se considera un valor intermedio del beneficiario de los servicios y del proveedor que opta por recibir un pago a cambio de conservar.



**Figura 17** La Lógica de los Pagos por Servicios Ambientales

Fuente: Engel, Pagiola & Wunder (2008)

## CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE LAS OBRAS Y ACCIONES DEL PROGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RÍO NAZAS

### Resumen

Los bosques proporcionan bienes y servicios ambientales, los cuales brindan equilibrio en la naturaleza. En México algunos programas destinados a la conservación de los recursos forestales no tienen un análisis puntual de los beneficios que generan. El objetivo del presente capítulo fue la evaluación *in situ* del programa Pago por Servicios Ambientales Irritila en la cuenca del Río Nazas. Se analizaron índices de diversidad y riqueza, datos dasométricos de especies arbóreas, así como densidad aparente, textura, pH y materia orgánica del suelo. Los resultados mostraron a *Quercus sideroxila* con el mayor Índice de Valor de Importancia. Se obtuvo un Índice de Shannon de valor bajo de diversidad y el Índice de Margalef de baja riqueza, así como suelos con textura franco arenoso con densidad aparente baja y ricos en materia orgánica. Por otra parte, se analizaron las obras para el control de la erosión en cárcavas de piedra acomodada.

### Abstract

Forests provide goods and services, which give place to a balance in nature. In Mexico, some programs focused on the conservation of forest resources do not have a specific analysis of the benefits they provide. The objective of this study was to evaluate in-situ the Irritila program in the Nazas River basin for the payment of environmental services. For this purpose, diversity and richness indices of vegetation, dasometric data of dominant tree species were analyzed, and for the soil, we considered bulk density, texture, pH and content of soil organic matter. The results showed that *Quercus sideroxila* had the highest Importance Index Value. The Shannon Index indicated a low diversity value, whereas the

Margalef index indicated low richness. The soils showed a dominant sandy loam texture with low apparent density and rich in organic matter. On other hand, erosion control structures like arranged stones were analized.

### **Introducción**

Los programas de PSA como herramientas de política pública para prevenir la degradación ambiental y a la vez mejorar las condiciones de los habitantes de las localidades beneficiadas mediante actividades de conservación son, a diferencia de otros programas de gobierno, un mecanismo financiero de conservación, restauración y mejoramiento de las condiciones de los sitios proveedores de servicios ambientales. El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, evaluó dentro de los programas de desarrollo forestal sustentable, el impacto del componente PSA en los periodos 2011-2014 y 2017-2018, analizando la cobertura forestal en áreas con alto riesgo de deforestación; el manejo forestal sustentable y el capital social, teniendo como resultados, la reducción en un 40% de la tasa de pérdida de cobertura e incrementos del 50% en el manejo forestal y del 8% en el capital social (CONEVAL, 2018).

La evaluación mencionada fue general, por ejemplo, sobre la incorporación de nueva superficie para la conservación o la disminución de predios con algún nivel de degradación, no se consideró un análisis puntual de la vegetación mayor, la arbustiva y el repoblado, o en el caso de los suelos, de las características físicas y químicas en los sitios sujetos a conservación bajo programas de PSA, mucho menos la evaluación de obras, en específico para el control de la erosión en cárcavas.

Conocer la estructura forestal, analizar los suelos y el proceso hidrológico es de suma importancia antes, durante y posterior a la implementación de este tipo de programas de conservación. Para el caso de la estructura del ecosistema arbóreo, esta está definida por el tipo, número, arreglo espacial y ordenamiento temporal de los elementos que lo constituyen (Aguirre, 2002), destacando la estructura de especies en el espacio y la dimensión de los elementos, siendo una

herramienta fundamental que debe retomarse para la selección de sitios de PSA, ya que conocer la estructura y diversidad de las especies arbóreas en bosques templados, es importante para la gestión y conservación de aquellos lugares en donde no se han generado estudios específicos (Graciano-Ávila, et al.,2017).

Asimismo, es fundamental conocer las interacciones de los recursos forestales con el suelo para protegerlos de la erosión hídrica (Blanco, 2017), además de otros disturbios como los antropogénicos, por lo que este trabajo también consideró el análisis de este elemento para dar certeza a los objetivos de este tipo de programas ante el fenómeno de la degradación de las tierras (Pulido, J. & Bocco G., 2011).

Respecto a las obras para el control de la erosión en cárcavas (CONAFOR, 2013), es muy importante georeferenciar su ubicación e identificar el funcionamiento de cada una de ellas, estimando la retención de suelos producto de la degradación (Mejía, 2009), así como registrar el material vegetal como repoblado en dichos sitios de conservación (FMCN, CONAFOR, USAID, USFS, 2018).

Este documento resalta la experiencia del Ejido Potrero de Chaidez del Municipio de Tepehuanes, Durango, ubicado en la parte alta de la Cuenca del Río Nazas, localidad beneficiada del programa original PSA y del esquema Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales – Fondos Concurrentes (MLPSA-FC) (SEMARNAT, 2007) a través del PSA Irritila, encabezado por la Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C. órgano auxiliar del Consejo de Cuenca Nazas – Aguanaval (González, 2016); teniendo como objetivo, evaluar el impacto de las obras y acciones (CONAFOR, 2013) en el periodo 2010 – 2019, respecto a la estructura forestal, las propiedades físicas y químicas del suelo y el funcionamiento de las obras para el control de la erosión, planteando como hipótesis el impacto positivo que este programa ha tenido en los polígonos establecidos.

Las actividades principales en el ejido son el aprovechamiento forestal, la ganadería y la agricultura de temporal; respecto a la superficie aprovechable maderable, en 3680.80 ha se aprovechan las especies *Pinus arizonica*, *P. durangensis*, *P. engelmanni* y *P. teocote*, así como *Quercus sideroxila*; cuenta con un Plan de aprovechamiento forestal con autorización mediante oficio No. SG/130.2.2.2/002453/18 de fecha 3 de septiembre de 2018 y con vigencia al 31 de diciembre del 2026 (Tabla 10) (Guerrero, R. comunicación personal, 22 de abril de 2021).

**Tabla 10**

*Plan de Cortas*

Año	Especie	Superficie (ha)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	<i>Pinus spp</i>	228.18	598.65
2	<i>Pinus spp</i>	382.7	10,250
	<i>Quercus spp</i>		347
3	<i>Pinus spp</i>	298.48	11,389
	<i>Quercus spp</i>		109
4	<i>Pinus spp</i>	434.61	10,820
	<i>Quercus spp</i>		427
5	<i>Pinus spp</i>	315.36	12,653
	<i>Quercus spp</i>		646
6	<i>Pinus spp</i>	313.68	11,376
	<i>Quercus spp</i>		479
7	<i>Pinus spp</i>	304.88	9,909
	<i>Quercus spp</i>		516
8	<i>Pinus spp</i>	391.4	10,633
	<i>Quercus spp</i>		550
9	<i>Pinus spp</i>	453.71	10,876
	<i>Quercus spp</i>		385
10	<i>Pinus spp</i>	463.56	7,801
	<i>Quercus spp</i>		526

*Nota:* Elaboración propia con datos del Ejido Potrero de Chaidez

El volumen de aprovechamiento promedio por año es de 4,000 m<sup>3</sup> R.T.A. de pino y 437 m<sup>3</sup> de encino, para un V.T.A. de 100,290.65 m<sup>3</sup>.

## **Materiales y métodos**

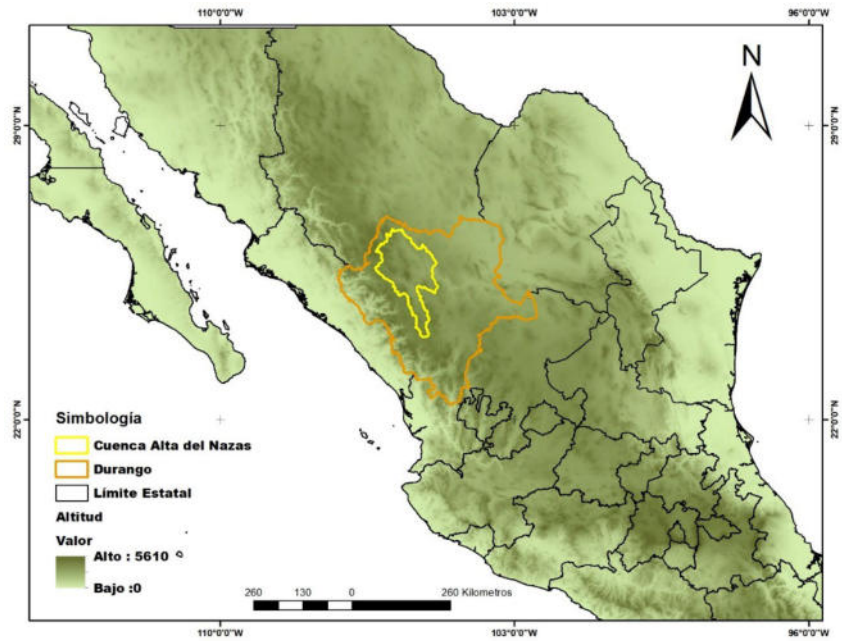
## Área de estudio

La parte alta de la cuenca del Nazas está ubicada en la Sierra Madre Occidental (SMO) en el Estado de Durango (Figura 18) abarcando una superficie de 18,310 km<sup>2</sup> (Fondo Metropolitano de la Laguna, 2015) equivalente al 36% de la superficie de la Cuenca del Río Nazas, está conformada por tres cuencas hidrológicas: Río Sextín, Río Ramos y Presa Lázaro Cárdenas; el 81% del volumen medio anual de escurrimiento natural de la cuenca beneficia a la comarca lagunera (SEMARNAT, 2020); en dicha parte alta se encuentra el Ejido Potrero de Chaidez (Figura 19), en los parteaguas de las cuencas Río Ramos, Río Humaya y San Lorenzo 1 (SINA CONAGUA, 2020), tiene una superficie de 14,514.5 ha en un rango altitudinal entre 2080 – 2896 msnm; está inmerso en las subprovincias fisiográficas Gran Meseta y Cañadas Duranguenses, el tipo de clima es semifrío Cb(w2)x, subhúmedo con verano fresco largo; la temperatura media anual oscila entre 5° y 12°C, y clima templado Cwo entre 12° y 18° C. La precipitación media anual es entre 800 y 1000 mm, presentándose lluvias importantes en los meses de julio a septiembre (UAF, 2013).

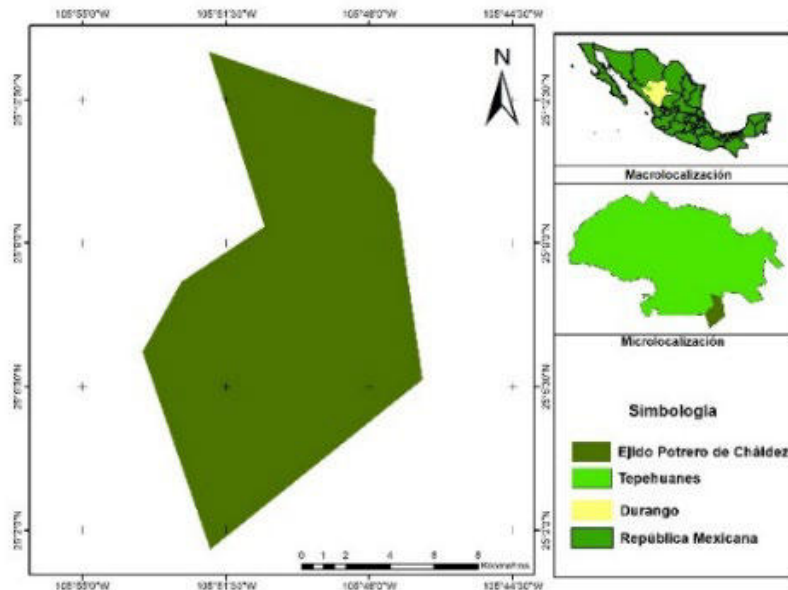
La vegetación existente en el área de estudio corresponde a comunidades vegetales del bosque de coníferas y latifoliadas, destacando las especies *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. teocote* y *P. durangensis* y en los encinos *Quercus sideroxyla*; además de especies arbustivas como *Juníperus deppeana* y *Arbutus xalapensis*.

La pendiente es importante en el clima y el tipo de suelo, influyendo en los escurrimientos superficiales, subsuperficiales, la infiltración, entre otras variables, presentando pendientes superiores al 20% en poco más del 60% de la superficie PSA (UAF, 2016). El tipo de suelo de acuerdo con la clasificación FAO -UNESCO (1968) adaptada para México por DETENAL (1972), es Regosol Eútrico “Re”, siendo suelos de materiales originales con roca dura y horizontes menores a 30 cm, en general de tono claro y con presencia de roca o tepetate, con fertilidad variable dependiendo de su profundidad (UAF, 2013).



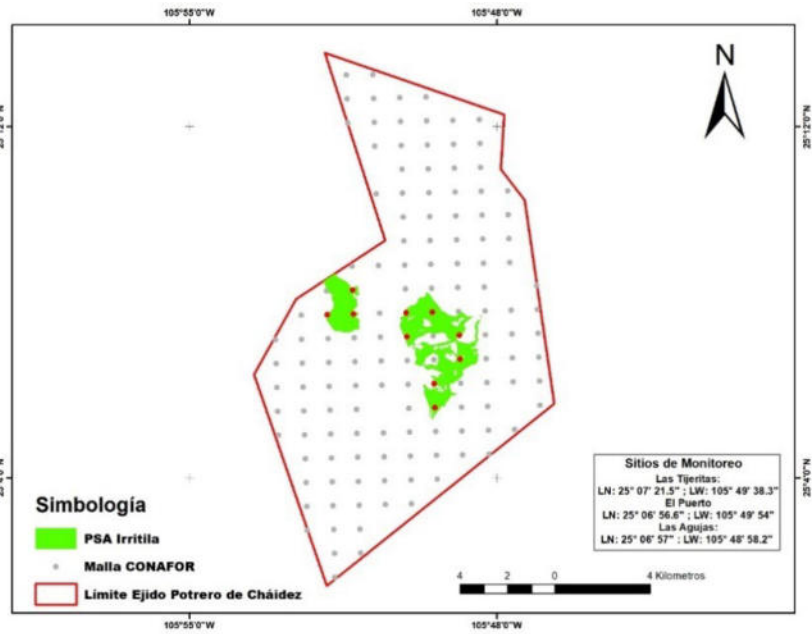


**Figura 18** *Parte alta de la cuenca del Río Nazas*  
 Nota: Elaboración propia



**Figura 19** *Ejido Potrero de Chaidez, Municipio Tepehuanes, Durango*  
 Nota: Elaboración propia

El Ejido Potrero de Chaidez inició el PSA nacional en 2005 con una superficie de 1235 ha en la Cuenca del Río San Lorenzo, posteriormente con la modalidad MLPSA-FC Irritila se sumaron 724 ha en 2010 y 630 ha en 2015 (Figuras 20-21).



**Figura 20** Polígonos PSA Irritila

Fuente: Elaboración propia con datos de la malla de muestreo CONAFOR 2017



**Figura 21** Acordonamiento de Material Vegetal Muerto, Ejido Potrero de Chaidez

Nota: Elaboración propia

El análisis y evaluación del impacto de las obras y acciones (Tabla 11) se inició recorriendo el ejido a partir de los puntos de la malla de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), equidistantes a 5 km (CONAFOR, 2017), dentro de los polígonos PSA Irritila, determinando tres sitios de monitoreo, correspondiendo a los parajes: Las Agujas (LN 25° 06' 57'', LW105° 48' 58.2''); Las Tijeritas (LN 25° 07' 21.5'', LW105° 49' 38.3'') y El Puerto (LN 25° 06' 56.6'', LW 105°49' 54'') con altitudes sobre el nivel del mar de 2472, 2483 y 2558.

**Tabla 11**

*Obras y Acciones Programa de Mejores Prácticas de Manejo Irritila*

<b>Obra/Acción</b>	<b>2010 Unidad</b>	<b>2015 Unidad</b>
Programa de Mejores Prácticas de Manejo	1	1
Taller de capacitación	4	4
Construcción de brechas corta fuego	16.4 km	10.5
Mantenimiento de brechas corta fuego	15.4 km	45.5
Acordonamiento de Material Vegetal Muerto (AMVM)	173 ha	76.5 ha
Construcción de presas filtrantes	80 m <sup>3</sup>	30 ha
Conservación y mantenimiento de caminos		8.5 km
Limitar el pastoreo	724.5 ha	630 ha
Señalización de áreas mediante carteles informativos	2 carteles	2 carteles
Recorridos de vigilancia	240 recorridos	16 recorridos
Instalación de Brigada contra incendios	5 grupos	
Muestreo de plagas y enfermedades	16 muestreo	

*Nota:* Elaboración propia con datos de los PMPM 2013 y 2016 (UAF, 2013, 2016).

Apoyándose en la metodología del muestreo comunitario BIOCOMUNI (FMCN, CONAFOR, USAID, USFS, 2018) se hizo el inventario y registro de la vegetación: arbolado, arbustos y repoblado, las unidades de muestreo fueron de 1000 m<sup>2</sup> (circulares con radio de 17.84 metros), en ellas se registró el número de especies de arbolado y vegetación > 7.5 cm de diámetro normal, altura y área de la proyección de copa. También se establecieron subunidades de monitoreo en áreas de 12.56 m<sup>2</sup> (radio de 2 metros, a 45° con orientación a las manecillas del reloj), registrándose los arbustos y repoblado < 7.5 cm de diámetro y > a 0.25 metros de altura.

Respecto a los parajes Las Tijeritas, Las Agujas y El Puerto, se realizaron registros y análisis de los siguientes parámetros estructurales: Abundancia Absoluta ( $A_i$ ), Abundancia Relativa ( $AR_i\%$ ), Frecuencia Absoluta ( $F_i$ ), Frecuencia Relativa ( $FR_i\%$ ), Dominancia Absoluta ( $D_a$ ), Dominancia Relativa ( $DR\%$ ) (Mostacedo & Fredericksen, 2000) mediante las siguientes formulas:

$$A_i = \frac{N_i}{E} \qquad AR_i = \left( \frac{A_i}{\sum_{i=1..n} A_i} \right) \times 100$$

Abundancia: Donde  $A_i$  es la abundancia absoluta,  $AR_i$  es la abundancia relativa de la especie  $i$  respecta a la abundancia total,  $N_i$  es el número de individuos de la especie  $i$  y  $E$  es la superficie del muestreo en ha.

$$D_i = \frac{Ab_i}{E(ha)} \qquad DR_i = \left( \frac{D_i}{\sum_{i=1..n} D_i} \right)$$

Con respecto a la Dominancia, donde  $D_i$  representa a la dominancia absoluta,  $DR_i$  es dominancia relativa de la especie  $i$  respecto a la cobertura,  $Ab$  el área basal de la especie  $i$  y  $E$  la superficie en ha.

$$F_i = \frac{P_i}{NS} \qquad FR_i = \left( \frac{F_i}{\sum_{i=1..n} F_i} \right)$$

Frecuencia:  $F_i$  es la frecuencia absoluta,  $FR_i$  es la frecuencia relativa de la especie  $i$  respecto a la sumatoria de las frecuencias,  $P_i$  es el número de sitios en el que se presenta la especie  $i$  y  $NS$  corresponde al número de sitios de muestreo del estudio.

Respecto al índice de Valor de Importancia ( $IVI$ ) (Whittaker, 1972; Moreno, 2001) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$IVI = \left( \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3} \right)$$

Para determinar la riqueza de las especies se empleó el Índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ) y respecto a la diversidad alfa el Índice Shannon-Weaver ( $H'$ ) (Shannon 1948, Magurran, 2004) mediante las fórmulas:

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln(P_i)$$

$$P_i = n_i/N$$

Donde:  $S$  es el número de especies,  $N$  el número total de individuos,  $n_i$  el número de individuos de la especie  $i$  y  $P_i$  es la proporción de individuos de la especie  $i$  con respecto a la totalidad de individuos en el área de estudio, cada una de estas variables se ingresaron en una base de datos.

De igual manera, dentro de las subunidades de muestreo y en un predio adicional impactado denominado “La Joya del Tlacuache”, con pala recta y en bolsas plásticas transparentes, mediante el procedimiento de muestra compuesta, se recolectó (abril 2021), suelo de 1 a 2 kg a profundidades de 0 a 10 cm y de 10 a 30 cm y homogenizaron acorde a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, la cual establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelo (SEMARNAT, 2002); se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la Sociedad Cooperativa Agropecuaria, Gómez Palacio, Dgo., determinándose las propiedades físicas y químicas como textura, densidad aparente, materia orgánica y pH.

El cálculo de retención de azolves en las obras de conservación de suelos se realizó con base a Mejía (2009) y a lo estipulado en el manual de obras y prácticas (CONAFOR, 2013), estimándose en toneladas, para lo cual, se utilizó flexómetro, longímetro, clinómetro suunto y GPS Map64 Garmin; los cálculos fueron de acuerdo con los resultados de laboratorio, respecto a la densidad aparente (DA) de los suelos en las cárcavas; realizándose el ejercicio en 31 presas de piedra acomodada en 3 cárcavas ubicadas en el paraje El Puerto y en 32 presas

desplantadas en una cárcava del paraje Las Tijeritas; en el paraje Las Agujas no se construyeron este tipo de obras.

La fórmula para la estimación de la retención de suelos en las presas de piedra acomodada de base trapezoidal de figura prismática (Figura 22) fue la siguiente (Mejía, 2009):

$$Vol = (\text{Área de la base} * \text{Longitud}) / 3$$

Donde:

$$Vol = \text{volumen de sedimentos en } m^3$$

$$\text{Área de la base} = h * (a + b) / 2$$

Donde:

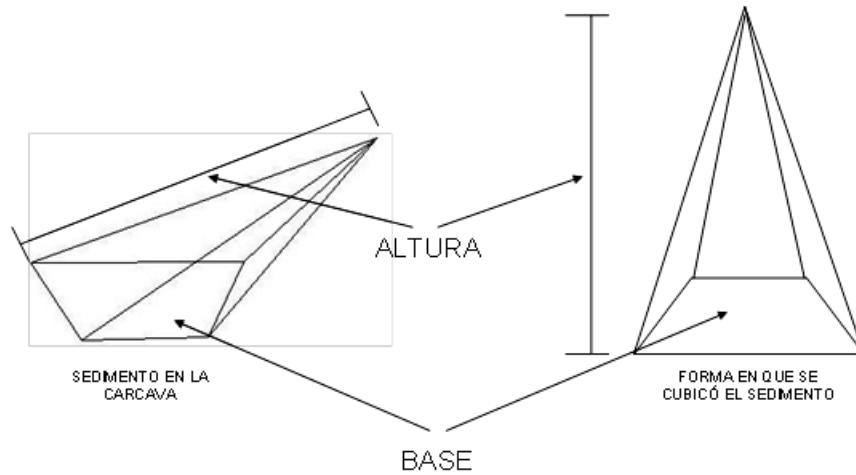
$h$  = altura del trapecio

$a$  = base mayor de la presa de piedra acomodada

$b$  = base menor de la presa de piedra acomodada

El cálculo aproximado del azolve se determinó de acuerdo con diferencia de alturas, es decir, del nivel de altura total de la obra a nivel del vertedor a la altura entre el nivel de azolve y el vertedor. Para la medición de los sedimentos acumulados en las obras de conservación, se midió la longitud del registro de la base mayor hacía aguas abajo de los sedimentos registrados.

Finalmente, el resultado del volumen de sedimentos en  $m^3$  se multiplicó por la densidad aparente ( $Da$ ) y así obtener la estimación de suelo acumulado en toneladas (CONAFOR, 2013).



**Figura 22** Figura Piramidal con Base Trapezoidal  
Fuente: Mejía (2009)

## Resultados

### Caracterización de la Estructura de Especies

Respecto a la caracterización de la diversidad, se realizó el registro de 239 individuos en los tres sitios de monitoreo (Tabla 12) (Figuras 23-25).

**Tabla 12**

*Información de las Tres Unidades de Monitoreo*

<b>Especie</b>	<b>El Puerto</b>	<b>Las Tijeritas</b>	<b>Las Agujas</b>	<b>Total</b>
<i>Pinus ayacahuite</i>	18	7	6	31
<i>Quercus sideroxila</i>	28	54	12	94
<i>Pinus teocote</i>	4	27	0	31
<i>Pinus durangensis</i>	0	6	12	18
<i>Arbutus xalapensis</i>	0	1	6	7
<i>Pinus lumholtzii</i>	0	2	0	2
<i>Pinus arizonica</i>	25	0	30	55
<i>Pinus leiophylla</i>	0	0	1	1
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>97</b>	<b>67</b>	<b>239</b>

*Nota:* Elaboración propia con base en datos de campo.



**Figura 23** Medición Cobertura Arbórea y de *Retención de Suelos*  
*Nota:* Visita de campo paraje Las Tijeritas, abril 2021



**Figura 24** Medición de Arbolado en Unidad de Monitoreo  
*Nota:* Visita de campo paraje Las Agujas, abril 2021





**Figura 25 Brecha Corta Fuego y Predio Impactado**  
 Nota: Visita de campo parajes Las Agujas y La Joya del Tlacuache, abril 2021

La densidad de árboles por hectárea fue de 797 individuos, siendo la especie más abundante *Quercus sideroxila*; sin embargo, en la dominancia respecto al área basal destacó *Pinus arizonica*, por lo que ambas especies sobresalieron en el Índice de Valor de Importancia (Tabla 13).

**Tabla 13**

*Parámetros Estructurales del Área Basal*

Especie	Abundancia	Área Basal				
		Ab. Relat	Dominancia	Dom. Relat	Frecuencia	Frec Relat IVI
	N/ha <sup>-1</sup>	%	m <sup>2</sup> /ha <sup>-1</sup>	%	N*Parcela	%
<i>Pinus ayacahuite</i>	103.33	12.97	1.920	10.05	100	18.75 13.92
<i>Quercus sideroxila</i>	313.33	39.33	5.38	28.17	100	18.75 28.75
<i>Pinus teocote</i>	103.33	12.97	3.35	17.56	66.66	12.5 14.34
<i>Pinus durangensis</i>	60	7.53	2.04	10.72	66.66	12.5 10.25

Especie	Abundancia	Ab. Relat	Dominancia	Dom. Relat	Frecuencia	Frec Relat	IVI
<i>Arbutus xalapensis</i>	23.33	2.92	0.46	2.43	66.66	12.5	5.95
<i>Pinus lumholtzii</i>	6.66	0.83	0.12	0.66	33.33	6.25	2.58
<i>Pinus arizonica</i>	183.33	23.01	5.76	18	66.66	12.5	21.89
<i>Pinus leiophylla</i>	3.33	0.41	0.03	0.20	33.33	6.25	2.28
<b>Total</b>	<b>796.6</b>	<b>100</b>	<b>19.09</b>	<b>100</b>	<b>533.33</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Nota: Elaboración propia con base en datos de campo.

Así mismo, se obtuvo la dominancia respecto al área de copa de las especies de interés destacando *Quercus sideroxila* seguido de *Pinus arizonica* (Tabla 14).

**Tabla 14**

*Parámetros Estructurales del Área de Copa*

Área de Copa							
Especie	Abundancia	Ab. Relat	Dominancia	Dom. Relat	Frecuencia	Frec Relat	IVI
	N/ha <sup>-1</sup>	%	m <sup>2</sup> /ha <sup>-1</sup>	%	N*Parcela	%	
<i>Pinus Ayacahuite</i>	103.33	12.97	825.94	15.24	100	18.75	15.65
<i>Quercus sideroxila</i>	313.33	39.33	1830.27	33.77	100	18.75	30.61
<i>Pinus teocote</i>	103.33	12.97	699.82	12.91	66.66	12.5	12.79
<i>Pinus durangensis</i>	60	7.53	365.76	6.74	66.66	12.5	8.92
<i>Arbutus xalapensis</i>	23.33	2.92	201.30	3.71	66.66	12.5	6.38
<i>Pinus lumholtzii</i>	6.66	0.83	61.92	1.14	33.33	6.25	2.74
<i>Pinus arizonica</i>	183.33	23.01	1417.34	26.15	66.66	12.5	20.55
<i>Pinus leiophylla</i>	3.33	0.41	17.02	0.31	33.33	6.25	2.32
<b>Total</b>	<b>796.66</b>	<b>100</b>	<b>5419.39</b>	<b>100</b>	<b>533.33</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Nota: Elaboración propia con base en datos de campo.

## Índice de Diversidad y Riqueza de Especies

En los valores obtenidos de los índices de riqueza y diversidad (Shannon y Margalef) se observó la presencia de ocho especies en el registro del arbolado >7.5 cm de diámetro normal arrojando un rango del Índice de Margalef  $D_{Mg} = 1.27$  y un valor de diversidad  $H = 1.59$  del Índice de Shannon. Asimismo, se realizó el registro de 81 individuos en los mismos tres sitios a nivel de subunidad (cuatro sitios de 12.56 m<sup>2</sup>/unidad de monitoreo) contabilizándose las siguientes especies (Tabla 15).

**Tabla 15**

*Información de Subunidades de los Tres sitios de Monitoreo*

Espece	El Puerto	Las Agujas	Las Tijeritas	Total	%
<i>Juniperus deppeana</i>	2	0	0	2	2.5
<i>Pinus ayacahuite</i>	5	4	6	15	18.5
<i>Arbutus xalapensis</i>	1	0	0	1	1.2
<i>Arctostaphylos pungens</i>	5	3	6	14	17.2
<i>Pinus arizonica</i>	2	0	0	2	2.5
<i>Pinus durangensis</i>	2	1	0	3	3.7
<i>Quercus sideroxila</i>	7	13	3	23	28.5
<i>Pinus leiophylla</i>	0	4	0	4	5
<i>Quercus striatula</i>	0	14	0	14	17.2
<i>Prunus serótina</i>	0	0	1	1	1.2
<i>Pinus teocote</i>	0	0	2	2	2.5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>39</b>	<b>18</b>	<b>81</b>	<b>100</b>

*Nota:* Elaboración propia con base en datos de campo.

Lo observado en estas subunidades muestra la presencia de material vegetal de repoblado y arbustos del orden de 270 individuos por hectárea, siendo las especies *Quercus sideroxila* y *Pinus ayacahuite* las más abundantes, seguida por arbustos como el *Arctostaphylos pungens*.

## La Importancia del Suelo en la Estructura Forestal

Las muestras del suelo se obtuvieron dentro de los parajes del área de estudio, específicamente en las unidades de monitoreo y en un sitio adicional conocido como La Joya del Tlacuache (Tabla 16), sitio modificado en su uso original forestal y usado actualmente en actividades agrícolas, concretamente al cultivo de forrajes.

**Tabla 16**

*Características de la Estructura del Suelo Forestal*

Paraje	El Puerto	Las Agujas	Las Tijeritas	La Joya del Tlacuache	Valores óptimos
Textura	Areno-Franco	Areno-Franco	Areno-Franco	Areno-Franco	
Densidad Aparente (Da)g/cm <sup>3</sup>	0.56	0.42	0.43	1.22	1.3
Materia Orgánica (MO) %	17.89	22.82	15.42	4.81	>3.0
pH	4.59	4.08	4.58	5.50	6.5 – 7.5

*Nota* Elaboración propia.

## Determinación de propiedades físico - químicas del suelo

Del muestreo de suelo se obtuvieron 5 muestras compuestas de 1 a 2 kg para un total de 20 (Tablas 17 y 18) (Figura 26), destacando en resultados la densidad aparente; la materia orgánica, porcentaje de saturación y otros elementos de los sitios conservados de PSA con respecto al perturbado.

**Tabla 17***Propiedades Físicas*

<b>Paraje</b>	<b>Las Agujas</b>	<b>Las Tijeritas</b>	<b>El Puerto</b>	<b>La Joya del Tlacuache</b>	<b>Valores óptimos</b>
Textura %	Areno Franco	Areno Franco	Areno Franco	Areno Franco	
Arena	77	85	81	71	
Limo	20	12	15	26	
Arcilla	3	3	3	3	
Cap. Int. Catiónico	20.00	23.75	17.50	12.5	25-50
Capacidad de Campo	24.44	23.00	23.83	25.52	
Punto de marchitez	13.35	12.57	13.02	13.94	
% Saturación	125.00	132.86	135.71	33.33	<50
Densidad Aparente	0.42	0.43	0.56	1.22	1.3

*Nota:* Elaboración propia**Tabla 18***Propiedades Químicas*

<b>Paraje</b>	<b>Las Agujas</b>	<b>Las Tijeritas</b>	<b>El Puerto</b>	<b>La Joya del Tlacuache</b>	<b>Valores óptimos</b>
Materia Orgánica (M.O.)	22.82	15.42	17.89	4.81	>3.0
Fosforo (P)	8.67	9.67	9.57	7.46	21-40
Nitratos (N-NO <sup>3</sup> )	12.16	11.01	10.67	3.13	>60
Carbonatos Totales CaCO <sup>3</sup>	6.88	6.42	6.68	6.16	>15
Potasio (K)	450.00	539.00	358.00	287	800-1200
Fierro (Fe)	61.44	45.25	39.60	6.38	
Cobre (Cu)	0.21	0.18	0.14	0.17	
Zinc (Zn)	0.80	0.50	1.36	0.03	
Manganeso (Mn)	124.57	135.46	45.27	30.13	
pH	4.08	4.58	4.59	5.50	6.5-7.5
Conductividad Eléctrica	0.41	0.45	0.25	0.21	2.0-8.0

*Nota:* Elaboración propia



**Figura 26** *Muestras Compuestas de Suelo*  
*Nota:* Trabajo de campo abril 2021

### **Estimación de retención de azolve en presas de piedras acomodada**

El estudio se realizó en abril del 2021 en temporada de estiaje, se geo posicionó, midió y estimó la retención de suelo en 31 presas de piedra acomodada en 3 cárcavas paralelas dentro del predio El Puerto, cuantificándose 7 presas en la cárcava “a”; 11 en la “b”; 11 en la “c” y 2 en la cárcava de la confluencia de “b y c” (Tablas 19-22) (Figura 27), con una longitud respecto a las cotas de elevación de 112 metros y una densidad aparente ( $DA$ ) de  $1.26 \text{ gr/cm}^3$ ; el mismo ejercicio se realizó en una cárcava en el predio Las Tijeritas, en 32 presas de piedra acomodada, en una longitud de 270 metros (Tabla 23) (Figura 28). El proceso de construcción dependió de la pendiente, altura de la presa y materiales de la zona, el criterio técnico de construcción fue el de cabeza-pie con taludes de piedra aguas abajo de la estructura, como contrafuerte para darle mayor estabilidad a la base de la presa (CONAFOR, 2013).

**Tabla 19**

*Paraje el Puerto Cárcava "a"*

<b>Presa</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud msnm</b>	<b>Azolve ton</b>	<b>Observaciones</b>
1 <sup>a</sup>	N 25° 06' 59.2'' W105°49' 58.7''	2561	3.386	Azolvada
2 <sup>a</sup>	N 25° 06' 59.1'' W105°49' 58.5''	2561	3,672	Azolvada
3 <sup>a</sup>	N 25° 06' 58.9'' W105°49' 58.3''	2561	2.438	Azolvada con vegetación
4 <sup>a</sup>	N 25° 06' 58.9'' W105°49' 58.1''	2559	1.940	Con vegetación menor
5 <sup>a</sup>	N 25° 06' 58.7'' W105°49' 57.7''	2559	2.056	Repoblado
6 <sup>a</sup>	N 25° 06' 58.7'' W105°49' 57.7''	2558	1.365	Repoblado
7 <sup>a</sup>	N 25° 06' 58.7'' W105°49' 57.6''	2558	0.909	Repoblado

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 20**

*Paraje El Puerto Cárcava "b"*

<b>Presa</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud msnm</b>	<b>Azolve Ton</b>	<b>Observaciones</b>
1b	N 25°07'00.8'' W105°49'59.8''	2570	0.095	Azolvada
2b	N 25°07'00.6'' W105°49'59.6''	2569	0.922	Con vegetación menor
3b	N 25°07'00.5'' W105°49'59.5''	2568	1.236	Con vegetación menor
4b	N 25°07'00.4'' W105°49'59.5''	2567	1.159	Repoblado
5b	N 25°07'00.4'' W105°49'59.4''	2566	0.301	Sin vegetación
6b	N 25°07'00.2'' W105°49'59.2''	2565	0.306	Repoblado
7b	N 25°07'00.1'' W105°49'59.1''	2564	0.095	Repoblado
8b	N 25°07'00.0'' W105°49'58.9''	2563	0.677	Repoblado
9b	N 25°06'59.9'' W105°49'58.5''	2563	0.745	Repoblado
10b	N 25°06'59.8'' W105°49'58.3''	2561	1.619	Repoblado
11b	N 25°06'59.7'' W105°49'58.3''	2561	0.531	Repoblado

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 21***Paraje El Puerto Cárcava "c"*

<b>Presa</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud msnm</b>	<b>Azolve ton</b>	<b>Observaciones</b>
1c	N 25°07'01.1" W105°49'59.3"	2570	1.235	Sin vegetación
2c	N 25°07'00.9" W105°49'59.1"	2569	0.679	Repoblado
3c	N 25°07'00.8" W105°49'58.7"	2567	0.965	Repoblado
4c	N 25°07'00.6" W105°49'58.5"	2566	0.908	Repoblado
5c	N 25°07'00.5" W105°49'58.4"	2564	0.1765	Sin vegetación
6c	N 25°07'00.4" W105°49'58.3"	2564	0.6982	Repoblado
7c	N 25°07'00.3" W105°49'58.2"	2564	0.429	Sin vegetación
8c	N 25°07'00.3" W105°49'58.2"	2563	0.790	Repoblado
9c	N 25°07'00.2" W105°49'57.9"	2561	3.823	Repoblado
10c	N 25°06'59,9" W105°49'57.8"	2561	1.360	Sin vegetación
11c	N 25°06'59,7" W105°49'57.6"	2560	1.413	Repoblado

*Nota:* Elaboración propia**Tabla 22***Paraje El Puerto Cárcava "b-c"*

<b>Presa</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud msnm</b>	<b>Azolve ton</b>	<b>Observaciones</b>
1bc	N 25°06'59,6" W105°49'57.4"	2559	0.870	Repoblado
2bc	N 25°06'59,4" W105°49'57.1"	2558	1.415	Repoblado

*Nota:* Elaboración propia





**Figura 27** Presas Paraje El Puerto con Material de Repoblado  
*Nota:* Trabajo de campo abril 2021



**Figura 28** Presas con Repoblado y Azolvadas Predio Las Tijeritas  
*Nota:* Trabajo de campo abril 2021

**Tabla 23**

*Paraje Las Tijeritas Cárcava "a"*

<b>Presa</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud msnm</b>	<b>Azolve ton</b>	<b>Observaciones</b>
1	N25°07'21.8'' W105°49'43.3''	2500	0.308	Azolvada
2	N25°07'21.8'' W105°49'43.2''	2499	0.594	Azolvada
3	N25°07'21.9'' W105°49'43.1''	2499	0.954	Vegetación menor
4	N25°07'21.9'' W105°49'42.8''	2498	1.280	Vegetación menor
5	N25°07'21.9'' W105°49'42.6''	2498	0.440	Sin vegetación
6	N25°07'21.9'' W105°49'42.2''	2496	4.626	Repoblado
7	N25°07'21.8'' W105°49'42.0''	2495	1.103	Repoblado
8	N25°07'21.8'' W105°49'41.7''	2494	1.227	Repoblado
9	N25°07'21.7'' W105°49'41.5''	2494	2.373	Repoblado
10	N25°07'21.7'' W105°49'41.3''	2494	0.406	Sin vegetación
11	N25°07'21.7'' W105°49'41.1''	2494	1.844	Repoblado
12	N25°07'21.7'' W105°49'40.8''	2492	0.870	Repoblado
13	N25°07'21.5'' W105°49'40.6''	2490	1.724	Repoblado
14	N25°07'21.5'' W105°49'40.1''	2490	10.822	Repoblado
15	N25°07'21.4'' W105°49'39.8''	2490	2.180	Repoblado
16	N25°07'21.3'' W105°49'39.6''	2489	3.454	Repoblado
17	N25°07'21.3'' W105°49'39.2''	2488	1.055	Repoblado
18	N25°07'21.5'' W105°49'38.8''	2488	3.147	Repoblado
19	N25°07'21.7'' W105°49'38.7''	2487	1.252	Repoblado
20	N25°07'21.8'' W105°49'38.5''	2487	0.944	Repoblado
21	N25°07'21.9'' W105°49'38.2''	2486	1.494	Repoblado
22	N25°07'22.1'' W105°49'38.1''	2485	0.951	Repoblado
23	N25°07'22.2'' W105°49'37.9''	2485	0.599	Repoblado
24	N25°07'22.5'' W105°49'37.6''	2485	1.502	Sin vegetación

Presa	Coordenadas	Altitud msnm	Azolve ton	Observaciones
25	N25°07'23.0'' W105°49'37.1''	2479	0.722	Sin vegetación
26	N25°07'23.3'' W105°49'36.4''	2479	0.973	Repoblado
27	N25°07'23.6'' W105°49'36.1''	2477	0.349	Repoblado
28	N25°07'23.8'' W105°49'35.9''	2474	1.168	Repoblado
29	N25°07'24.0'' W105°49'35.6''	2473	0.0284	Repoblado
30	N25°07'24.1'' W105°49'35.2''	2470	0.189	Sin vegetación
31	N25°07'24.4'' W105°49'35.8''	2466	0.00	Destruida
32	N25°07'24.7'' W105°49'34.7''	2465	0.00	Destruida

Nota: Elaboración propia

La estimación de azolves retenidos en las obras del paraje El Puerto fueron del orden de las 38.21 ton y en el caso del predio Las Tijeritas de 48.57 ton de suelo; la diferencia del material retenido entre ambas series de obras, dada la similitud respecto al número de presas, se debió a factores como la longitud y ancho de las cárcavas, la pendiente y al diseño de construcción de la estructura de las obras (Figura 29).

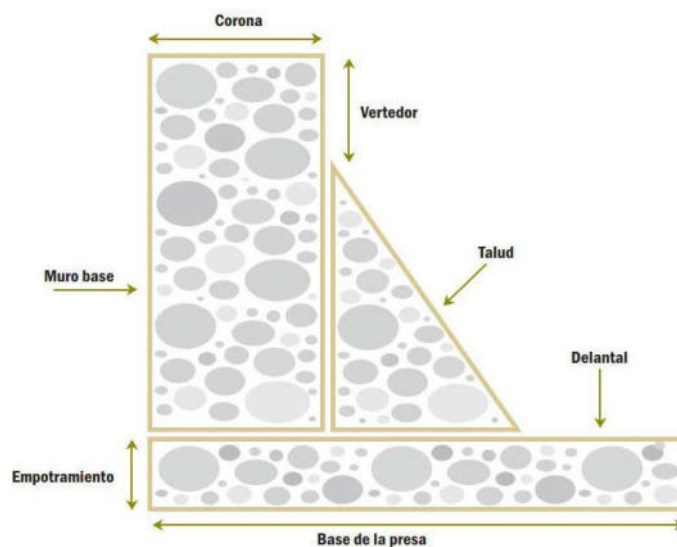


Figura 29 Partes que constituyen una presa de piedra acomodada  
Fuente: CONAFOR 2009

El material vegetal registrado fue arbustos y repoblado, con poca o casi nula presencia de arbolado y vegetación mayor dentro de la superficie de acumulación de azolves, comprendida ésta entre el límite del cabeceo de la cárcava y la cortina de la presa colindante, variando el número de individuos de acuerdo con la profundidad del suelo acumulado. Las especies presentes fueron *Pinus ayacahuite*, *P. arizonica* y *P. teocote*, en menor proporción *Quercus sideroxila*, *Arbutus xalapensis* y *Arctostaphylos pungens*. El reclutamiento es posterior al periodo de construcción de las obras (2011-2013), identificándose en promedio entre seis y ocho verticilos en dicho material de renuevo; la semilla depositada germinó de manera natural debido al sustrato y la humedad acumulada a partir de las obras construidas, por lo que los resultados son favorables en tres sentidos: la acumulación de suelo, la retención de escorrentía y la germinación de material vegetal, siendo elementos de soporte de servicios ambientales para la biodiversidad. El funcionamiento de las obras se aprecia con el azolvamiento al 100% de las primeras cárcavas ubicadas aguas arriba de la pendiente, para posteriormente mantener niveles de llenado superiores al 50%, existiendo una relación intrínseca de la presencia del recurso azolve – vegetación, destacando que, pese a los valores de densidad aparente alta respecto al promedio de los suelos de la región, dicha condición permite el repoblado y la vegetación menor, considerando importante el espesor del sustrato retenido en el llenado de la presa.

## **Discusión**

Estudiar la estructura forestal y de los suelos desde la perspectiva de los programas de PSA en la SMO contribuye a entender la complejidad del binomio bosque–suelo y sus interacciones con otros recursos como los hídricos, para lo cual, en esta investigación destacan especies como *Pinus arizonica*, *P. durangensis*, *P. teocote* y *Quercus sideroxila*, registrándose una densidad de individuos de  $797 \text{ ha}^{-1}$ , valores similares de abundancia registrados en el

Municipio de Pueblo Nuevo, Durango de 787 ha<sup>-1</sup> (Graciano-Ávila, et al., 2017), aunque muy superiores a los 575 individuos ha<sup>-1</sup> de otros trabajos en la SMO (Graciano, Aguirre, Alanís & Luján, 2017) y aún mayor que en otros bosques templados con registros de 389 h<sup>-1</sup> (López-Hernández et al., 2017).

Para el presente estudio, la especie *Quercus sideroxila* fue la que presentó mayor importancia (*IVI*) en el ecosistema del Ejido Potrero de Chaidez, sin embargo, con respecto a los valores de dominancia a nivel de área basal el género *Pinus* y específicamente la especie *Pinus arizonica* fue la de mayor presencia, datos coincidentes con lo registrado en ecosistemas de bosque templado de Chihuahua (Hernández-Salas et al., 2013) y a lo señalado para bosques de coníferas (Granados, López & Hernández, 2007). Respecto a la dominancia de la cobertura o área de copa, el *Quercus sideroxila* fue superior al *Pinus arizonica* y de acuerdo con el Índice de Shannon obtenido ( $H= 1.59$ ) se muestra un valor bajo de diversidad. En cuanto al Índice de Margalef registrado ( $DMg= 1.27$ ), se muestra también un bajo valor en riqueza respecto a otros estudios de bosques templados del estado de Durango como el valor  $DMg = 1.53$  registrado por Graciano et al. (2017); el índice  $DMg = 1.35$  de López et al. (2017); el  $DMg = 1.74$  de Zúñiga-Vásquez J., Martínez-López J.M., Navarrete-Gallardo, E.A., Graciano-Luna J.J., Maldonado-Ayala D., Cano-Mejía B. (2018); aunque superior al índice  $DMg = 1.04$  registrado por Návar y González (2009).

Con respecto al registro de las subunidades de monitoreo, correspondiente a la regeneración de la masa forestal (arbustos y repoblado), los valores encontrados, son semejantes al porcentaje de especies del Inventario Estatal Forestal y de Suelos de Durango (CONAFOR, 2013; SEMARNAT & CONAFOR, 2014).

Es importante incorporar el conocimiento de la estructura forestal y de las propiedades físicas y químicas del suelo en los predios sujetos a programas de PSA, dado que dicha relación es fundamental para prevenir y evitar fenómenos como la erosión hídrica y los deslizamientos superficiales, al mantenerse en buen estado la cubierta forestal (FAO, 2009), aunque es necesario en materia de PSA,

abordar de manera integral la importancia de la profundidad del suelo forestal (Nadal, Sabate & Gracia, 2017); analizar el riesgo de perturbación de las estructuras macroporosas del suelo y los cambios que conlleva en las escorrentías superficiales, subsuperficiales y en la recarga de acuíferos (Návar, Lizárraga & Giménez, 2017); así como los cambios en la cobertura tanto vegetal como de usos del suelo (CCVUS), lo cual genera un impacto negativo en los ecosistemas, como la afectación en la capacidad de proveer los SA y los efectos directos como el calentamiento global (Leija et al., 2020).

Dado que los suelos en los polígonos del PSA Irritila del Ejido Potrero de Chaidez presentan una densidad aparente baja, coincidente con resultados de otros suelos forestales como lo señalado por Rubio (2010); al ser suelos porosos y ricos en materia orgánica y ante la eventualidad de una modificación a la estructura forestal, se corre el riesgo de que aumente la erosión producto de las altas pendientes (UAF, 2013), los bajos horizontes edáficos y la presencia de fenómenos de lluvia intensos en periodos cortos del año (Fondo Metropolitano de la Laguna, 2015); sin embargo, como lo mencionan Rodríguez, Arbelo, Guerra y Mora (2002), los rasgos morfológicos de erosión, algunas veces correlacionan mejor con variables de uso y manejo del suelo que con propiedades intrínsecas del mismo, tales como las pendientes superiores al 30%, la cobertura vegetal inferior al 60% y la elevada erosividad de las lluvias estacionales, siendo los factores antrópicos de uso los que determinan en mayor medida la erosión que la erodibilidad en sí misma.

De acuerdo con Millar, Turk y Foth (1982) la formación de cárcavas ocurre por tres procesos; por la erosión debido a caídas de agua, erosión en los canales y la causada por congelación y deshielos alternados, presentándose por lo regular más de un proceso activo en la formación de dichas incisiones, sin embargo, de acuerdo con Bravo, Mendoza, Medina y Sáenz (2010), dicho fenómeno se presenta, a parte de los aspectos físicos, como las características de los suelos, la topografía, el tamaño, forma de la cuenca, la longitud y el gradiente de las laderas; debido a factores derivados de las actividades antropogénicas como el

uso inapropiado del suelo y la vegetación, el sobrepastoreo, la construcción de caminos, entre otros usos, afectando las áreas aledañas y sitios aguas abajo como embalses, corrientes y tierras de cultivo.

Las características de los sedimentos retenidos en las presas del área de investigación coinciden con lo analizado por Rodríguez (2008), respecto a que los sedimentos de las presas estudiadas no se encuentran al nivel, mostrando un declive que varía de acuerdo con las clases de materiales sedimentados y la inclinación misma de la cárcava, diferencia importante considerando que la mayoría de las obras de infraestructura no presentan un llenado del 100% de la capacidad de azolve.

De acuerdo con el PMPM del Ejido Potrero de Chaidez (UAF, 2016), el costo de las obras de retención de suelo en cárcavas no es tan grande con respecto a las demás obras y acciones del PSA Irritila, situación distinta a la señalado por Bravo, Mendoza, Medina y Sáenz (2010), por lo que la retención de suelos con dichas obras es significativa en cuanto a volúmenes acumulados y a las condiciones creadas para la presencia de material vegetal, siendo favorable la relación costo – beneficio de las inversiones establecidas con dicho PSA.

Las recomendaciones de carácter urgente en el sentido de implementar acciones de conservación de los recursos suelo, vegetación y agua y la disminución de la presión productiva de ciertas actividades como la ganadera, agrícola y la forestal, mediante un manejo integrado de la parte alta de la cuenca del Nazas (González-Barrios, et al., 2007), se cumplen en cierta medida con los resultados de las obras construidas, siendo importante hacer un ejercicio de análisis comparativo con otras localidades beneficiadas con dicho programa concurrente, reforzándose lo mencionado por Pagiola (2011), respecto a que los PSA financiados por los Estados, tienden a ser menos eficientes que los financiados por los usuarios, dado que no tienen información directa del valor de los servicios, no pueden observar si efectivamente se están brindando y estén sujeto a presiones ajenas a los objetivos del programa.

### **CAPÍTULO 3. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES DE LA CUENCA NAZAS Y DISPONIBILIDAD A PAGAR POR EL DISTRITO DE RIEGO 017**

#### **Resumen**

La productividad hídrica de la cuenca del Nazas es una de las de tipo endorreico más importantes del país respecto a los beneficios en cuanto a volumen de agua y superficie agrícola del Distrito de Riego 017 (DR017) se refiere, por lo que calcular el valor económico (VE) de los servicios ambientales hidrológicos provenientes de su parte alta y estimar la Disposición a Pagar (DAP) por los usuarios del DR017, permite conocer los alcances para el diseño y establecimiento a futuro de un esquema de intervención desde el enfoque de Mecanismo Local de Pago por Servicios Ambientales (MLPSA), a partir de este tipo de figuras de riego. El estudio se centró en investigar el presupuesto hídrico de la parte alta de la cuenca del Nazas respecto a la oferta de 3 cuencas hidrológicas, así como la demanda del recurso por los 17 módulos o asociaciones de riego ubicadas en la parte media y baja, eligiéndose el Módulo de riego no. III San Jacinto ubicado en Lerdo, Durango, aplicándose cuestionarios a actores clave para conocer la importancia hídrica de la parte alta del Nazas respecto a los demás servicios ambientales que provee; paralelamente se estimó el costo de oportunidad de los beneficios netos que la actividad ganadera de tipo extensivo produce y compite con el bosque, para finalmente aplicar a una muestra representativa de usuarios con derechos de aguas un cuestionario con 23 reactivos para conocer la DAP por los servicios ambientales hidrológicos provenientes de dicha región, entre otras cuestiones relativas al conocimiento del bosque de Durango y la importancia del agua como insumo para la producción. Los resultados obtenidos respecto al presupuesto hídrico muestran la dependencia del 100% que el DR017 tiene de la cuenca alta del Nazas en los ciclos agrícolas históricamente establecidos. Se obtuvieron dos factores de



importancia que dicha región de la sierra de Durango tiene para los agricultores de la comarca lagunera: la hídrica en un 62% respecto al resto de los servicios ambientales del bosque y la general en un 30% de acuerdo con los beneficios ecosistémicos de toda la cuenca. Respecto a la DAP de los usuarios con derechos de agua del padrón del módulo III San Jacinto, resultó que el 89% de los encuestados consideró importante contribuir económicamente para conservar los recursos naturales, asimismo, el 41.6% mencionó una DAP de entre \$100 y \$200 por hectárea (ha) de riego establecida al año y un 28.5% una DAP de más de \$200 por ha. En contraste, la cantidad mínima a pagar por ha/año fue entre \$10 y \$20. Los resultados obtenidos permiten inferir la posibilidad de diseñar e implementar un mecanismo financiero de conservación de los recursos naturales de la parte alta de la cuenca del Nazas desde la figura del DR 017.

### **Abstract**

The water productivity of the Nazas basin one of the most important endorheic basins in the country regarding its benefits in terms of water yield and irrigated area in the Irrigation District 017 (DR017), Therefore, calculating the economic value (EV) of the hydrological environmental services from its upper part and estimating THE willingness to pay (WTP) by DR017 users allows determining the scope for the design and future establishment of an scheme for the payment of environmental services based on a approach (MPLSA) for this type of irrigation districts. The study focused on investigating the water budget yield at the upper part of the Nazas basin regarding the runoff yield by its three hidrological subbasins and the water demanded by the 17 17 irrigation modules or associations located in the middle and lower part of the watershed. Once the water budget was determined, the irrigation module no. III San Jacinto located in the municipality of Lerdo, Durango was chosen. In this modulo, several questionnaires were applied to key stakeholders to determine the importance of the water yield at the headwater of the Nazas watershed regarding other provided environmental services. Complementary to this analysis, we determined the

opportunity value of the net benefits produced by extensive cattle raising in competition with the forest and finally a 23 item questionnaire was applied to a representative sample of water right users to analyze the willingness to pay for the hydrological services provided by the upper Nazas watershed; other questions were related to their knowledge of Durango mixed-conifer forest and the importance its water as an input for production. The results obtained regarding the water budget showed the 100% of the water users of the DR017 indicated a historic full dependence for agricultural purposes of the water yielded at the upper Nazas basin. Regarding the importance that this region of the Sierra of Durango has for the farmers of the Comarca Lagunera, two factors of main importance were obtained first, the hydric in 62% regarding the rest of the environmental services of the forest, and two, the general in 30% in accordance with the ecosystemic benefits of the entire basin. Regarding willingness to pay of the users with water rights in the San Jacinto Module III, 89% of the interviewed indicated the importance economically contribute to the conservation of natural resources, and 41.6% mentioned an annual payment between \$100 and \$200 per irrigated hectare (ha); 28.5% indicated a contribution over \$200 per ha. The minimum amount to pay was the range of \$10 to \$20 per ha/year. The obtained results indicate the potential to design and implement a financial mechanism for the conservation of natural resources in the upper part of the Nazas basin.

## **Introducción**

Existen diferentes métodos para estimar el valor económico de los servicios ambientales; cuatro son los más empleados en el ámbito de la economía ambiental: el método de costos evitados; el método del costo de viaje; el de precios hedónicos y el de valoración contingente, estos métodos tratan de definir un valor a los bienes y servicios que brinda la naturaleza de acuerdo con el comportamiento de mercados hipotéticos (Cristeche & Penna, 2008). Dichos métodos, conocidos como indirectos para el caso de los primeros y directos para el de la valoración contingente o de preferencias declaradas, ocurren en

diferentes situaciones temporales, los métodos indirectos estiman la valoración a partir de hechos realizados o consumados por las personas, mientras que el de preferencias declaradas infieren a partir de situaciones que aún no han ocurrido, es decir, ante escenarios futuros, por lo que dichas técnicas intentan hacer una medición de las expectativas acerca de los beneficios y costos derivados de acciones como el uso ambiental; la realización de una mejora ambiental y la generación de un daño al ambiente (Romero, 1994).

La economía ambiental considera la valoración económica total de los bienes y servicios provenientes de la naturaleza tanto de uso directo e indirecto, como aquellos de no uso, conocidos como de opción y/o de existencia (Barrantes, 2007), siendo los valores de uso directo los bienes que pueden ser consumidos como los alimentos, el agua, las materias primas, el turismo y esparcimiento, entre otros; y los de uso indirecto como aquellas funciones y servicios que la naturaleza proporciona como el control y protección contra inundaciones, regulación de flujos de agua, etc. Los valores de opción y de existencia se relacionan con los usos que permiten la presencia de la biodiversidad, los hábitats de las especies en general y las que se encuentran en peligro, así como los beneficios esperados que la gente está dispuesta a pagar para asegurar su disponibilidad o existencia en el futuro (Barrantes, 2007).

De esta manera, la valoración económica total es el reconocimiento a los ecosistemas como productores de bienes y servicios que deben ser compensados económicamente mediante la estimación monetaria de los flujos de las materias primas servicios ecosistémicos y de su propia existencia, los cuales proporcionan bienestar y riqueza al ser humano a través de sus actividades productivas o simplemente para el ocio y esparcimiento, permitiendo contar con una adecuada calidad de vida y un futuro sustentable.

Por lo anterior, de la gama de servicios que nos proporcionan las cuencas hidrológicas, como el agua, la madera u otros servicios, considerados como

insumos o materias primas para las actividades productivas, en el caso de cuencas con ecosistemas ricos en materia forestal como los bosques templados, los mesófilos de montaña, las selvas, manglares y bosques de galería, entre otros, representan la fuente de beneficios que deben ser valorados y compensados económicamente en su totalidad por los habitantes de las partes altas, medias y bajas, a partir del grado de su consumo y beneficios, resaltando para el presente trabajo la importancia que los Distritos de Riego deben tener en el reconocimiento económico de estos ecosistemas.

La parte alta de la cuenca del Nazas representa la fuente de aprovisionamiento de agua más importante para la comarca lagunera de los estados de Coahuila y Durango, lugar donde se ubica el DR017 y el acuífero Principal Región Lagunera. Dicha región de la sierra de Durango provee los recursos hídricos de 17 asociaciones de riego, las cuales únicamente pagan la cuota de autosuficiencia<sup>10</sup>, sin embargo, sólo en un ciclo agrícola algunos módulos de riego realizaron un pago voluntario por los servicios ambientales a través del denominado programa Irritila realizándose obras de conservación en 10 ejidos de los municipios de Santiago Papasquiaro, Tepehuanes y Guanaceví; las aportaciones a dicho programa también fueron realizadas por usuarios de los sistemas de agua potable de Torreón, Coahuila, Gómez Palacio y Lerdo, Durango, el gobierno del estado de Durango, agricultores y ganaderos de la comarca lagunera en concurrencia con recursos federales de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Los montos establecidos de pago por hectárea al año se basaron en las reglas de operación de los programas de la CONAFOR sin contar con un estudio de valoración económica de los servicios ecosistémicos de dicha parte alta del Nazas, lo que motivó el presente estudio, basándose en la metodología de Castro – Barrantes (1998), la cual, para realizar la valoración económica se requiere estimar el presupuesto hídrico de la cuenca entendido éste como la

---

<sup>10</sup> Cuota de Autosuficiencia.- Monto anual de pago por el servicio de riego y para cubrir costos de administración, operación, mantenimiento y conservación de la infraestructura de riego por los usuarios (Ley de Aguas Nacionales, 2020).

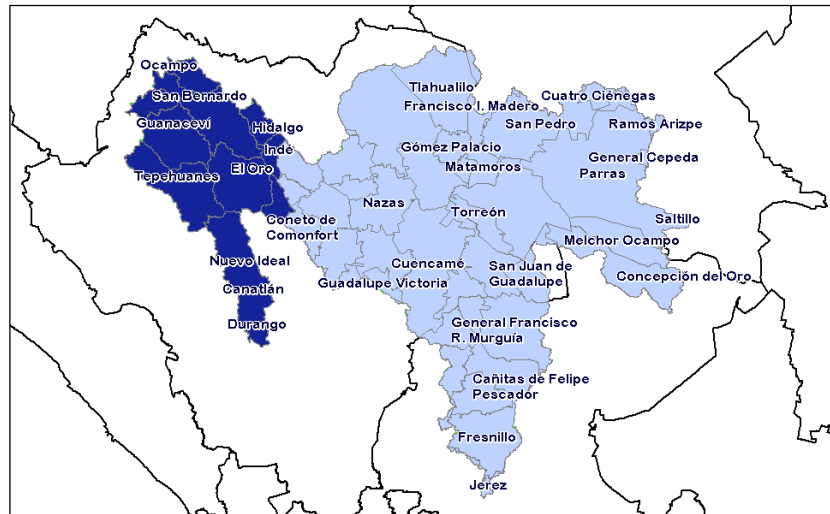
oferta y demanda del recurso, para determinar de manera hipotética el valor de captación, de restauración y el valor del agua como insumo para la producción hídrica. De los valores obtenidos, se estimó la DAP por los agricultores del módulo III San Jacinto, permitiendo diseñar un esquema ad-hoc a la figura de los módulos de riego agrícola para conservar los recursos naturales de la parte alta de la cuenca.

## **Materiales y Métodos**

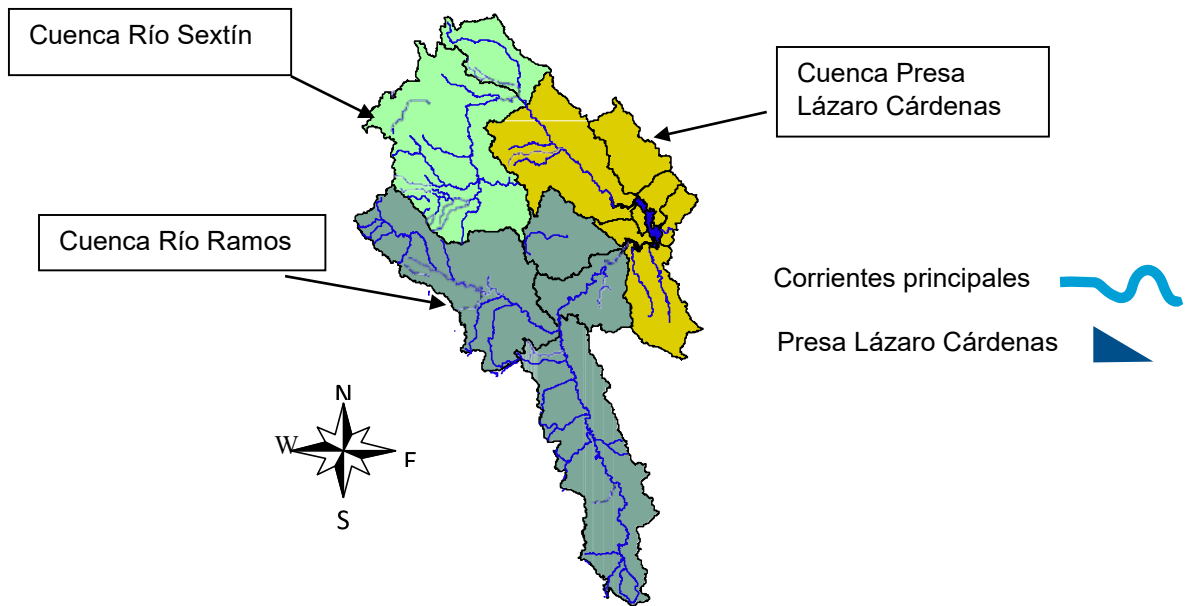
La presente investigación comprende dos grandes áreas dentro de la cuenca del Nazas, la parte alta ubicada en la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango y la parte baja, específicamente en el DR017 Región Lagunera, enfocándonos en el Módulo de Riego No. III San Jacinto. La parte alta del Nazas según estudios del Fondo Metropolitano de la Laguna (2015) abarca una superficie de 18310 Km<sup>2</sup>, equivale al 31% de la superficie de la cuenca del Nazas, está conformada por tres subcuencas hidrológicas: Río Sextín; Río Ramos y Presa Lázaro Cárdenas, que aportan el 81% del volumen medio anual de escurrimiento natural de la cuenca del Nazas (SEMARNAT, 2020), volúmenes que son utilizados por el Distrito de Riego DR017 Región Lagunera, aunque la superficie irrigada muestra amplias fluctuaciones anuales originada por la variabilidad interanual que la caracteriza, donde se han determinado períodos de sequía extrema, así como períodos muy húmedos (Villanueva *et al.*, 2022).

De los 12 municipios que conforman la parte alta del Nazas, los más representativos en cuanto a superficie son Santiago Papasquiari, Tepehuanes, Guanaceví, El Oro y San Bernardo (Figura 30), la altura sobre el nivel del mar varía de 1300 – 3300 m; los tipos dominantes de clima son seco (BS0hw), semiseco (BS1kw(w)) y templado C(w0)(w)a, teniendo una temperatura media anual entre 17.5°, con máximas de 39° y mínima de 6°C; la precipitación media anual oscila dentro de los 613 mm, presentándose lluvias entre los meses de julio a diciembre (Fondo Metropolitano de la Laguna, 2015). Las corrientes principales

son el río Santiago y el río Tepehuanes ambos forman el Río Ramos y el Río Sextín o del Oro, desembocando ambas corrientes en la presa Lázaro Cárdenas (Figura 31). El tipo de suelo dominante se clasifica como Regosol Eútrico “Re”, que sostiene a un tipo de vegetación de bosque de Pino – Encino: *Pinus arizonica*, *P. durangensis*, *P. engelmanni*, *P. teocote* y *Quercus sideroxylla* (UAF, 2016).

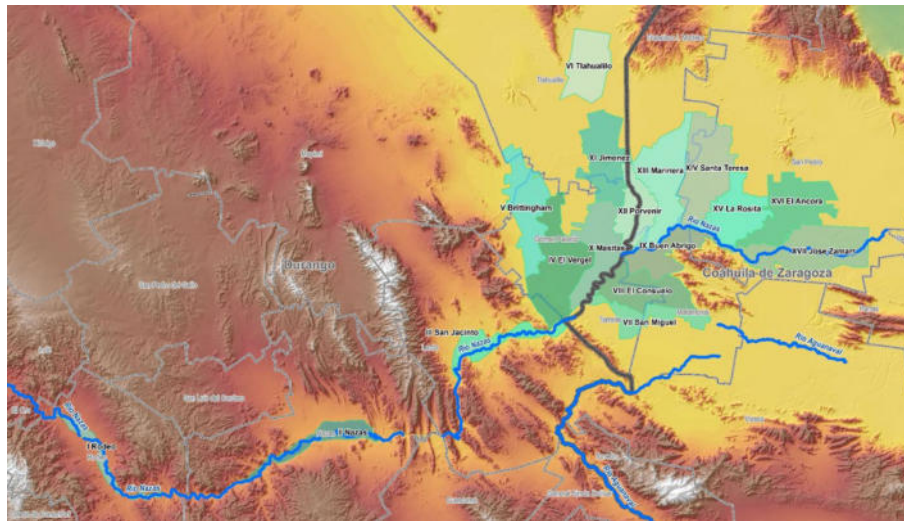


**Figura 30** Municipios de la Parte Alta del Río Nazas  
Fuente: Retomado de González Ortega 2016



**Figura 31** Cuencas Hidrológicas Parte Alta Cuenca Río Nazas  
Fuente: Programa de Gestión de la Comisión de Cuenca Alto Nazas (2018).

El DR017 se encuentra en la Comarca Lagunera, en los estados de Coahuila y Durango, de los 20 módulos o asociaciones de riego que comprende, 17 pertenecen al Río Nazas y 3 a la vertiente del Río Aguanaval (Cuellar & González, 2017) (Figura 32).



**Figura 32** Distrito de Riego 017 Región Lagunera  
Fuente: CONAGUA OCCCN 2018

En la parte media del Nazas se encuentran las cuencas hidrológicas Agustín Melgar y Presa Francisco Zarco, región comprendida de la cortina de la presa Lázaro Cárdenas conocida como “El Palmito”, hasta la presa almacenadora - derivadora Francisco Zarco “Las Tórtolas”, en dicha región existen dos módulos de riego: Rodeo No. I y Nazas No. II, ambos dependen de los almacenamientos de la presa Lázaro Cárdenas, sin embargo, también se abastecen de su cuenca propia, la cual representa un volumen medio anual de escurrimiento de 120 Mm<sup>3</sup> para el caso de la cuenca Agustín Melgar y de 66 Mm<sup>3</sup> de la cuenca Francisco Zarco (SEMARNAT, 2020).

A partir de la cortina de la presa Francisco Zarco, aguas abajo, inicia el módulo No. III San Jacinto, en el ejido Graseros Loma Verde y el área natural protegida Cañón de Fernández, este módulo tiene características particulares, ya que cuenta con recursos hídricos propios en los meses de agosto a marzo

denominados “estiaje”(Chaírez & Palerm, 2013); en la zona de la rivera del Nazas del ejido Graseros Loma Verde hasta León Guzmán, ocho presentan esa particularidad de los 14 con los que cuenta el módulo, concluyendo en la represa derivadora San Fernando (Figura 33), punto inicial de la parte baja del Río Nazas.



**Figura 33** Presa Derivadora San Fernando, Lerdo, Durango, Distrito de Riego 017  
Fuente: CONAGUA Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte (2016)

## Metodología

De acuerdo con el modelo de valoración económica de los servicios ambientales hídricos de Castro y Barrantes (1998), se determinó el presupuesto hídrico de la cuenca del Río Nazas, tomando como base lo establecido en la NOM-011-CONAGUA-2015 (SEMARNAT, 2015) en lo que respecta a la oferta de agua, específicamente mediante el método directo para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural, a partir de los últimos registros hidrométricos publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) de fecha 21 de septiembre del 2020. El volumen medio de escurrimiento natural ( $C_p$ ) de las cuencas hidrológicas: Río Ramos, Río Sextín y Presa Lázaro Cárdenas se determinó con la siguiente fórmula:

$$C_p = V_2 + U_c - V_1 + Exp - Im - R$$



Donde:

Cp.- Volumen medio anual de escurrimiento natural.

V1.- Volumen anual de escurrimiento aforado desde la cuenca aguas arriba

V2.- Volumen anual de escurrimiento aforado de la cuenca hacía aguas abajo

Uc.- Volumen anual de extracción de agua superficial mediante títulos inscritos/asignados actualmente en el REPDA.

R.- Volumen anual de retornos.

Im.- Volumen anual de importaciones.

Ex.- Volumen anual de exportaciones.

En Consecuencia, el cálculo del Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural Cp, se obtiene con el promedio de los volúmenes anuales de Escurrimiento Natural (SEMARNAT, 2015).

La demanda del recurso hídrico por parte del DR017 se determinó con base a los datos oficiales de las estadísticas agrícolas de los Distritos de Riego, las cuales contemplan volúmenes autorizados de extracción y cultivos de los últimos 10 años para dicho DR (CONAGUA, 2020).

### Valor de Captación

La estimación del Valor de Captación considerada por la metodología como la productividad hídrica del bosque se establece mediante la fórmula:

$$VC = \sum_{i=1}^n \frac{\partial B_i}{O_{ci}} A^{b_i}$$

Donde:

VC.- Valor de captación hídrico del bosque (\$/m<sup>3</sup>)

B<sub>i</sub>: Costo de Oportunidad (Co) Actividad económica que compite con el bosque por el uso del suelo en la cuenca (\$/ha/año), refiriéndonos para este estudio, los

beneficios de la ganadería a partir del coeficiente de agostadero ( $C_a$ ), el cual en promedio es de 15 ha por unidad animal (UA) + cría, estimado con datos de la Asociación Ganadera de Durango (Zavala-Arreola, M.A. comunicación personal, 27 de abril de 2022) y de campo; del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022) y a lo establecido por el Índice de Presión Económica (Riesgo) de la Deforestación (IRdef) (INE, 2007).

$A^{b_i}$ .- Área bajo bosque en la cuenca (ha).

$O_{ci}$ .- Volumen de agua captada en la cuenca ( $Mm^3/año$ ).

$\partial_i$ .- Importancia del bosque en la cuenca en función de la cantidad del agua producida.

La importancia del bosque ( $\partial$ ) es una ponderación acerca de su relevancia en términos de su productividad hídrica, al compararla con otros servicios de la biodiversidad (Barrantes, 2007); para su determinación, se aplicaron 56 cuestionarios en formato escrito y de manera presencial a ejidatarios del módulo III, solicitando elegir en orden jerárquico los siguientes servicios ambientales (Anexo 1):

a) Provisión de agua en calidad y cantidad; b) Captura de carbono ( $CO_2$ ); c) Generación de oxígeno; d) Amortiguamiento de fenómenos; e) Regulación climática; f) Protección de la biodiversidad; g) Protección y recuperación de suelos; h) Paisaje (belleza escénica); i) Recreación; j) Otro.

### **Valor de Restauración**

Con base a los datos publicados del “Acuerdo mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a la metodología para su estimación” (CONAFOR, 2014) y a los Lineamientos de Operación del Programa de Compensación Ambiental por Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales (CONAFOR, 2020), este valor se determina de acuerdo con la fórmula desarrollada por Castro y Barrantes (1998):

$$VP = \frac{\partial_i C_{ij} Ar_i}{Oc_i}$$

Donde:

*VP*.- Valor de restauración del bosque (\$/m<sup>3</sup>)

*C<sub>ij</sub>*.- Costo restauración del bosque en la cuenca(\$/ha/año) + *Co* (\$/ha)

*Co*.- Beneficios de la ganadería con base al coeficiente de agostadero (*Ca*)

*Ca*=15 ha/unidad animal (UA) +cría

*Ar<sub>i</sub>*.- Área a restaurar de bosque en la cuenca (ha).

*Oc<sub>i</sub>*.- Volumen de agua proveniente de la parte alta de la cuenca del Río Nazas (Mm<sup>3</sup>/año).

*∂<sub>i</sub>*.- Importancia del bosque en la cuenca en función de la cantidad del agua producida.

### **Valor como Insumo de la producción**

El agua representa un insumo muy importante para la agricultura en regiones áridas y semiáridas del país, los riegos controlados de los Distritos y Unidades de Riego a partir de infraestructura de captación como presas de almacenamiento y de derivación, juegan un papel relevante para determinar el tipo de cultivo y planear los riegos de auxilio de manera oportuna a las necesidades hídricas del suelo y la planta, situación que se puede contrastar con las zonas de temporal, determinándose este valor mediante la siguiente ecuación:

$$P\partial g = (Pk - Ck) * qk$$

$$qk = (Qk \text{ riego} - Qk \text{ seco}) / Vi$$

Donde:

$P_{\text{ag}}$ .- Valor del agua en agricultura ( $\$/\text{m}^3$ )

$P_k$ .- Precio del producto  $k$  ( $\$/\text{Kg}$ )

$C_k$ .- Costo de producción del producto  $k$  bajo riego ( $\$/\text{kg}$ )

$Q_k$ .- Cambio de producción bajo riego ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$Q_k$  riego.- Cantidad de producción del cultivo  $k$  bajo riego ( $\text{Kg}/\text{ha}$ )

$Q_k$  secano.- Cantidad de producción del cultivo  $k$  sin riego ( $\text{Kg}/\text{ha}$ )

$V_i$ =Volumen de agua usado en riego del cultivo ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

El dato importante en esta ecuación es el  $q_k$  (cambio de producción bajo riego) siendo el que marca la diferencia respecto a una superficie bajo riego y una de secano o temporal.

### **Método de Valoración Contingente**

La valoración de los servicios ambientales se realizó a partir del método directo o hipotético de valoración ambiental (Azqueta,1994) a través de cuestionarios personalizados para conocer la Disposición a Pagar (DAP) por los servicios ambientales procedentes de la parte alta de la cuenca, calculándose mediante el promedio o valor esperado  $E(X)$  de la distribución de la probabilidad observada:

$$E(X) = x = \sum_{i=1}^{-k} P(x_i) \cdot x_i$$

Para al diseño del cuestionario, se realizaron previamente entrevistas personales a usuarios del módulo III San Jacinto como comisariados ejidales, ex presidentes del Módulo de Riego III y campesinos en general (Figura 34), para posteriormente aplicar un cuestionario tipo binario de 23 preguntas de forma cerrada o dicotómica y algunas de orden (Anexo 2), a una muestra representativa equivalente al 95%

de confianza, arrojando la cantidad de 309 derechos<sup>11</sup> de 1544 que comprende el universo o padrón de usuarios<sup>12</sup> del módulo de riego III San Jacinto, a partir de la ecuación convencional:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

*n.*- Tamaño de la muestra

*N.*- Tamaño de la población o Universo

*Z.*- Nivel de confianza (95%)

*e.*- Error de estimación máximo aceptado (5%)

*p.*- Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

*q.*- (1-q)= Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

---

<sup>11</sup> Derecho de agua.- Dotación de agua establecida legalmente por usuario y registrada en el padrón de la asociación civil de usuarios del Distrito de Riego correspondiente.

<sup>12</sup> Padrón de usuarios.- Relación con los nombres, características de los usuarios, los derechos de agua de que son titulares, la superficie total de la parcela y la superficie efectiva de riego, el volumen que le corresponde, el número de lote con el cual se le identifica y el tipo de aprovechamiento del agua (CONAGUA, 2004).



**Figura 34** Aplicación de cuestionarios ejidos 21 de marzo y 6 de enero, Lerdo, Dgo.  
Nota: Elaboración propia, trabajo de campo abril 2022

Los cuestionarios se diseñaron en el software *QuestiónPro* y se aplicaron por alumnos de la Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales del Departamento de Intervención Socio - Ambiental “DIIS”.

## Resultados

El Presupuesto Hídrico de la parte alta de la cuenca en lo que concierne a la oferta del volumen medio anual de escurrimiento natural ( $C_p$ ) medido en las estaciones hidrométricas: Salomé Acosta, Sardinas y Presa Lázaro Cárdenas (SEMARNAT, 2020), en las tres cuencas de la parte alta del Nazas (Tabla 24), se registran volúmenes en millones de metros cúbicos ( $Mm^3$ ):

Río Ramos:  $566 Mm^3$

Río Sextín:  $501.5 Mm^3$

Presa Lázaro Cárdenas:  $197 Mm^3$

Oferta total de la Cuenca:  $1264.5 Mm^3$

**Tabla 24***Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural Cuencas Alto Nazas*

Nombre y descripción	Cp	Ar	Uc (a)	Uc (b)	Uc (c)	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	Ab-Rxy	D
Río Sextín	501.5	0.0	4.9	0.0	0.0	0.05	0.0	0.000	0.0	0.0	496.5	493.3	3.2	3.2
Río Ramos	566	0.0	12.2	0.0	0.0	1.6	0.0	0.000	0.0	0.0	555.3	551.7	3.5	3.5
Presa Lázaro Cárdenas	197	1051.9	5.3	0.0	0.0	0.49	0.0	94.168	125.3	26.3	998.1	990.1	8	8

*Nota:* Elaboración propia con datos del DOF (SEMARNAT, 2020)

### **Simbología:**

Cp.- Volumen medio anual de escurrimiento natural.

Ar.- Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba.

Uc(a).- Volumen anual de extracción de agua superficial mediante títulos inscritos/asignados actualmente en el REPDA.

Uc(b).- Volumen anual de extracción de agua superficial de títulos en proceso de inscripción en el REPDA.

Uc(c).- Volumen anual correspondiente a las reservas y las zonas reglamentadas.

R.- Volumen anual de retornos.

Im.- Volumen anual de importaciones.

Ex.- Volumen anual de exportaciones.

Ev.- Volumen medio anual de evaporación en embalses.

Av.- Volumen medio anual de variación de almacenamiento en embalses.

Ab.- Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo.

Rxy.- Volumen anual actual comprometido aguas abajo, los volúmenes correspondientes a reservas, uso ambiental, reglamentos y programación hídrica.

D.- Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica.

La demanda legal del DR 017 en los 17 módulos de riego del Río Nazas equivale a 976.7 Mm<sup>3</sup>, es decir, volúmenes con títulos de concesión debidamente registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA); un volumen promedio de extracción anual en los últimos años de 900 Mm<sup>3</sup> (Tabla 25) y una superficie promedio de riego en la última década de 65,000 ha.

**Tabla 25***Volúmenes Autorizados Distrito de Riego 017 Ciclos 2012-2022*

<b>Ciclo Agrícola Primavera – Verano</b>	<b>Volumen Autorizado de Extracción del Sistema de Presas Mm<sup>3</sup></b>
2011- 2012	900
2012 – 2013	600
2013 – 2014	800
2014 – 2015	800
2015 – 2016	800
2016 – 2017	1050
2017 – 2018	1050
2018 – 2019	1023
2019 – 2020	900
2020 – 2021	900
2021 – 2022	900

*Nota:* Elaboración propia con base a Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego 2020, Canedo (2021, 2022).

El DR017 anualmente aprovecha las aguas que se almacenan en el sistema de presas Lázaro Cárdenas – Francisco Zarco, infraestructura importante construida, la primera, como resultado del Reparto Agrario<sup>13</sup> durante el periodo de 1936 a 1946 (Cuellar & González, 2017) y la segunda, a partir del Plan de Rehabilitación de la Comarca Lagunera, decretado en el gobierno de Díaz Ordaz en la década de los 60 (Amaya, 1970). Ambas presas controlan y derivan las aguas del Río Nazas y benefician a 17 asociaciones de riego denominados “módulos”, los cuales nacieron en la década de los 90 con la política del presidente Salinas de Gortari, con la denominada “Trasferencia de Distritos de Riego”<sup>14</sup>, aglutinando a los usuarios de las aguas nacionales tanto superficiales como subterráneas en la figura jurídica de AC.

<sup>13</sup> Reparto Agrario.- Política del presidente Lázaro Cárdenas del Río consistente en la expropiación de latifundios para su entrega a ejidos principalmente (Hernández, 1975)

<sup>14</sup> Transferencia de Distritos de Riego.- Política hidráulica del gobierno federal (1988-1994) referente a la entrega de concesión de aguas nacionales, la infraestructura y bienes muebles a los Distritos de Riego a través de las figuras conocidas como módulos de riego (Comisión Nacional del Agua, 1992)



Las asociaciones civiles se rigen por los Códigos Civiles de los Estados correspondientes, teniendo como elementos importantes, unir a personas físicas con el fin de realizar un fin común, que no esté prohibido por la ley y que no tenga un carácter preponderantemente económico (Guillén, Lomelí y González, 2016), siendo entes autónomos técnica, legal y financieramente.

El DR017 como muchos del norte del país, programa sus ciclos agrícolas a través de la CONAGUA, en específico del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas (CTOH)<sup>15</sup>, de acuerdo con la contabilidad de los volúmenes almacenados en el sistema de presas al 1º de octubre del año próximo pasado del ciclo a programar, para posteriormente autorizar en el seno del Comité Hidráulico<sup>16</sup> el plan de riego con los volúmenes a extraer; sin embargo, la operación de las presas se basa en los Decretos Presidenciales del 27 de noviembre de 1963 (SRH, 1963) y 10 de marzo de 1988 (SARH, 1988), los cuales indican, para el primer decreto, que la extracción de la presa Lázaro Cárdenas no deberá exceder la cantidad de ochocientos Mm<sup>3</sup> anuales y los programas de riego que se formulen deberán ajustarse a dicho límite, sin embargo, el 10 de marzo de 1988 se publicó en el mismo DOF, modificaciones, al permitirse el siguiente supuesto: cuando el sistema de presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco al 1º de octubre de cada año en suma superen los 2873 Mm<sup>3</sup>, se permitirá la extracción de hasta 250 Mm<sup>3</sup> adicionales a los 800 Mm<sup>3</sup> que señala el decreto de noviembre de 1963.

Por lo anterior, la demanda legal de agua proveniente de la parte alta de la Cuenca del Río Nazas oscila en dos sentidos: por la disponibilidad de agua en los embalses y el volumen que señalan los títulos de concesión. Para este

---

<sup>15</sup> CTOH.- Órgano colegiado de carácter técnico encargado de estudiar, integrar, pronosticar y analizar el estado y la evolución de las condiciones hidrometeorológicas e hidrológicas, así como el de los fenómenos vinculados con el agua, y sus posibles efectos, a fin de establecer políticas y medidas de actuación que sean adecuadas y sostenibles, en la operación de presas y de otras obras de infraestructura hidráulica.

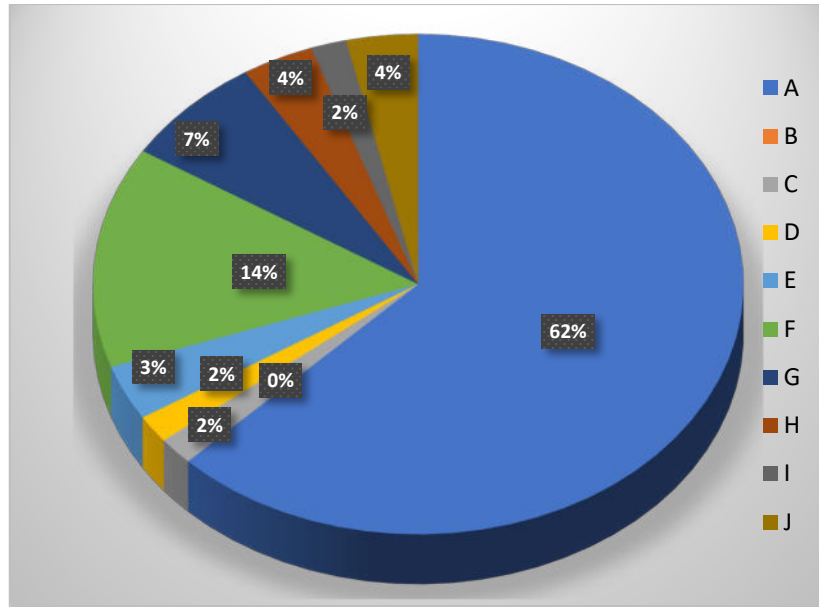
<sup>16</sup> Comité Hidráulico.- Órgano colegiado de concertación para un manejo adecuado del agua y la infraestructura (CONAGUA, 2004).

estudio, la demanda de agua que se toma en cuenta para el cálculo del valor ambiental es el volumen autorizado de extracción del sistema de presas.

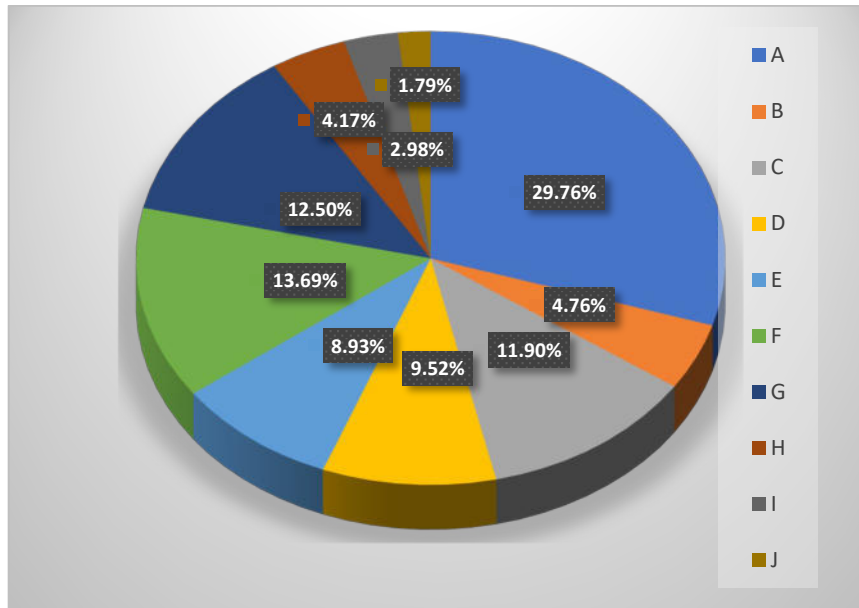
### **Factor de Importancia**

De acuerdo con los resultados de los cuestionarios en formato escrito (Anexo 1), el factor de importancia hídrica de la productividad del bosque arrojó un 62% (Figura 35); es decir, la importancia de las tres cuencas hidrológicas en materia de servicios ambientales hídricos responde al sector que domina o usa dichos recursos, siendo en este caso el DR017, ya que no existe otro usuario registrado ante el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) como beneficiario de las aguas del Río Nazas. En cuanto al cálculo del factor de importancia en conjunto de los servicios ambientales generados en toda la cuenca, el cociente descendió a un 30%, es decir, casi la tercera parte de los servicios ecosistémicos que provee dicha parte alta representa el aspecto hídrico (Figura 36).

Estos porcentajes son importantes para determinar los valores de captación y de restauración, en el entendido que la diferencia porcentual respecto al total, debe ser cubierta por otros usuarios que gozan de los beneficios ambientales, como el turismo, la ganadería, la agricultura, los usuarios de los organismos operadores de agua potable de la parte baja de la Cuenca del Nazas y de diversos usos en los acuíferos de Nazas, Villa Juárez y Principal Región Lagunera, quienes se benefician de los servicios ambientales provenientes de la Sierra Madre Occidental con la recarga anual de los mantos subterráneos.



**Figura 35** Diagrama Importancia Hídrica del Bosque  
 Nota: Elaboración propia



**Figura 36** Diagrama Importancia General de Servicios Ambientales  
 Nota: Elaboración propia

Simbología:

**A)** Provisión de agua en calidad y cantidad; **B)** Captura de carbono (CO<sub>2</sub>); **C)** Generación de oxígeno; **D)** Amortiguamiento de fenómenos; **E)** Regulación climática; **F)** Protección de la biodiversidad; **G)** Protección y recuperación de suelos; **H)** Paisaje (belleza escénica); **I)** Recreación; **J)** Otro.

## Valor de Captación

El valor de captación entendida como la productividad hídrica del bosque se despeja mediante la siguiente ecuación:

$$VC = \sum_{i=1}^n \frac{\partial^i B^i A^{bi}}{O^{ci}}$$

Donde:

$VC$ .- Valor de captación hídrica del bosque ( $\$/m^3$ )

$B^i (Co)$ .- Beneficios de la ganadería de acuerdo con un coeficiente de agostadero  $Ca$  equivalente a 15 ha/unidad animal + cría, estimándose para un becerro de 7-8 meses con un peso promedio de 180 kg a \$60 kilo becerro en pie, con una utilidad de \$10,800/becerro, lo que multiplicado por 3 crías en 5 años (periodo para restaurar una ha forestal), arroja una utilidad de \$32,400 en 15 ha de terreno, obteniendo una ganancia promedio de \$432 ha/año.

$A^{bi}$ .- Superficie cubierta de bosque de pino – encino en las 3 cuencas hidrológicas (Fondo Metropolitano de la Laguna, 2015): 1'026,000 ha

$O^{ci}$ .- Volumen de agua captada en la parte alta de la cuenca del Río Nazas ( $Mm^3/año$ ): 1,264  $Mm^3/año$

$\partial^i$ .- importancia hídrica del bosque

$\partial^i$ .- Importancia general con respecto a los demás servicios ambientales

$$VC = \sum_{i=1}^n \frac{62\% \cdot \$432ha \text{ año}^1 \cdot 1'026,000 ha}{1'264,000,000 m^3} = \$0.21 m^3$$

$$VC = \sum_{i=1}^n \frac{30\% \cdot \$432ha \text{ año}^1 \cdot 1'026,000 ha}{1'264,000,000 m^3} = \$0.10 m^3$$

$$VC \partial:62\% = \$0.21m^3$$

$$VC \partial:30\% = \$0.10m^3$$

## Valor de Restauración

La restauración ecológica, entendida como un proceso de alteración intencional de un hábitat para establecer un ecosistema natural, con el objeto de imitar la estructura, la función, la diversidad y la dinámica del ecosistema original (CONAFOR, 2009), contempla una serie de acciones a lo largo de cinco años como plazo promedio, por lo que de acuerdo con los costos para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CONAFOR, 2014) (Tabla 26), y a los montos pagados por CONAFOR en el año 2020 para dichas acciones en municipios de la parte alta del Nazas, dependiendo del lugar y grado de afectación de la superficie, se obtuvo una cantidad promedio pagada de restauración de \$26,840 por ha a ejidos beneficiados de municipios de la parte alta del Nazas.

**Tabla 26**

*Costos de Referencia para Actividades de Reforestación o Restauración*

Concepto.	Costos de referencia, en pesos por hectárea, para las diferentes zonas ecológicas				
	Templada	Tropical	Árida y semiárida	Zona inundable o transición tierra mar (humedales)	Manglares
Actividades y obras de restauración o reforestación y su mantenimiento.	26,508.95	18,363.30	14,002.49	59,992.23	Otros Humedales 188,556.75

*Nota:* CONAFOR (2004) DOF 31 de julio 2014

Los Lineamientos de Operación del Programa de Compensación Ambiental por Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales (CONAFOR, 2020) y las Reglas de Operación de los Programas federales para el ejercicio 2022 (CONAFOR, 2022), consideran el doble de los montos de restauración de terrenos forestales establecida en 2014 y 2020, considerando para el 2022 un monto máximo por hectárea para restauración en microcuencas estratégicas y en pueblos indígenas de hasta \$ 52,349 M.N. (Tabla 27).

**Tabla 27***Montos Máximos por Hectárea para Restauración en Microcuencas*

<b>Actividad</b>	<b>Monto máximo \$/unidad</b>
Obras y prácticas de conservación y restauración de suelos en ladera	8,000/ha
Obras de conservación y restauración de suelos en cárcavas	45,000/proyecto
Captación y almacenamiento de agua con línea clave "key line".	8,000/ ha
Cercado del predio.	34,800/km
Protección individual de la reforestación.	10/planta
Reforestación.	3,850/ha
Conectividad de áreas con vegetación forestal.	5,250/ha
Sistemas agroforestales.	4,375/ha
Captación y manejo de agua de lluvia.	
Presas de mampostería.	76,000/proyecto
Bordos de almacenamiento de agua (jagüeyes y bordos).	15,000/proyecto
Captación en construcciones rurales).	34,162/proyecto
Monitoreo de las acciones de restauración.	10,000/proyecto/año
Mantenimiento de las actividades.	2,700/ha/año
Mantenimiento de actividades trópico húmedo (3 años).	3,540/ha/año
Fertilización (preferentemente orgánica).	1,260 /ha
Prácticas de manejo de biodiversidad.	50,000/proyecto
Costo de oportunidad.	2,500/ha
Asistencia Técnica.	700/ha/año
Registro para futuro aprovechamiento.	20,000/proyecto
Transporte de planta.	0.50/planta
Adquisición de planta.	Hasta 7.64/planta

*Nota:* Reglas de Operación de Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable (CONAFOR 2022)

En este sentido, los valores de restauración equivalentes a \$26,840 ha/5 años se le adiciona la utilidad que deja de percibir el usuario por la actividad ganadera que realiza en los sitios de restauración, siendo del orden de los \$432 ha/año, dando un total en el costo de restauración de \$5,800 ha/año.

$$VP = \frac{\partial i \cdot Cij \cdot Ari}{Oci}$$

Donde:

*VP*.- Valor de restauración del bosque (\$/m<sup>3</sup>)

*Cij*.- \$5,368 ha/año + *Co* \$432 ha/año = \$5,800 ha/año

*Ari*.- 218,800 ha

*Oci*.- Volumen medio anual de escurrimiento natural.

*Oci*.-1,264 Mm<sup>3</sup>/año

*∂i*.- Importancia del bosque en función de la productividad del agua: 62%.

*∂i*.- Importancia general con respecto a los demás servicios ambientales: 30%

$$VP = \frac{62\% \cdot \$5,800 \cdot 218,800 \text{ ha}}{1'264,000,000 \text{ m}^3} = \$0.06 \text{ m}^3$$

$$VP = \frac{30\% \cdot \$5,800 \cdot 218,800 \text{ ha}}{1'264,000,000 \text{ m}^3} = \$0.03 \text{ m}^3$$

***VP ∂62%= \$0.06 m<sup>3</sup>***

***VP ∂30%= \$0.03 m<sup>3</sup>***

### **Valor del Agua como Insumo para la Producción Agrícola**

Para determinar el valor del agua como insumo o commodity para la producción, es necesario determinar la importancia del riego controlado traducido en kilogramos (kg) producidos de *n* cultivo por metro cúbico de agua (m<sup>3</sup>) utilizada en el ciclo agrícola respectivo, mediante la siguiente fórmula:

$$P\partial q = (Pk - Ck) \cdot qk$$

$$qk = \frac{Q_{riego}^k - Q_{secano}^k}{Vi}$$

Siendo importante considerar los siguientes elementos para el cálculo del valor del agua como insumo para la producción en una hectárea de maíz forrajero como el cultivo base en el módulo de riego III San Jacinto:

*Volumen riego bruto:* 13,700 m<sup>3</sup>/ha

*Rendimiento producción:* 45 Tons/ha

*Costos de producción a precios del 2021:* \$30,000 ha

*Cuota de riego:* \$800/ha

*Precio kg (venta):* \$1.1

*Utilidad promedio ciclo agrícola/ha:* \$19,500

Donde:

*P∂g.-* Valor del agua en agricultura: \$/m<sup>3</sup>

*Pk.-* Precio del producto maíz forrajero: \$1.1 Kg

*Ck.-* Costo de producción bajo riego: \$0.66 kg

*qk.-* 2.62 Kg/m<sup>3</sup>

*Qk riego.-* Cantidad de producción del cultivo k bajo riego: 45,000 Kg/ha

*Qk secano.-* Cantidad de producción del cultivo k sin riego 9,100 Kg/ha

*Vi=*Volumen bruto de agua usado en riego del cultivo: 13,700 m<sup>3</sup>/ha

$$qk = 45,000 \text{ kg/ha} - 9,100 \text{ kg/ha} / 13,700 \text{ m}^3/\text{ha} = 2.62 \text{ kg/m}^3$$

$$P\partial g = \$1.1 \text{ kg} - \$0.66 \text{ kg} * 2.62 \text{ kg/m}^3 = \$1.15 \text{ m}^3$$

$$qk = (45,000 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} - 9,100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}) / 13,700 \text{ m}^3 \text{ ha} = 2.62 \text{ kg m}^3$$

$$P\partial q = (\$1.1 \text{ kg} - \$0.66 \text{ kg}) \cdot 2.62 \text{ kg m}^3 = \$1.15 \text{ m}^3$$

**Valor estimado de P∂g = \$1.15 m<sup>3</sup>**

Cabe mencionar que el volumen de la fórmula es el bruto que se determina para todo el DR017, mismo que incluye pérdidas por conducción desde las aperturas de la presa (marzo y mayo) hasta la entrega del agua en la parcela, a diferencia del volumen neto promedio de aplicación de riego de 10,000 m<sup>3</sup>/ha



De esta manera, la Tabla 28 resume cada uno de los valores y el total de acuerdo con el factor de importancia del bosque, contrastando los resultados con los datos de cuota de autosuficiencia de riego agrícola que actualmente la asociación civil paga al año (Tabla 29), siendo necesario llevar a cabo un ajuste de tarifas de agua del servicio de riego, que contemple la valoración monetaria de los servicios ambientales.

**Tabla 28**

*Valoración Económica de los Servicios Ambientales*

<b>Valoración de los servicios ambientales</b>	<b>Importancia 30% \$/m<sup>3</sup></b>	<b>Importancia 62% \$/m<sup>3</sup></b>
Valor de Captación	0.10	0.21
Valor de Restauración	0.03	0.06
Valor Insumo para la producción	1.15	1.15
<b>Valor total \$/m<sup>3</sup></b>	<b>1.28</b>	<b>1.42</b>

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 29**

*Tarifa Promedio de Cuota de Autosuficiencia de Riego Agrícola*

<b>Cuota de Autosuficiencia (Cua) de riego (\$/ha)</b>	<b>Monto \$/m<sup>3</sup></b>
\$800=Lámina Bruta:13,700 m <sup>3</sup> /ha/año	0.05
\$800=Lámina Neta:10,000 m <sup>3</sup> /ha/año	0.08

*Nota:* Elaboración propia con datos del Módulo III San Jacinto

### **Estimación de la Disponibilidad para Pagar (DAP)**

El módulo III San Jacinto cuenta con 14 ejidos, de los cuales se lograron ubicar y entrevistar a ocho de ellos (Tabla 30), aplicando en campo un cuestionario de 23 reactivos (Anexo 2); dichos ejidos tienen la característica que sus usuarios conservan el derecho de agua superficial arraigado a la superficie ejidal dotada

por el PROCEDE<sup>17</sup>, fenómeno que no acontece de la misma manera en ejidos como Carlos Real, Álvaro Obregón y Villa Juárez del mismo módulo, quienes presentan el fenómeno de migración de derechos, los cuales se han movido o alojado a otros módulos, debido al cambio de uso del suelo por el crecimiento de la mancha urbana del municipio de Lerdo, Durango. Los 3 ejidos restantes: Graseros Loma Verde, La Loma y El Rayo no fue posible localizar a los comisariados ejidales para la aplicación de los cuestionarios.

**Tabla 30**

*Derechos de Agua en Ejidos del Módulo III San Jacinto*

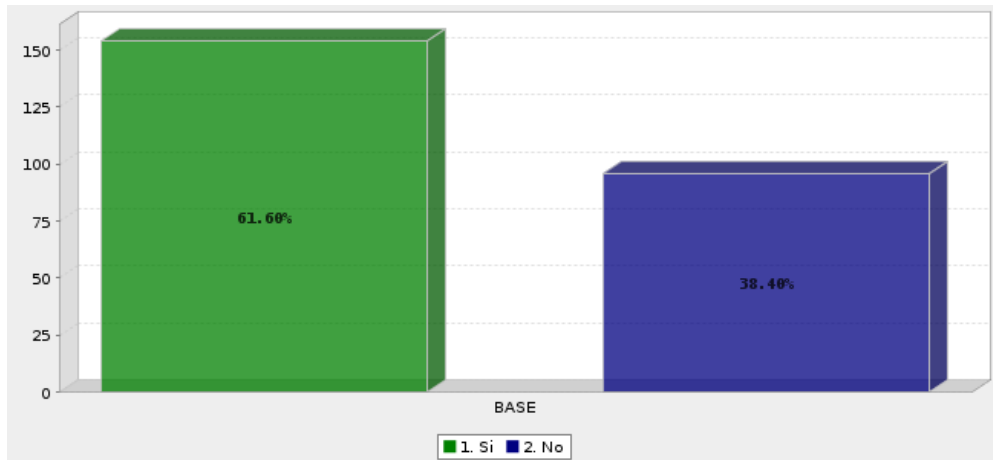
<b>Ejid</b>	<b>Usuarios con Derechos de Aguas</b>	<b>Cuestionarios</b>	<b>Derechos encuestados</b>
Sapioriz	55	23	28
21 de marzo	103	36	44
San Jacinto	111	36	54
Juan E. García	177	37	56
La Goma	160	42	50
León Guzmán	178	37	48
6 de enero	81	25	30
Los Ángeles	45	18	20
<b>Total</b>	<b>910</b>	<b>254</b>	<b>330</b>

*Nota:* Elaboración propia con datos del módulo de riego III San Jacinto.

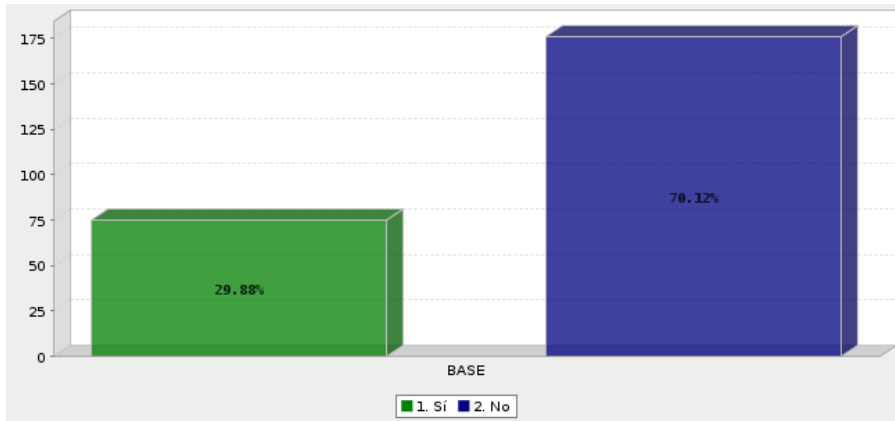
De acuerdo con el universo de usuarios del módulo de riego III, existen en el padrón original 1477 Derechos de aguas superficiales repartidos en 14 ejidos (Mijares B. comunicación personal 12 de abril 2022), correspondiendo de origen un derecho por usuario, sin embargo, dicho padrón es el mismo desde la creación de la AC del módulo con la transferencia de los Distritos de Riego en la década de los 90, por lo que, a más de 25 años de su creación, éste ha sufrido modificaciones derivado movimientos de derechos en un porcentaje significativo, situación que se comprobó en la aplicación de 254 cuestionarios que correspondieron a 330 derechos de agua, rebasando la cifra de 306 derechos que arrojó el cálculo de la muestra representativa con grado de confianza al 95%.

<sup>17</sup> PROCEDE: Programa de Certificación de Derechos Ejidales del Registro Agrario Nacional

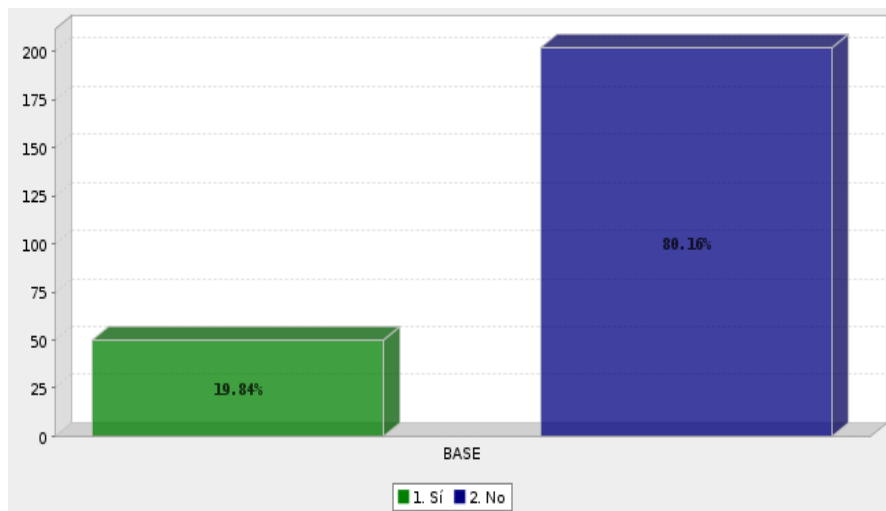
Para evitar sesgos, en el proceso de aplicación del instrumento, el cuestionario fue diseñado de forma binaria, con preguntas cerradas o dicotómicas, evitando influir en el resultado de la investigación (Cristeche & Penna, 2008). El cuestionario de 23 preguntas consta de tres etapas, la primera consistente en el conocimiento de la parte alta de la cuenca (sierra de Durango), los municipios y la infraestructura hidráulica de almacenamiento (Figuras 37-41); la segunda, se refiere a la actividad agrícola, insumos, lámina de riego utilizada; y la tercera conlleva el conocimiento del PSA Irritila, la disponibilidad máxima y mínima a pagar por los servicios ambientales, dando los siguientes resultados:



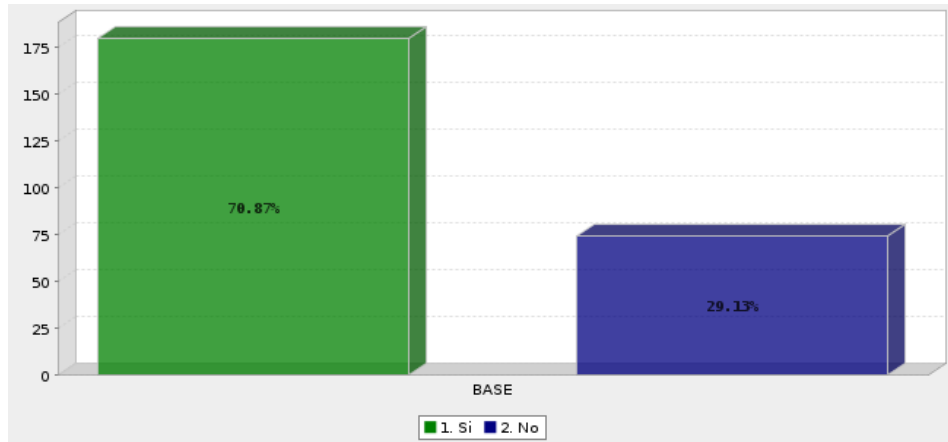
**Figura 37** *¿Conoce Usted la Parte Alta de la Cuenca del Río Nazas?*  
Nota: Elaboración propia



**Figura 38** ¿Conoce el Municipio de Santiago Papasquiaro, Durango?  
 Nota: Elaboración propia

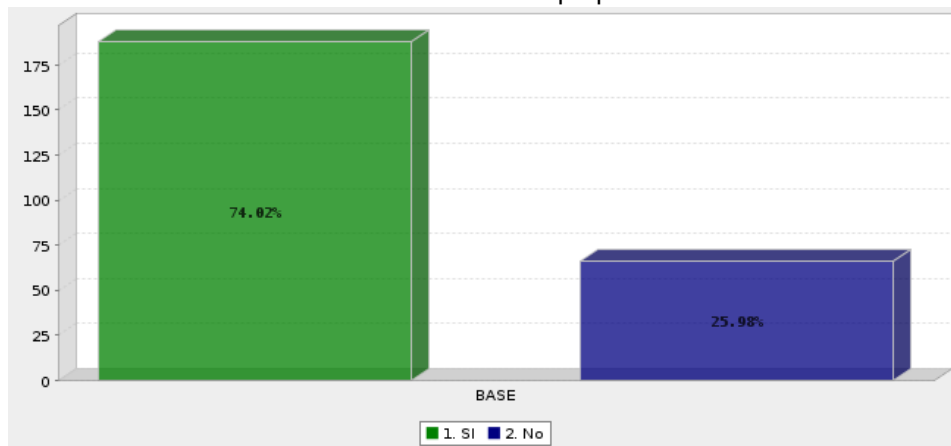


**Figura 39** ¿Conoce el municipio de Tepehuanes, Durango?  
 Nota: Elaboración propia



**Figura 40** *¿Conoce Físicamente la Presa Lázaro Cárdenas?*

*Nota: Elaboración propia*

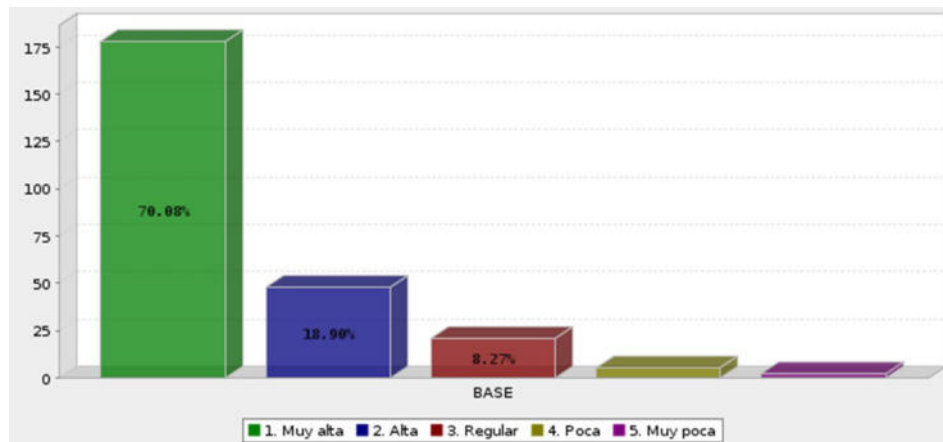


**Figura 41** *¿Sabe Usted de Dónde Proviene el Agua que se Almacena en la Presa Lázaro Cárdenas?*

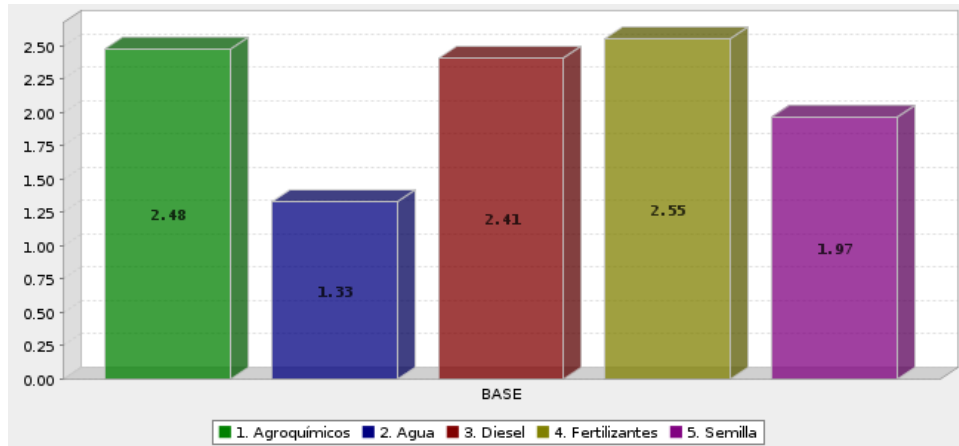
*Nota: Elaboración propia*

En este primer bloque, se observan dos tipos de respuestas a simple vista contradictorias, la primera, consistente en que el 70% de los usuarios menciona desconocer físicamente los municipios de Santiago Papasquiaro y Tepehuanes que son los más representativos de dicha región, sin embargo, el 70% y 74% dijo conocer la presa Lázaro Cárdenas y el origen del agua de dicho embalse, además de que el 60% dijo conocer la parte alta de la cuenca del Río Nazas, lo que se deduce que el conocimiento de la parte alta está limitado sólo a la gran obra de infraestructura hidráulica y a la sierra de Durango en general, sin especificar a qué cuencas hidrológicas corresponden las del Río Nazas.

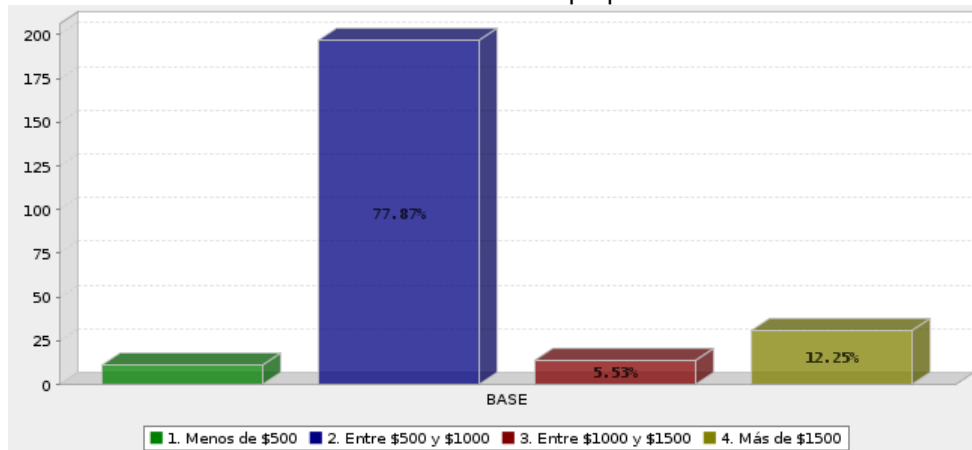
El siguiente bloque se enfoca a la importancia de las partes altas para el sector agrícola; la relevancia del recurso agua visto como un insumo para la producción, la cuota por el servicio de riego por hectárea al año, el volumen aplicado en la parcela por unidad de hectárea y la lámina de riego (Figuras 42-46).



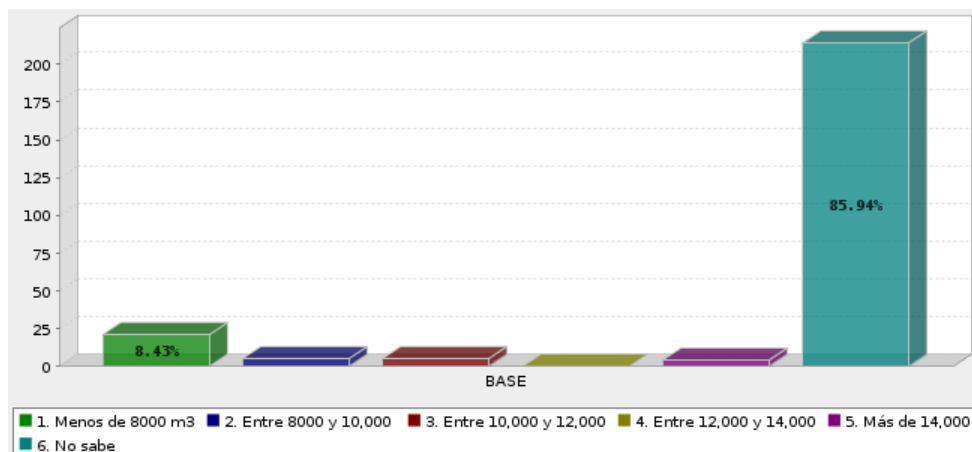
**Figura 42** Como habitante y productor Agrícola del Semidesierto Lagunero ¿Qué Importancia Tienen los Bosques de Durango para la Comarca Lagunera?  
 Nota: Elaboración propia



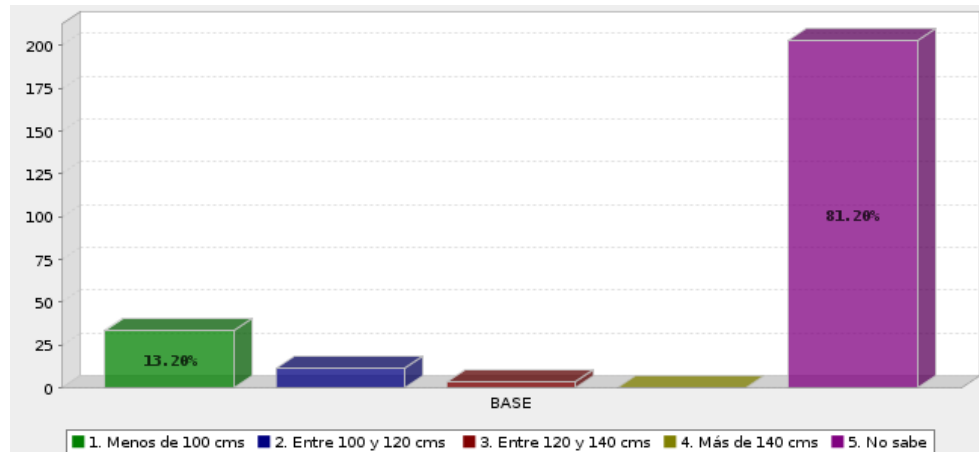
**Figura 43** Califique por Orden de Importancia los Insumos de su Actividad Agrícola  
 Nota: Elaboración propia



**Figura 44** En su ejido ¿Cuánto Paga por Hectárea al Año por su Derecho de Agua?  
 Nota: Elaboración propia



**Figura 45** ¿Cuál es el Volumen de Agua que Utiliza por Hectárea en Un Ciclo Agrícola?  
 Nota: Elaboración propia

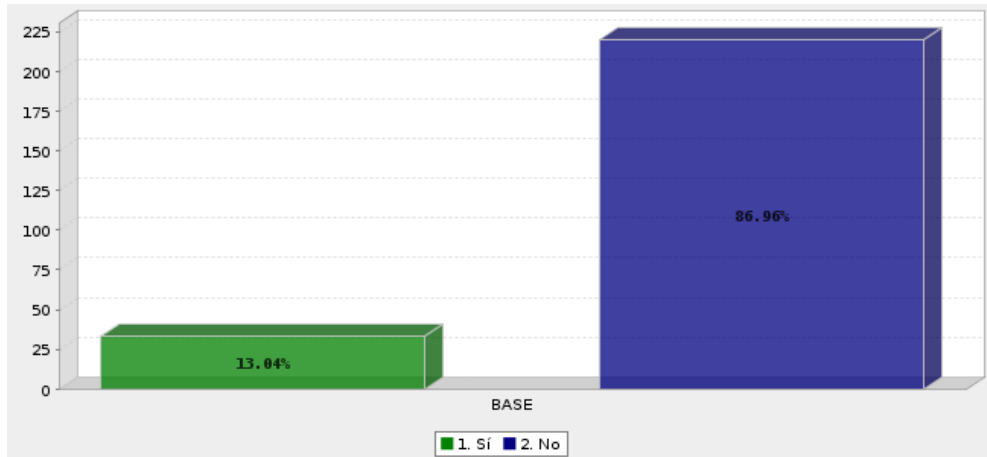


**Figura 46** ¿Cuál es la Lámina de Riego que Utiliza por Hectárea en Un Ciclo Agrícola?  
 Nota: Elaboración propia

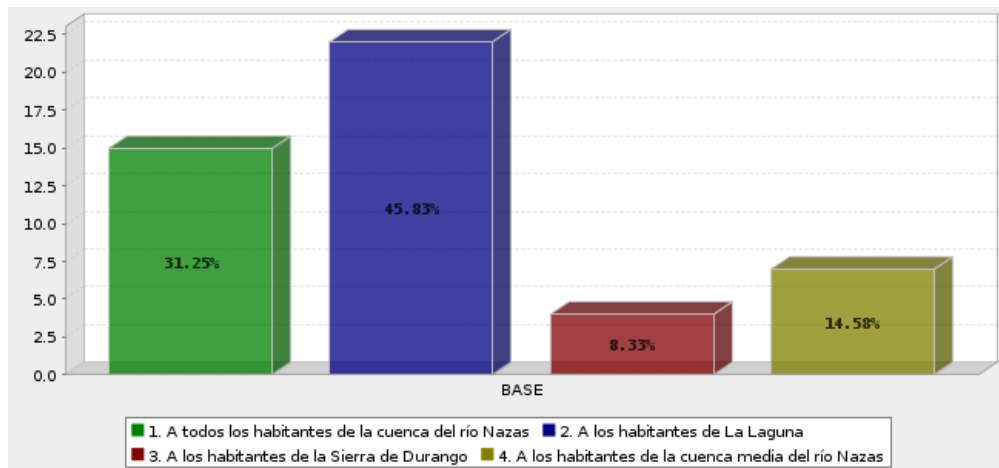
Los aspectos económicos del agua como insumo para la producción son relevantes para diseñar una serie de criterios que permitan proponer esquemas de recaudación en conjunto con los valores de captación y restauración de los sitios proveedores de servicios ecosistémicos; destacando la muy alta y alta importancia de los bosques para el 90% de los agricultores de la muestra, contrastando dicha opinión con la consideración que le dan al agua por debajo de otros insumos para la producción agrícola, la baja cuota del servicio de riego establecida, equivalente a \$800 ha/riego y el profundo desconocimiento acerca de los volúmenes empleados en la parcela y su correspondiente lámina de riego.

La tercera etapa, conlleva conocer acerca del programa de PSA Irritila, sus beneficios e impactos, la disponibilidad máxima y mínima a pagar por los servicios ambientales y las posibles formas de llevar a cabo las aportaciones para dicho objetivo. A continuación, se describen los resultados de los reactivos:

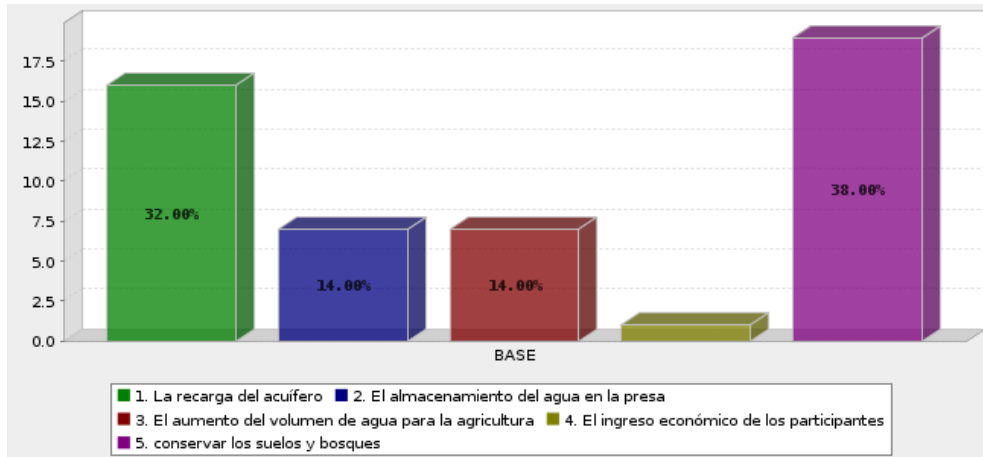




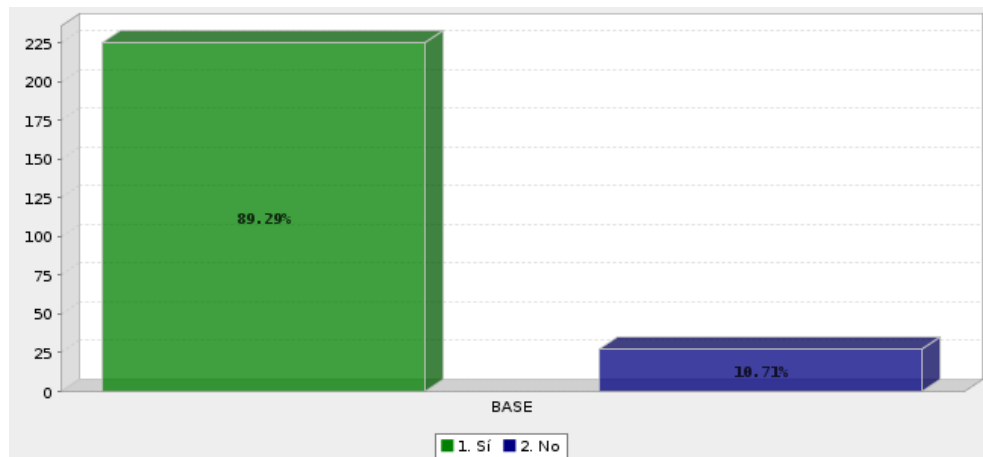
**Figura 47** ¿Sabe algo sobre el programa de Pago por Servicios Ambientales Irritila?  
 Nota: Elaboración propia



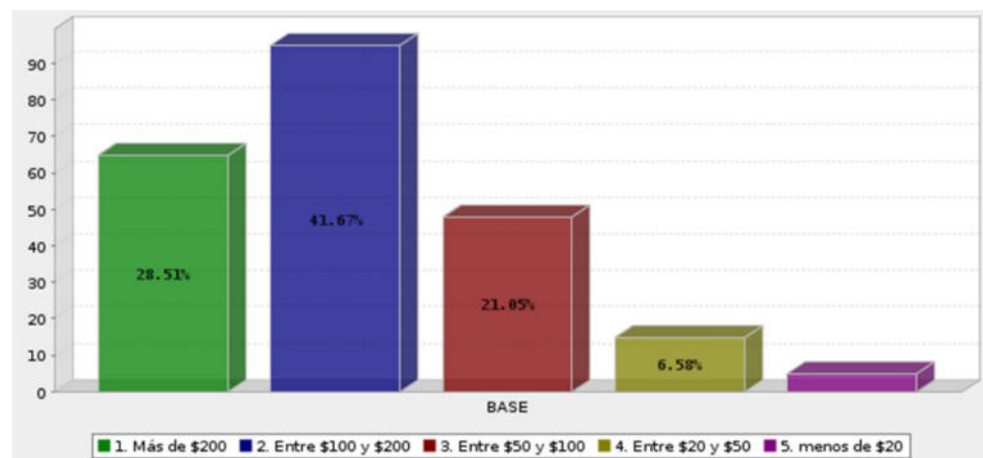
**Figura 48** ¿A quién beneficia principalmente el Programa Irritila?  
 Nota: Elaboración propia



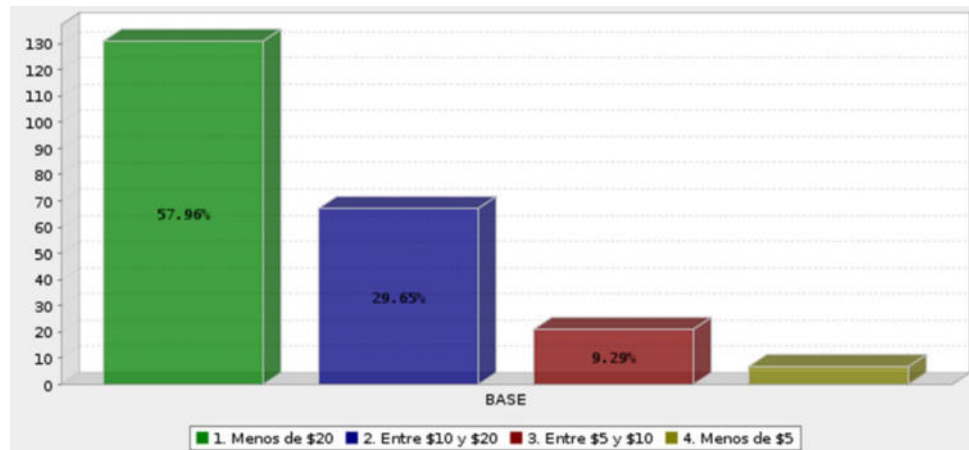
**Figura 49** ¿Cuál es impacto más importante del Programa Irritila?  
 Nota: Elaboración propia



**Figura 50** ¿Estaría dispuesto a contribuir económicamente para conservar los recursos naturales de la parte alta de la cuenca del río Nazas?  
 Nota: Elaboración propia

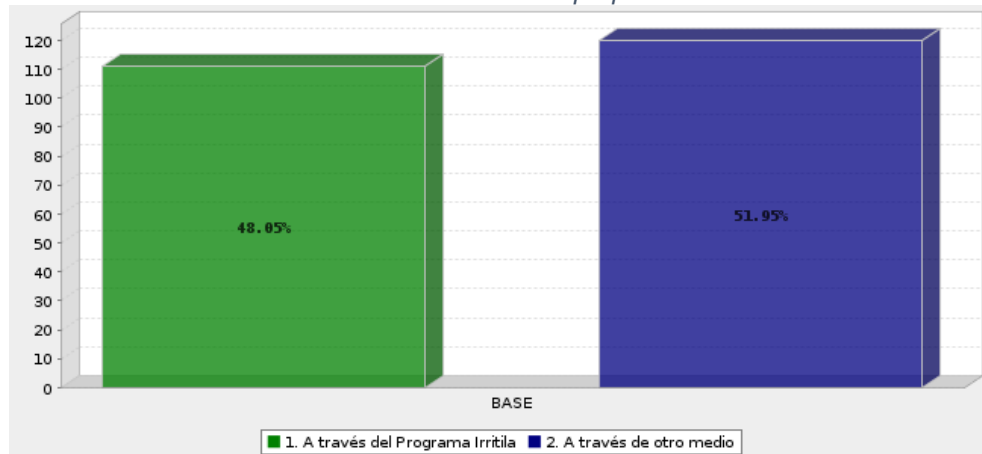


**Figura 51** Si la Respuesta es Sí, ¿Cuál es la cantidad máxima al año que estaría dispuesto a contribuir?  
 Nota: Elaboración propia



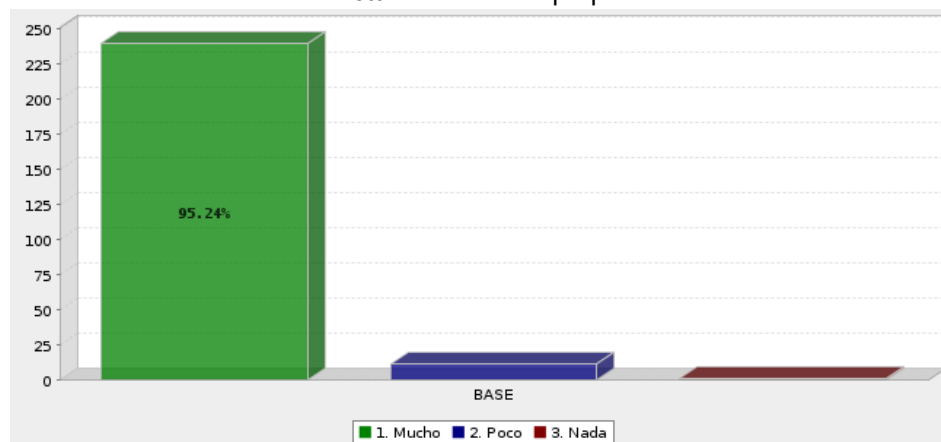
**Figura 52** ¿Cuál es la cantidad mínima al año que estaría dispuesto a contribuir por hectárea de riego?

Nota: Elaboración propia



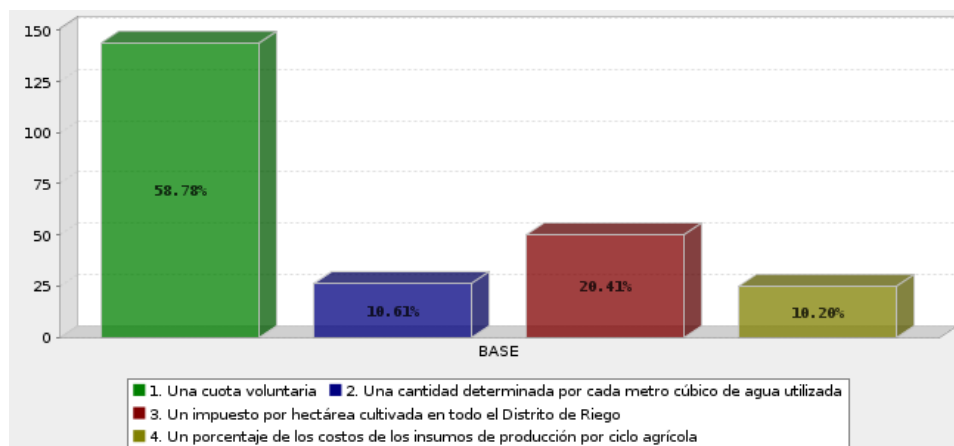
**Figura 53** Si la respuesta es sí, ¿cómo estaría dispuesto a contribuir?

Nota: Elaboración propia.



**Figura 54** ¿Qué tan importante considera que los agricultores contribuyan a conservar la cuenca alta del Nazas?

Nota: Elaboración propia.



**Figura 55** *¿Cuál considera la mejor forma de lograr la aportación de los agricultores para conservar la parte alta de la cuenca del Nazas?*

*Nota:* Elaboración propia.

En esta etapa, el 86% de los cuestionados dijeron desconocer el PSA Irritila, aunque casi el 90% consideran importante contribuir en la conservación de la parte alta de la cuenca del Nazas; el 41% de la muestra consideró una DAP máxima de entre \$100 y \$200 ha riego/año y un 28% de los entrevistados una cantidad mayor de \$200 ha riego por ciclo agrícola; y con respecto a la DAP mínima, el 58% estuvo de acuerdo en <20/ ha riego al año, siendo la forma de aportar mediante una cuota voluntaria (58%), seguida por el 20% que considera establecer un impuesto por ha cultivada en todo el Distrito de Riego.

## **Discusión**

La valoración económica de los servicios ambientales es una práctica poco usual para establecer programas de PSA u otros de carácter similar, en virtud de la naturaleza de los programas de conservación promovidos desde el gobierno, los cuales predomina el enfoque asistencialista o en algunas ocasiones hasta filantrópico; valorar económicamente las cuencas hidrológicas de la parte alta del Río Nazas en cuanto a captación, restauración y a la productividad del agua por el DR017, específicamente por el módulo de riego III San Jacinto, resulta innovador y oportuno para conocer y enfrentar los fenómenos extremos como el cambio climático, la ocurrencia de incendios u otros que pongan en riesgo los

ecosistemas forestales y la infraestructura hidráulica principal, dificultando la regulación y permanencia de los diversos servicios ambientales.

Considerar un precio a la naturaleza pareciera riesgoso, sin embargo, ya se le otorga un valor implícito al considerar los servicios ecosistémicos como gratuitos (Perevochtchikova, 2016), por lo que contar con elementos de tipo monetario, tomando datos técnicos como la oferta hídrica de las cuencas registrada en las estaciones hidrométricas; la demanda real del recurso en razón de los volúmenes que se extraen anualmente del sistema de presas; determinar el costo de oportunidad de la actividad ganadera que compite con el bosque y los costos de producción que los usuarios agrícolas enfrentan, al tener en cuenta que el agua no tiene un valor monetario más como servicio; además de considerar la rentabilidad de la agricultura como único jugador, sin competencia por el recurso hídrico, motiva a reflexionar acerca de la importancia de la provisión de dichos servicios y la competencia que dicho sector primario de la economía tendrá próximamente con el uso público urbano, representado por la población de la Comarca Lagunera a través del programa Agua Saludable para la Laguna<sup>18</sup>, tema que sin duda dará para futuros trabajos de investigación.

Trabajos similares en el estado de Durango desarrollados por Silva, Pérez & Návar (2010), determinaron valores de captación (VC) y restauración (VR) mediante el factor del costo de oportunidad (Co) por las actividades agrícola, ganadera y silvícola, obteniéndose para el caso de la actividad pecuaria un Co equivalente a \$431.5 ha/año, datos similares a los valores obtenidos de \$432 ha/año en bosques templados de la cuenca del Nazas en el estado de Durango, aunque pertenecientes a diferentes regiones y cuencas hidrológicas. En este sentido, el VC de Silva et al. (2010) en la microcuenca La Rosilla de acuerdo con la actividad ganadera, el Co fue de \$0.18 m<sup>3</sup> con una ponderación de importancia hídrica del bosque del 63%, datos muy similares a los obtenidos de VC

---

<sup>18</sup> Agua Saludable para la Laguna.- Programa del gobierno federal 2018-2024, consistente en construir infraestructura de agua para potabilizar un volumen de 200 Hm<sup>3</sup> del sistema de presas Lázaro Cárdenas – Francisco Zarco y destinarlo a las poblaciones de 9 municipios de la Comarca Lagunera (CONAGUA, 2021).

correspondientes a  $\$0.21 \text{ m}^3$  con un índice de importancia del 62%. Martínez – Jiménez (2015) estimó un VC tomando como referencia el  $Co$  de la superficie periurbana en la delegación de Tlalpan del extinto Distrito Federal, donde el bosque compite con la urbanización, aunque al no existir un  $Co$  urbano, se retomó el cultivo del maíz, calculándose un VC =  $\$0.54 \text{ m}^3$  y un VR de  $\$0.11 \text{ m}^3$ , valores equivalentes a más del doble de lo calculado para la parte alta de la cuenca del Nazas. El ejercicio de la periferia de la Ciudad de México consideró un índice de importancia hídrica del bosque del 35% a diferencia del DR017 del 62%.

Los trabajos de Silva, Pérez y Návar (2010) mencionan que el 90% de los entrevistados manifestó su disposición a realizar un pago por el servicio ambiental hidrológico, valores similares a los manifestados por el módulo de riego III San Jacinto.

La valoración económica de los servicios ambientales provenientes de la parte alta de la cuenca del Nazas varía de acuerdo con el tipo de usuario, los mayores beneficiarios de dicha región de la Sierra Madre Occidental son los agricultores con derechos de agua organizados en los módulos de riego, siendo 17 módulos que en conjunto aprovechan anualmente en promedio 65,000 ha, permitiendo establecer un mecanismo financiero de pago a los dueños de los sitios proveedores, sin embargo, una parte importante de dicha superficie de acuerdo al Índice de Presión Económica a la Deforestación (IRdef) no estaría sujeta al pago de conservación, al considerarse de baja o muy baja presión debido a la nula competencia del bosque con otros usos, por lo que el costo de oportunidad ( $Co$ ) no aplicaría para un porcentaje del territorio, cálculos que se podrían precisar en futuras investigaciones.

En este sentido si comparamos el  $Co$  actual de la actividad ganadera y de las áreas con alta presión, los montos actuales de pago de los PSA son similares ( $\$400 \text{ ha/año}$ ) respecto al  $Co$  de dicha actividad pecuaria ( $\$432 \text{ ha/año}$ ), por lo que la actividad de conservación es competente con la ganadería extensiva; sin embargo, los valores económicos de los servicios ambientales hidrológicos como el de captación hídrica del bosque y el de insumo para la producción superan en gran medida el monto que se paga por la cuota de autosuficiencia ( $Cua$ ) para el

riego agrícola del DR017, por lo que sólo el valor económico del concepto restauración podría competir con la Cua, dado que la sumatoria de los tres valores (captación, restauración e insumo para la producción) es muy superior y muy difícil de aceptar por los usuarios y la propia Comisión Nacional del Agua. Los hallazgos del presente trabajo resultaron en que el 89% de los entrevistados mostró una DAP por los servicios ecosistémicos y el monto en su mayoría fue entre \$100 y \$200 y un porcentaje importante manifestó una DAP superior a los \$200 por hectárea de riego, presentándose una desviación estándar baja, lo que hace suponer el valor esperado. Observando que el módulo III San Jacinto cuenta con 6,372 ha de riego y considerando al menos \$100 por hectárea/año, el potencial de aportación anual es de \$637,200, por lo que considerando un *Co* equivalente a la cantidad de \$432 por ha/año se podrían conservar hasta 1475 ha de bosque con riesgo de presión económica por cambio de uso del suelo, a lo que sumando la aportación federal a través del programa de MLPSA de la CONAFOR podría dicha inversión duplicarse para lograr al menos una cifra de 2950 has de conservación por este módulo de riego. Si bien los valores obtenidos en mercados hipotéticos pueden ser subjetivos, no obstante, sirven de base para establecer programas de fijación de tarifas para recaudar recursos destinados a la conservación de áreas deterioradas o con predicciones de ser impactadas en el mediano plazo y largo plazo.

## **CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA IDENTIFICACIÓN DE DISTRITOS DE RIEGO FACTIBLES DE PROGRAMAS DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES Y PROPUESTAS ECONÓMICAS DE RECAUDACIÓN**

### **Resumen**

La participación que el sector agrícola tiene respecto al uso del agua representa el 76% del volumen total nacional (CONAGUA, 2019), dándole posibilidades de incursionar en proyectos de conservación de la naturaleza, mediante acciones que busquen mejorar y conservar las condiciones naturales de las cuencas proveedoras de los recursos hídricos, por lo que, el presente trabajo apoyado en la evaluación o análisis multicriterio (AMC) (Sánchez, Estrada & Cueto, 2008), desarrolla una guía de criterios de decisión que permitan determinar la factibilidad de implementar programas de Pago por Servicios Ambientales mediante mecanismos de fondos concurrentes en usuarios del sector agrícola, llevando a cabo un ejercicio de comparación de pares en un módulo de riego del Distrito de Riego 017, calculando el índice de consistencia (IC), la consistencia aleatoria (IA) y la relación o cociente de consistencia (CR) respecto a los juicios de valor asignados a los criterios establecidos, dando como resultado del ejercicio una inconsistencia admisible.

Así también, en este capítulo se genera una serie de propuestas económicas que sirvan de base para abordar esquemas de recaudación en los Distritos de Riego para implementar programas de PSA, considerando la valoración monetaria de un metro cúbico de agua de riego; el servicio ambiental como insumo para la producción; la productividad del agua de riego; la rentabilidad de la actividad agrícola en una hectárea así como una propuesta convencional estándar independiente del cultivo o volumen utilizado.



## **Abstract**

The participation that the agricultural sector has regarding the use of water represents 76% of national total volume (CONAGUA, 2019), giving it possibilities to venture into nature conservation projects, through actions that seek to improve and preserve the natural conditions of water provider basins; therefore, the present work considered the evaluation or multi-criteria analysis (AMC) (Sánchez, Estrada & Cueto, 2008), in order to develop a decision criteria guide that allows determining the feasibility of implementing the payment of water as an environmental service program through mechanisms of concurrent funds in users of the agricultural sector, carrying out a pairwise comparison exercise in an irrigation module of the Irrigation District 017, calculating the consistency index (CI), random consistency (AI), and the relationship or consistency quotient (CR) with respect to the judged values assigned to the established criteria, resulting in an exercise of admissible inconsistency.

Likewise, this chapter provides a series of economic proposals that serve as a basis to implement Payment for Environmental Services programs in the irrigation districts, considering the monetary valuation of a cubic meter of water used for irrigation; the environmental service as an input for production; irrigation water productivity; the profitability of agricultural activity in one hectare as well as a standard conventional proposal independent of the crop or volume of water used.

## **Introducción**

En los últimos años en varios países de América Latina se han realizado diferentes trabajos referentes a la conservación de los sitios generadores de los servicios ambientales, mediante programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), siendo México vanguardia en apoyar a las comunidades de dichas áreas naturales; a lo largo de los últimos 15 años se han implementado más de 300 esquemas de colaboración de este tipo (CONAFOR, 2021).

De los usos del agua, el más representativo en términos de cantidad ha sido el agrícola, siendo poca su participación en apoyar con aportaciones o cuotas

voluntarias a los titulares de los predios de las cuencas hidrológicas ubicadas en las partes altas o medias; las razones, desde problemáticas propias de un sector vulnerable a la dinámica del mercado y al cambio climático, así como la decisión gubernamental de los sectores agrícola y del medio ambiente de no imponer cargas económicas a dicho sector.

El sector agrícola a nivel nacional comprende aproximadamente las tres cuartas partes del uso del agua con respecto a volumen (CONAGUA, 2019), representa un área de oportunidad para incursionar en nuevos proyectos de concientización del funcionamiento de la naturaleza de manera integral y del manejo sustentable de recursos naturales, además, cobra relevancia el intervenir en acciones que beneficien en el mediano y largo plazo las condiciones naturales de la cuenca hidrológica a la que pertenecen. Este sector a través de los años ha sido muy participativo en diferentes momentos, desde la construcción de las grandes obras de almacenamiento como las presas y canales, posterior al reparto agrario nacional, contribuyendo con mano de obra, y bienes como la puesta en préstamo de terrenos y banco de materiales pétreos para alojar la infraestructura hidráulica.

El sector del riego controlado ha contado con diferentes esquemas de organización social, siendo además de los ejidos y comunidades, otras figuras como las Asociaciones Civiles de Usuarios (ACU), las Sociedades de Responsabilidad Limitada (SRL), las Sociedades de Producción Rural (SPR), entre otras reconocidas por las leyes. La participación de los usuarios originalmente se desarrolló en las Juntas de Agua (Palerm, 2009), posteriormente transitaron en la década de los 90 en la figura de los Módulos de Riego (Palerm, 2020), también conocida como ACU. En los últimos 25 años dichas ACU y en algunos Distritos de Riego (DR) con las SRL, han sido las responsables de la distribución del agua a los usuarios de manera directa con el acompañamiento de la CONAGUA.

El presente trabajo apoyado en la evaluación o análisis multicriterio (AMC) (Sánchez, Estrada & Cueto, 2008) desarrolla una guía para analizar la factibilidad

de implementar esquemas como los mecanismos de fondos concurrentes en usuarios del sector agrícola, a partir de 6 criterios de tipo: ambiental, cultural, económico, de gobernanza, social y técnico, que permitan calificar los DR y las correspondientes SRL y ACU con respecto a su factibilidad para implementar esquemas de PSA, haciendo alusión al concepto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) (CONAGUA, 2004), teniendo como primeros ejercicios de análisis, la factibilidad de establecer estos esquemas en DR ubicados en regiones con características climatológicas secas, en la zona norte de México (Altamirano, Valdez, León & Betancourt, 2017).

Asimismo, a partir de los resultados alusivos al III Valoración Económica de los Servicios Ambientales y la Disposición a Pagar (DAP), se estableció una serie de propuestas económicas de recaudación como complemento al análisis de los criterios mencionados, siendo las siguientes: 1) establecimiento de un valor económico al agua a partir de la unidad “Metro Cúbico”(m<sup>3</sup>) de riego; dándole un valor monetario equivalente a la unidad mínima de Un centavo (\$00.1/m<sup>3</sup> H<sup>2</sup>O/riego); 2) considerar el servicio ambiental hídrico como un insumo (commodity<sup>19</sup>) para la producción agrícola; 3) determinar un valor económico al servicio ambiental considerando la productividad del agua por hectárea (ha) de riego (FAO, 2003); 4) determinar la valoración económica a partir de la rentabilidad<sup>20</sup> del agua en la agricultura por unidad de superficie (ha); y 5) establecer una medida monetaria convencional estándar respecto al ciclo agrícola respectivo. Dichos criterios es importante contrastarlos con los resultados obtenidos a partir de la valoración total y los cuestionarios de la DAP, representando una guía económica como argumento para convencer a los usuarios de los servicios ambientales hídricos en participar de una manera formal.

---

<sup>19</sup> Commodity.- “Todo bien que es producido en masa por el hombre o del cual existen enormes cantidades disponibles en la naturaleza , que tiene valor o utilidad y un muy bajo nivel de diferenciación o especialización” (Castelo, 2003).

<sup>20</sup> Rentabilidad.- El beneficio económico obtenido restando del ingreso total de todos los costos en la producción de los bienes y servicios vendidos (Molina, 2017).

## **Materiales y métodos**

Los sistemas de ayuda para la Toma de Decisiones (Decision Support Systems DSS) consideran la adecuada planeación en el uso de los recursos, ya sea materiales, financieros o naturales de forma incluyente, en la que se involucra la opinión de los actores directamente impactados de manera positiva o negativa acerca de las acciones que se implementen (Sánchez, Estrada & Cueto, 2008). Los DSS representan una herramienta valiosa en el proceso de toma de decisiones cuando existen objetivos o intereses diferentes o en conflicto, por lo que el máximo beneficio de estos sistemas, se obtiene cuando el proceso de planeación se desarrolla con la participación de los usuarios y cuando existe la interrelación entre la información y los criterios de decisión, permitiendo al grupo interdisciplinario el estudio de problemas complejos para tomar decisiones de manera consensuada (Sánchez et al., 2006).

Tomar decisiones conlleva un conjunto de elementos que evalúan las distintas alternativas para elegir la mejor opción. En un ejercicio bajo el DSS se deben considerar las siguientes acciones: 1) Definición del problema; 2) Consulta de opinión de los actores involucrados; 3) Definición de alternativas; 4) Identificación y definición de criterios; 5) Calificación de alternativas y 6) Jerarquización de criterios (Sánchez, Estrada & Cueto, 2008)

La calificación de las alternativas se puede realizar a través de distintos métodos, de los más utilizados es el denominado proceso jerárquico analítico conocido por sus siglas como AHP<sup>21</sup>. El AHP considera la participación de los involucrados en el proceso de selección del criterio o efecto más importante entre dos que se comparan, solicitando a los participantes calificar de manera cualitativa hasta dónde el primer efecto es más importante que el segundo, posteriormente el método convierte las comparaciones a pesos cuantitativos, calculándose un índice de inconsistencia para verificar que las opiniones no hayan sido seleccionadas de manera aleatoria (Saaty, 1987).

---

<sup>21</sup> AHP.- Analytical Hierarchy Process

El método AHP desarrollado por Saaty plantea una escala de comparación numérica entre dos criterios o variables, siendo dichos criterios los que califican las alternativas de estudio de manera sucesiva, recomendando el mismo método la conveniencia de utilizar no más de siete criterios (Tabla 31).

**Tabla 31**

*Escala de para dimensionar el impacto de alternativas*

<b>Intensidad de Importancia</b>	<b>Definición</b>	<b>Explicación</b>
1	Igual importancia	Los dos factores contribuyen al objetivo
3	Más importante	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente a una opción sobre otra
5	Mucho más importante	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una opción sobre la otra
7	Mucho más importante	La experiencia y el juicio favorecen muy fuertemente a una opción sobre la otra
9	Absolutamente más importante	La evidencia favorece de manera indiscutible a una opción sobre la otra
2,4,6,8	Valores intermedios	Útil en casos donde existe cierta dispersión de impactos

*Nota: Saaty 1987*

Para calcular el índice de consistencia se emplea la fórmula:

$$CI = (n \max - n) / (n-1)$$

La relación de consistencia se determina de la siguiente manera:

$$RC = 1.98 * (n-2) / n$$

Para que la elección de la alternativa cumpla con la prueba de consistencia, los juicios de valor realizados por los involucrados deberán ser  $\leq 0.10$ , por lo que superado dicho valor es sinónimo de que los resultados son poco objetivos y cuestionables, siendo necesario replantear el ejercicio con las personas

indicadas con experiencia e involucramiento en la problemática. El cociente o relación de consistencia se determina de la siguiente manera:

$$CR= CI/RC$$

### **Resultados**

Los Distritos de Riego (DR) en México existen desde el año de 1926 cuando la Comisión Nacional de Irrigación los creó como grandes proyectos después del periodo revolucionario, construyéndose grandes obras de infraestructura como presas o vasos de almacenamiento, de derivación, canales de riego, caminos de acceso, plantas de bombeo, pozos de agua, entre otras obras complementarias. Actualmente existen 86 DR a nivel nacional, mismos que cubren una superficie total de 3.29 millones de hectáreas (CONAGUA, 2019), beneficiando una superficie de riego de 2.55 millones de hectáreas aproximadamente, a través de un volumen medio anual de 29,217 Hm<sup>3</sup>.

Un Distrito de Riego es una organización pública del Gobierno Federal con límites geográficos y patrimonio hidráulico perfectamente definidos, cuyo personal técnico, administrativo y de campo, tiene por función, proporcionar, conforme al reglamento específico, el agua de riego que demandan los usuarios debidamente acreditados como legítimos poseedores de la tierra para hacer posible la producción agrícola (Mora, 1993).

De los 86 DR del país, el 75% de la superficie total que equivale a 2.49 millones de hectáreas se encuentran en el norte de la república, siendo las Regiones Hidrológicas Administrativas de: Pacífico Norte, Noroeste, Río Bravo, Baja California y Golfo Norte, además de la Lerma- Santiago-Pacífico, las que mayor superficie de riego registran (Tabla 32). Las Regiones Hidrológicas Administrativas con menos superficie de riego a través de la figura de los Distritos de Riego son: Península de Yucatán, Frontera Sur, Pacífico Sur y Golfo Centro, siendo paradójicamente estas últimas, donde se registra la mayor precipitación a nivel nacional.

A nivel nacional existen más de 450 módulos o asociaciones de usuarios (SINA REPDA, 2023) que corresponden a los módulos de riego, teniendo personalidad jurídica y financiera propia, a través de un acta constitutiva y un título de concesión del agua y la infraestructura bajo su responsabilidad.

**Tabla 32**

*Distritos de Riego por Región Hidrológica Administrativa*

CLAVE	RHA	No. DR	Superficie total (ha)	Usuarios	Superficie física regada (ha)	Volumen distribuido (Hm <sup>3</sup> )
I	Península de Baja California	2	245,693	18,619	223,594	2,515
II	Noroeste	7	466,855	38,202	408,551	4,643
III	Pacífico Norte	10	862,295	87,872	774,968	8,937
IV	Balsas	9	199,390	59,878	170,818	2,633
V	Pacífico Sur	5	71,914	10,516	26,571	427
VI	Río Bravo	13	467,397	35,326	321,542	2,435
VII	Cuencas Centrales del Norte	1	71,964	33,387	49,835	800
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	13	456,446	75,750	299,808	3,155
IX	Golfo Norte	11	230,569	19,339	115,540	1,115
X	Golfo Centro	2	41,830	6,471	30,335	624
XI	Frontera Sur	4	37,158	7,395	27,674	334
XII	Península de Yucatán	2	17,785	4,793	14,612	78
XIII	Aguas del Valle de México	7	122,180	65,038	90,876	1,521
<b>Total</b>		<b>86</b>	<b>3'291,475</b>	<b>462,586</b>	<b>2'554,725</b>	<b>29,217</b>

*Nota:* Estadísticas del Agua en México, CONAGUA 2019.

Los Módulos de Riego o ACU reciben el agua en bloque por parte de la Comisión Nacional del Agua en los denominados puntos de control y éstos a su vez, ya de manera interna realizan la distribución a través de los canales secundarios e interparcelarios, operando la infraestructura hidroagrícola de manera directa hasta el beneficiario final (Mora, 1993).

Por otra parte, las Unidades de Riego (UR) son áreas agrícolas con infraestructura y sistemas de riego, siendo por lo general, a diferencia de los DR, de menor superficie. Algunas de las UR están constituidas ACU u otras figuras, haciéndose cargo los usuarios de la captación, derivación, conducción, regulación y distribución de las aguas nacionales destinadas para dicho fin.

De acuerdo con Pedroza e Hinojosa (2013), en México las áreas bajo riego fuera de los Distritos se conocen también como “Unidades de Riego Para el Desarrollo Rural” (Urderal), tienen los mismos objetivos que los DR, existiendo algunas diferencias que se pueden observar en la Tabla 33.

**Tabla 33**

*Características de los Distritos y Unidades de Riego*

<b>Característica</b>	<b>Distrito de Riego</b>	<b>Unidad de Riego</b>
Superficie (ha)	Mayor a 2000	Menor a 500
Propiedad Infraestructura	Federal	Particular y/o ejidal
Propiedad de la tierra	Particular y/o ejidal	Particular y/o ejidal
Cantidad	86	39,000 aproximadamente
Organización usuarios	Asociación civil de Usuarios	Sociedades no formales, organizadas para la concesión
Título de concesión	Agua, infraestructura y maquinaria	Agua
Supervisión de la operación	Permanente por la CONAGUA	Eventual
Planificación del riego	Plan de Riego autorizado por CONAGUA	Indefinido
Entorno económico	Influencia Regional, Estatal	Influencia local
Cuotas de riego	Se enteran parcialmente a la SHCP, y para uso de la ACU	Son de uso particular
Régimen legal de la asociación	Código Civil del Estado	Usos y costumbres

*Nota:* Manejo y distribución del agua en distritos de Riego (Pedroza & Hinojosa, 2013)



Una parte importante de los DR y las UR utilizan las aguas subterráneas, por lo que los acuíferos son un renglón muy importante, dado que a través de los años reciben aportaciones de las precipitaciones, escurrimientos y eventos meteorológicos extraordinarios, siendo cuerpos receptores mediante infiltración (Aparicio, 2021) y recarga de flujos regionales y de tipo horizontal (Sánchez San Román, 2017) provenientes de cotas altitudinales superiores como las sierras.

El funcionamiento de un DR en general y del DR017 en lo particular (Figura 56), comienza con la captación del recurso hídrico en la presa de almacenamiento Lázaro Cárdenas (Figura 57), en ésta se reciben las aportaciones de las corrientes provenientes de las partes altas de la cuenca hidrológica, principalmente el Río Ramos y Sextín o del Oro, posteriormente, de acuerdo con el calendario agrícola respectivo (marzo), se opera la obra de toma, la cual es una estructura hidráulica con mecanismos que posibilita la extracción del agua, dicha estructura se encuentra alojada en la parte baja de la presa y cruza la estructura de la cortina; posteriormente, utilizando como medio de conducción el Río Nazas, el volumen programado transita varios kilómetros hasta la presa derivadora – almacenadora Francisco Zarco (Las Tórtolas), cuya función es retener el agua proveniente de la presa de almacenamiento, para operar nuevamente por el cauce del Nazas hasta la represa derivadora San Fernando, donde se mantiene el volumen extraído por espacio de algunas horas hasta cierto nivel, para derivarse a la red de canales principales Sacramento y Santa Rosa – Tlahualilo (Figura 58).



**Figura 56** Distrito de Riego 017 Región Lagunera Coahuila – Durango  
 Fuente: Manejo y distribución del agua en distritos de riego (Pedroza & Hinojosa 2013)



**Figura 57** Presa de almacenamiento Lázaro Cárdenas, estado de Durango  
 Fuente: CONAGUA Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte



**Figura 58** Canal Principal Sacramento Distrito de Riego 017 Región Lagunera  
Fuente: CONAGUA Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte 2016

De acuerdo al almacenamiento de las presas al 1 de octubre de cada año y a lo determinado por el Decreto Presidencial correspondiente publicado en el Diario Oficial de la Federación (SARH, 1988), se programa el próximo ciclo agrícola, la CONAGUA a través del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas coordinado por la Subdirección General Técnica, define el volumen a extraerse del sistema de presas, posteriormente previo al riego, se celebren las reuniones en los módulos que integran el DR, a través de las asambleas legalmente reconocidas en los estatutos de cada asociación civil, donde participan con voz y voto los delegados de cada uno de los ejidos y/o comunidades así como las pequeñas propiedades que forman parte de la asociación, para definir la superficie a establecer, los cultivos y las áreas de riego, así como las obras y jornales necesarios para la limpieza de canales previo al inicio del ciclo, además de establecer la cuotas de autosuficiencia, para que en los meses de diciembre a febrero los usuarios además de preparar las tierras acudan a pagar la cuota de riego.

En la reunión del “Comité Hidráulico”, órgano colegiado de concertación para el manejo adecuado del agua y la infraestructura (CONAGUA, 2004), se define oficialmente el inicio del ciclo agrícola, ya sea en la temporada otoño – invierno o en el ciclo primavera – verano. El Comité Hidráulico como máxima autoridad del

DR, es presidido por la CONAGUA, a través del director general del Organismo de Cuenca y este a su vez por el jefe del Distrito de Riego, en dicho comité se aprueban en lo general las cuotas por módulo de riego, las obras necesarias o extraordinarias a realizar previo al ciclo, además de asuntos específicos como los tiempos para los movimientos de los derechos de agua entre otros asuntos.

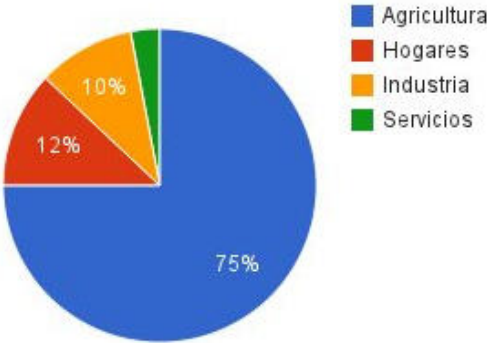


**Figura 59** Reunión del Comité Hidráulico Distrito de Riego 017 Región Lagunera  
Fuente: CONAGUA Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte 2018

El uso agrícola es el uso de mayor consumo volumétrico (Figura 60), a diferencia de los usos industrial, servicios y público urbano, está exento del pago de derechos de acuerdo a la Ley Federal de Derechos en materia de Aguas Nacionales, siendo beneficiado independientemente del volumen concesionado, ya sea en aguas subterráneas o superficiales, sin importar la figura o cantidad utilizada, este uso en el caso de los DR y UR sólo devenga una cuota denominada de autosuficiencia (CONAGUA, 2004), dicha cuota es aquella destinada a recuperar los costos derivados de la operación, conservación y mantenimiento de las obras de infraestructura hidráulica (Figura 61), instalaciones diversas y de las zonas de riego, así como los costos incurridos en las inversiones de infraestructura, mecanismos y equipo, incluyendo su

mejoramiento, rehabilitación y reemplazo, cabe destacar, que las cuotas de autosuficiencia no son de naturaleza fiscal y normalmente son cubiertas por los usuarios de riego.

**Usos del agua por sectores**



**Figura 60** Esquema general de los usos del agua en México  
Fuente: Estadísticas del Agua en México 2020



**Figura 61** Canal Secundario Módulo de Riego III San Jacinto, Lerdo, Durango  
Fuente: Elaboración propia.

Un dato relevante referente a los apoyos en materia hidroagrícola, es lo establecido en el Presupuesto de Egresos de la Federación 2019 (SHCP, 2018), en su artículo 37 señala que con el objeto de impulsar la cultura de pago por el suministro del agua en bloque en los Distritos de Riego y mejorar la infraestructura de riego, el Ejecutivo Federal, a través de la CONAGUA, devolverá a los DR que estén al corriente en sus pagos, un importe de recursos equivalente a las cuotas que se generen en el presente ejercicio fiscal, los cuales se destinarán en un 65% a la conservación y mantenimiento de los canales y drenes menores; 25% a la conservación de la red menor, canales y drenes principales; 8% al mantenimiento de las obras de cabeza, y un 2% a la supervisión y gastos de operación.

Por lo anterior, los DR funcionarán conforme a las disposiciones del Comité Hidráulico respectivo y de acuerdo a lo establecido en el título de concesión debidamente registrado ante el Registro Público de Derechos de Agua; dicho documento contiene los derechos y obligaciones del concesionario, las obras hidráulicas importantes, el volumen de agua concesionado anual, las coordenadas de los puntos de control para la entrega del agua, entre otros datos que técnica y legalmente son relevantes para el mismo distrito y que surten efectos legales ante terceras personas.

Además del documento legal que da certidumbre a los usuarios para el aprovechamiento de las aguas nacionales, es relevante el padrón de usuarios de la asociación o módulo de riego, inventario de relevancia técnica, legal y administrativo que debe ser integrado por la CONAGUA a través de la Jefatura del Distrito de Riego.

El padrón de usuarios se integrará con los datos de los usuarios titulares que le proporcionen las propias asociaciones, siendo responsabilidad del concesionario el mantenerlo actualizado anualmente, ya que la falta de actualización puede ser motivo de suspensión del servicio de la entrega del agua, por lo que es de vital

importancia promover oportunamente la inscripción de los cambios o modificaciones en el padrón de usuarios del distrito (CONAGUA, 2004).

Los DR y UR no contemplan la atención de las cuencas hidrológicas proveedoras de los recursos hídricos, ni consideran los azolves que se depositan en los embalses y mucho menos la biodiversidad existente, centrándose en la infraestructura gris, para lo cual, a continuación, se desarrolla una guía base de criterios y subcriterios de análisis, para clasificar el grado de factibilidad que el DR a través de sus módulos de riego o UR tiene para su posible implementación de un MLPSA.

El potencial de implementar mecanismos de esta naturaleza a partir de los DR es grande, sobre todo en los de mayor tamaño y en donde las condiciones del clima o escasez del recurso hídrico son mayores, resultando aplicar los siguientes criterios de análisis para el diagnóstico correspondiente:

### **Definición conceptual de criterios de análisis**

**Ambiental:** Situación de la cuenca hidrológica correspondiente al Distrito y Unidad de Riego, es decir, las condiciones de los recursos naturales, su problemática y aprovechamiento, entre otros aspectos, considerando los siguientes subcriterios:

**Subcriterio A1:** Grado de deterioro de los recursos naturales de la parte alta y media de la cuenca y situación de los cauces y ecosistemas riparios.

**Subcriterio A2:** Presencia de Biodiversidad de flora y fauna, resaltando características especiales como: bosque mesófilo de montaña, Áreas Naturales Protegidas, sitios RAMSAR, especies endémicas, en peligro de extinción, de tipo migratoria, entre otros.

**Subcriterio A3:** Índice de Riesgo a la Deforestación de la cuenca hidrológica.

**Subcriterio A4:** Grado de calidad del agua en afluentes.

**Cultural:** Reconocimiento a los rasgos y manifestaciones culturales de las poblaciones, sus costumbres y arraigos, así como elementos que dan identidad como lengua, festividades, símbolos que dan pertenencia a los habitantes de las partes altas.

**Subcriterio C1:** Grado de conocimiento de las personas y elementos presentes en las partes altas de la cuenca.

**Subcriterio C2:** Valores culturales de idioma, gastronomía, religiosos que se mantienen vivos y dan identidad a la región.

**Subcriterio C3:** Percepción por los beneficiarios de los servicios ambientales de las partes altas de la cuenca, respecto a los sitios proveedores de dichos servicios.

**Subcriterio C4:** Relaciones de parentesco, amistad u otras formas de interacciones que mantengan comunicación entre los habitantes de la parte alta y la baja.

**Económico:** Situación económica y financiera de los Distritos y Unidades de Riego, sobresaliendo las actividades y dinámicas relevantes, además del valor de la producción, cuotas de agua, entre otros.

**Subcriterio E1:** Productividad del agua de riego.

**Subcriterio E2:** Pago de cuotas de agua por ciclo agrícola.

**Subcriterio E3:** Costo de oportunidad de los sitios proveedores.

**Subcriterio E4:** Situación financiera de los Módulos de Riego.



**Gobernanza<sup>22</sup>:** Proceso de relaciones y de organización formales e informales entre diversos actores al interior y exterior de los Distritos y Unidades de Riego, para dar cumplimiento a las leyes y reglamentos, estableciéndose una relación con las autoridades, la academia, entre otros grupos, que permitan el desarrollo de dichas figuras de riego establecidas.

**Subcriterio G1:** Figura legal constituida responsable del manejo del agua.

**Subcriterio G2:** Celebración de Asambleas y cumplimiento del reglamento interno de la asociación de riego.

**Subcriterio G3:** Relaciones con autoridades y otros actores para el buen desempeño de la organización, percepción del Comité Hidráulico acerca de la situación de las cuencas hidrológicas.

**Subcriterio G4:** Presencia de conflictos al interior de la organización.

**Social:** Situación de los usuarios de las aguas nacionales, el uso del agua y la tenencia de la tierra, así como el grado de participación social en los asuntos hídricos.

**Subcriterio S1:** Situación de la tenencia de la tierra ejidal – pequeña propiedad.

**Subcriterio S2:** Situación de los derechos de agua sector social y pequeña propiedad.

---

<sup>22</sup> Gobernanza es la realización de relaciones políticas entre diversos actores involucrados en el proceso de decidir, ejecutar y evaluar decisiones sobre asuntos de interés público, proceso que puede ser caracterizado como un juego de poder, en el cual competencia y cooperación coexisten como reglas posibles; y que incluye instituciones tanto formales como informales. (Whittingham, 2005, p. 240).

**Subcriterio S3:** Condiciones sociales de la población usuaria de los Distritos de Riego: > Rezago social en el DR o UR < participación MLPSA.

**Subcriterio S4:** Grado de rezago de la población ubicada en las partes altas de la cuenca: > Rezago social > posibilidad de implementar MLPSA.

**Técnico:** Situación de la disponibilidad del agua en la cuenca, almacenamiento en embalses, condiciones de los cauces y la infraestructura hidráulica que abastecen al Distrito y la Unidad de Riego hasta el aprovechamiento del recurso.

**Subcriterio T1:** Volumen disponible al 1 de octubre para el ciclo agrícola correspondiente.

**Subcriterio T2:** Disponibilidad de agua de la cuenca hidrológica y disponibilidad media anual por acuífero y su relación con el índice de sequía prevaeciente.

**Subcriterio T3:** Eficiencia global de la infraestructura de riego: canales principales, secundarios y redes interparcelarias.

**Subcriterio T4:** Entrega del agua de manera volumétrica y lámina de riego aplicada en la parcela.

Los 6 criterios y subcriterios son básicos para analizar y valorar la información de los Módulos de Riego en el ámbito de las cuencas, teniendo el mismo valor cada uno equivalente a una unidad (Tabla 34).

**Tabla 34**

*Criterios y Subcriterios de Análisis de Distritos de Riego para PSA*

<b>Ambiental</b>	<b>Cultural</b>	<b>Económico</b>	<b>Gobernanza</b>	<b>Social</b>	<b>Técnico</b>
<b>A1:</b> Grado de deterioro de los recursos naturales de la parte alta de la cuenca.	<b>C1:</b> Grado de conocimiento de las partes altas de la cuenca.	<b>E1:</b> Productividad del agua de riego.	<b>G1:</b> Figura legal constituida responsable del manejo del agua.	<b>S1:</b> Situación de tenencia de la tierra ejidal/ p.p.	<b>T1:</b> Volumen disponible al 1 de octubre para el ciclo agrícola correspondiente.
<b>A2:</b> Presencia Biodiversidad flora y fauna, bosque mesófilo, Áreas Naturales Protegidas, RAMSAR.	<b>C2:</b> Valores culturales: grupos indígenas, idioma, religiosos que se mantienen.	<b>E2:</b> Pago de cuotas de agua por hectárea al año.	<b>G2:</b> Celebración de Asambleas y cumplimiento del reglamento interno de la asociación.	<b>S2:</b> Situación de la posesión de los derechos de agua.	<b>T2:</b> Disponibilidad media anual de agua de la Cuenca hidrológica y acuífero.
<b>A3:</b> Índice de Riesgo a la Deforestación de la cuenca hidrológica	<b>C3:</b> Percepción de los servicios ambientales.	<b>E3:</b> Costo de oportunidad de los sitios proveedores de servicios ambientales.	<b>G3:</b> Relaciones con autoridades y otros actores.	<b>S3:</b> Condiciones sociales de los Distritos de Riego.	<b>T3:</b> Eficiencia global de la infraestructura de riego: principales, secundarios.
<b>A4:</b> Grado de calidad del agua en embalses y afluentes.	<b>C4:</b> Relaciones parentesco u otras formas entre la parte alta y la baja.	<b>E4:</b> Situación financiera de los Módulos de Riego.	<b>G4:</b> Presencia de conflictos al interior de la organización.	<b>S4:</b> Grado de marginación de la población en partes altas.	<b>T4:</b> Entrega del agua de manera volumétrica y aplicada en la parcela.

*Nota:* Elaboración propia

Cada criterio tiene 4 Subcriterios, los cuales considera un valor numérico que va desde 0.25; 0.125; hasta 0, arrojando la suma de los 4 subcriterios una puntuación máxima equivalente a una unidad, la calificación de cada subcriterio se debe dar con el consenso de expertos (Sánchez, Jiménez, Velázquez, Piedra y Romero, 2004) y usuarios del Distrito a través de los Módulos y actores clave con información objetiva; los 6 Criterios pueden sumar una calificación de hasta

6 puntos, sin embargo, esta puede variar acorde a lo establecido en el análisis por los usuarios y actores clave.

- Formula: (Criterio Ambiental)  $CA = A1 + A2 + A3 + A4$  y así sucesivamente para cada uno de los criterios...
- Con base al resultado de los 6 criterios, jerarquizar el grado de factibilidad para diseñar e implementar MLPSA.

La siguiente escala obedece a factores de tipo cuantitativo y cualitativo considerando el análisis por criterio realizado con la participación de los actores clave y las autoridades en la materia.

## **GRADOS DE FACTIBILIDAD**

**Muy Alta:** La relación proveedor – usuario del agua es clara y evidente, los servicios ecosistémicos provienen de zonas montañosas cercanas a los sitios de aprovechamiento del recurso hídrico, la distancia promedio oscila en el rango de 10 a 50 km de distancia, lo que permite al usuario de las aguas nacionales identificar dicha relación a través de referentes visuales, como la existencia de infraestructura de almacenamiento, estaciones hidrométricas, servicios ecosistémicos representativos de flora y fauna, así como corrientes importantes de gran valor socio- ambiental, entre otros; existen núcleos poblacionales vulnerables asentados en los sitios proveedores, la organización de los usuarios es buena en temas de recaudación, existiendo un clima ajeno a conflictos de tipo social o político.

**Alta:** Los servicios ambientales provienen de zonas naturales alejadas del Distrito de Riego, las cuales no se aprecian a simple vista, el rango de distancia

del sitio de aprovechamiento del recurso a las fuentes proveedores oscila de 50 a 100 km de distancia, sin embargo, existe una corriente o afluentes representativos que nacen en las partes altas de la cuenca que permiten a los usuarios de los Distritos y Unidades de Riego identificarlos y conocer sus beneficios en actividades agrícolas o de recreación. La organización social es buena tanto en el uso del agua como en cubrir las obligaciones correspondientes.

**Media:** Los Módulos de Riego se benefician de lugares que a simple vista no son ubicados como fuente importante o proveedora de servicios ecosistémicos, por lo regular provienen de sitios a más de 100 km de distancia, sin embargo, los usuarios conocen de manera general la procedencia de los recursos hídricos ya sea por notas de periódicos, identificación de lugares emblemáticos, entre otros, sin adentrarse al conocimiento físico de la problemática ambiental de dichas zonas proveedoras. El uso del agua se da de forma regular, en general se siembran cultivos básicos lo cual permite mantener en condiciones la infraestructura del Distrito.

**Baja:** El usuario no conoce, ni detecta visual ni socialmente de dónde provienen los servicios ecosistémicos debido a que las corrientes de agua se activan sólo en épocas de mayor precipitación, dichos afluentes provienen a más de 200 km de distancia del sitio de aprovechamiento del agua, las precipitaciones básicamente auxilian el desarrollo del Distrito de Riego, por lo que la percepción del usuario es que el agua se presenta de manera normal, o propio de la naturaleza. La organización de los usuarios es de carácter formal con baja participación en los asuntos del Distrito, las condiciones de la infraestructura son de carácter precaria.

**Nula:** El usuario o comunidad de la zona de riego no conoce ni tiene presente la relación agua – bosque, desconoce el papel de los recursos forestales de bosques y selvas como entes reguladores del clima y proveedores de servicios

ecosistémicos, la existencia del recurso hídrico se da por la propia naturaleza de la región y no es necesario proteger o conservar el bosque para llevar a cabo actividades de riego agrícola o de otra índole, no se reconoce la relación e importancia de los servicios ambientales para el desarrollo de los Distritos y Unidades de Riego.

Escala de calificaciones para determinar la factibilidad:

**Muy Alta: De 4.8 - 6.0**

**Alta: De 3.6 - 4.8**

**Media: De 2.4 – 3.6**

**Baja: De 1.2 – 2.4**

**Nula: De 0.0 – 1.2**

Para implementar un MLPSA que califique con grado de Factibilidad “Media”, al menos se debe lograr el umbral numérico de 3.0 de calificación, debido a que como la suma más alta es 6 unidades, es indispensable lograr al menos una calificación equivalente al 50%, debiendo presentarse puntuación positiva en los criterios Ambiental, Económico, de Gobernanza y Técnico que son la base para la recaudación - aportación, dicha situación no aplica del todo a los criterios: Cultural y Social, debido a que éstos se involucran a la población que habitan en los sitios proveedores, pudiendo ser avecindados o jornaleros de ejidos vecinos que se emplean en los trabajos de conservación.

A manera de contrastar el procedimiento anterior, con el análisis multicriterio, se realiza la comparación de pares en el Módulo de Riego No. III San Jacinto, Lerdo, Durango, considerando la composición de los criterios de naturaleza cuantitativa y cualitativa (Montalván, Aguilera, Veitia & Brígido, 2017).

Matriz de Criterios Original de Comparación entre pares  
para la Factibilidad del PSA en el Módulo de Riego # III San Jacinto A.C.  
(Tablas 35 - 36)

**Tabla 35**

*Matriz de criterios*

	<b>Ambiental</b>	<b>Cultural</b>	<b>Económico</b>	<b>Gobernanza</b>	<b>Social</b>	<b>Técnico</b>
<b>Ambiental</b>	1	5	1	3	1	1
<b>Cultural</b>	1/5	1	1/7	1	1	1/5
<b>Económico</b>	1	7	1	3	1	1
<b>Gobernanza</b>	1/3	1	1/3	1	1	1/3
<b>Social</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Técnico</b>	1	5	1	3	1	1
	<b>4.53</b>	<b>20.00</b>	<b>4.48</b>	<b>12.00</b>	<b>6.00</b>	<b>4.53</b>

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 36**

*Matriz Normalizada*

	<b>Ambiental</b>	<b>Cultural</b>	<b>Económico</b>	<b>Gobernanza</b>	<b>Social</b>	<b>Técnico</b>	<b>Vector de Prioridades</b>
<b>Ambiental</b>	1.00	5.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.22187457
<b>Cultural</b>	0.20	1.00	0.14	1.00	1.00	0.20	0.07002503
<b>Económico</b>	1.00	7.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.23854123
<b>Gobernanza</b>	0.33	1.00	0.33	1.00	1.00	0.33	0.08692115
<b>Social</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.16076345
<b>Técnico</b>	1.00	5.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.22187457
	<b>4.53</b>	<b>20.00</b>	<b>4.48</b>	<b>12.00</b>	<b>6.00</b>	<b>4.53</b>	<b>1.00</b>

*Nota:* Elaboración propia

## Relación de Consistencia Módulo de Riego III San Jacinto

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad \text{Índice de Consistencia (IC): } \mathbf{0.0975}$$

$$IA = \frac{1.98 \cdot (n-2)}{n} \quad \text{Consistencia Aleatoria (IA): } \mathbf{1.32}$$

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad \text{Relación de Consistencia (RC): } \mathbf{0.0738}$$

Sí

RC = 0      Consistente

RC < 0.10    Inconsistencia Admisible

RC > 0.10    Inconsistencia Inadmisible (revisar juicios)

### **Propuestas Económicas de Recaudación**

El siguiente objetivo de este capítulo es la formulación de propuestas de recaudación dirigidas a los usuarios de los servicios ambientales hidrológicos, basadas en criterios de tipo económico, sirviendo de base para el establecimiento de cuotas, ya sea dentro de las Cuotas de Autosuficiencia de Riego, o de forma paralela, como Cuotas de Conservación de Cuenca (CCC) para programas de PSA, desarrollándose cinco esquemas de recaudación retomando como cultivo básico la siembra del maíz forrajero con precios al 2022 en la Comarca Lagunera.

#### **1) Centavo por Metro Cúbico de Agua Utilizada en la Parcela**



Considerar una cantidad equivalente a (\$0.01) centavo por metro cúbico de agua utilizada en promedio en la parcela, es decir, si en un ciclo agrícola se aplican 4 riegos: uno de pre siembra de la semilla y tres riegos de auxilio a lo largo del ciclo, equivaldría en metros cúbicos a una lámina promedio de riego de 25 centímetros, es decir, una cantidad de 10,000 metros cúbicos por hectárea al año, dividido entre \$0.01, arroja la cantidad de \$100 (cien pesos. 00/M.N.) por hectárea al año destinado a los servicios ambientales.

## **2) Los Servicios Ambientales como Insumo para la Producción**

El Agua como un insumo (commodity) necesario para la producción. Los costos para establecer una hectárea de maíz forrajero en promedio oscilan entre \$30,000 - \$35,000 a precios del 2022, por lo que se considera destinar el 1% del monto total de los costos a los sitios proveedores de los servicios ambientales, es decir una cantidad promedio entre \$300 - \$350 x ha/año, ayudando a contribuir a la Valoración Económica, Ambiental y Social del Agua (CONAGUA, 2004).

## **3) La Productividad del Agua por Hectárea de Riego**

Considerar la productividad del agua a partir del valor económico del producto final (\$/ton) entre la unidad de insumo consumido ( $m^3$ ), como ejemplo la productividad del agua en el maíz es del orden de \$4.5 / $m^3$ , por lo que destinando el 1% del monto total del valor de la productividad a los sitios proveedores de los servicios ambientales, el resultado es de \$ 0.04  $m^3$  que multiplicado por el volumen de 10,000  $m^3$  ha /año, nos arroja un monto de \$400 ha, contribuyendo a la Valoración Económica, Ambiental y Social del Agua.

## **4) La Rentabilidad Promedio por Hectárea de Riego**

El Agua es un elemento necesario para la producción, por lo que a partir de la rentabilidad promedio de una hectárea de maíz forrajero que oscila entre \$10,000 - \$15,000, destinar el 1% del monto total de las utilidades a los sitios proveedores de los servicios ambientales = \$ 100 - \$150 x ha/año.

## **5) Propuesta Convencional por Hectárea de Riego**

Determinar una medida convencional respecto a la programación del ciclo agrícola por parte del Módulo, determinando una base general por hectárea de riego independiente del tipo del cultivo, volumen de agua utilizada, costos de producción y rentabilidad, definiéndose una cuota equivalente de al menos la mitad de la propuesta más baja y hasta una tercera parte de la más alta, es decir, la propuesta más baja es la de Un Centavo por Metro Cúbico equivalente a \$100 y la de Productividad del Agua de \$400, lo que arroja las cantidades de \$50 hasta \$133 x ha/año.

**Tabla 37**

*Propuestas Económicas de Recaudación en Distritos de Riego*

No.	Criterio	Monto por hectárea de riego para Conservar Sitios Proveedores de Servicios Ambientales
1	<b>\$0.01 (Un centavo) x m<sup>3</sup></b> de Agua Utilizada en una hectárea de riego	\$100
2	Servicio Ambiental Hidrológico como <b>Insumo</b> para la producción (commodity)	\$300 - \$350
3	<b>Productividad</b> del Agua por hectárea al Año	\$400
4	<b>Rentabilidad</b> por hectárea al Año	\$100 - \$150
5	<b>Cuota Convencional</b> <b>Estándar</b> por hectárea de riego	\$50-\$133

*Nota:* Elaboración Propia

## **Discusión**

Establecer una guía de diagnóstico a partir de múltiples criterios de evaluación permite analizar con objetividad la posibilidad de implementar Programas de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, abriendo la puerta a grandes oportunidades para conservar bosques, selvas, sistemas riparios, entre otros, generándose con dicho análisis los conocimientos puntuales para identificar aquellas zonas del país con gran potencial para concientizar acerca de la importancia de los servicios ambientales hidrológicos y desarrollar esquemas de intervención.

El área de oportunidad que representa el sector agrícola para destinar recursos económicos para el cuidado de los recursos naturales se potencializa con estos ejercicios de análisis, debido a que el sector primario está exento del pago de derechos de agua, tal como lo establece la Ley Federal de Derechos en Materia de Aguas Nacionales, por lo que al contar los Módulos de Riego con estructuras administrativas y fiscales debidamente constituidas ante las autoridades civiles y hacendarias, se facilita el cobro de cuotas o aportaciones a través de los recibos que anualmente se expiden por el servicio por el riego, cobrado directamente por las asociaciones civiles correspondientes.

Los DR y UR no contemplan la atención de las cuencas hidrológicas proveedoras de los recursos hídricos al sistema de presas, mucho menos otros servicios como la regulación y soporte de la biodiversidad existente, centrándose en la infraestructura hidráulica, por lo que es posible que los 86 Distritos de Riego que aglutinan a más de 450 asociaciones civiles de usuarios (ANUR, 2023), establezcan dentro de sus reglamentos internos, la atención de los sitios proveedores que continuamente se encuentran amenazados por incendios forestales, ganadería extensiva, deforestación, entre otros problemas que ocasionan que los cuerpos de agua pierdan capacidad de almacenamiento al contener derivado de la pérdida de la capa vegetal, por lo que es importante el desarrollo de una guía con base a criterios y subcriterios de análisis, auxiliar en

la toma de decisiones al determinar el grado de factibilidad para la implementación de un mecanismo compensatorio.

La guía de criterios propuesta para DR coincide en parte con el ejercicio de evaluación multicriterio desarrollada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en México (IICA) en coordinación con el Registro Agrario nacional (RAN) (IICA, 2012), enfocado en el potencial de servicios ambientales en la propiedad social, en donde se identifican los núcleos agrarios con mayores posibilidades de participar en los esquemas REDD<sup>23</sup>, resaltando en este caso dos componentes generales de evaluación: el potencial y el factible, en el primero destacan los criterios del riesgo a la deforestación, la pérdida registrada por deforestación y en materia de servicios ambientales, los criterios captura de carbono, biodiversidad y servicios hidrológicos; con respecto al componente de factibilidad, los criterios son la certificación de derechos ejidales, el estatus de la superficie, presencia de reglamento interno, vigencia de los representantes y la participación en las Asambleas. Esta evaluación del IICA se enfoca en tres grandes temas: ambiental, social y técnico, a diferencia de la guía desarrollada para Distritos que incluye además de los anteriores, los aspectos de tipo cultural, económico y de gobernanza.

---

<sup>23</sup> REDD.- Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (CONAFOR, 2011)

## CONCLUSIONES GENERALES

Esta investigación suma los primeros esfuerzos en el seguimiento puntual de un PSA en la parte alta de la Cuenca del Río Nazas, a partir de comparar los resultados del estudio con las problemáticas señaladas en el diagnóstico integral de la parte alta de la Región Hidrológica 36, en los propios PMPM y otros estudios, por lo que derivado de los hallazgos de la estructura forestal: densidad de individuos  $ha^{-1}$ , altura, área basal y de copa, valor de importancia e índices de diversidad y riqueza; de las cualidades en las características físicas y químicas del sustrato arbóreo respecto al sitio impactado por el CCVUS, además del funcionamiento de las presas de piedra acomodada en las cárcavas del área de estudio, nos permite conocer y determinar el impacto positivo de las obras y acciones implementadas en los polígonos del PSA Irritila durante el periodo de tiempo establecido.

La Cuenca del Río Nazas es la más importante del Estado de Durango; conocer la estructura forestal, las propiedades físicas y químicas de los suelos y contar con referencia cuantitativa y cualitativa de las obras de retención de suelos en cárcavas, es de suma importancia para la provisión de servicios ambientales hídricos, por lo que se recomienda continuar con el monitoreo y análisis *in situ*, pudiéndose aplicar en otros ejidos del PSA Irritila y en futuros proyectos en bosques templados del país, siendo una herramienta integral para conocer con más precisión la relación Agua-Bosque-Suelo en los sitios con programas de conservación.

Respecto a la valoración económica de los servicios ambientales, para el caso de esta cuenca, al momento no hay variación respecto al tipo de usuario, los beneficiarios de la provisión hídrica de la Sierra Madre Occidental son los agricultores con derechos de agua de los 17 módulos además de los usuarios con aprovechamientos en los acuíferos de Nazas, Villa Juárez y Principal Región Lagunera, lo que da una superficie superior a las 100,000 ha de riego, siendo factible reestablecer las aportaciones al programa Irritila con mayor número de

aportantes, en virtud de que el área de conservación es de aproximadamente un millón de hectáreas de bosque de pino y encino, aunque no toda la superficie se encuentra en riesgo de deforestación, siendo áreas donde el costo de oportunidad (Co) no aplica, a reserva de precisar los datos en futuras investigaciones.

Es de resaltar que el pago de PSA ejercido compite con las utilidades derivadas de la actividad pecuaria por los coeficientes de agostadero de esa región, por lo que la actividad de conservación es competente con la ganadería, aunque habría que investigar otras actividades como la agricultura y las forestales.

Los valores económicos obtenidos por los servicios ambientales hidrológicos desde la captación hídrica del bosque y el de insumo para la producción superan el monto establecido en la cuota de autosuficiencia (Cua) equivalente a \$800 ha de riego, resultando sólo el valor económico de restauración competente con la Cua. Los resultados de las tres valoraciones resultaron superiores y difícil de competir con lo que se paga por el recurso entregado en la compuerta de la parcela del canal de riego, situación que complica una posible negociación con los usuarios y las autoridades del agua.

Aunque la valoración en general resultó superior a los costos actuales de riego, la mayoría de los entrevistados manifestó disposición a pagar por los sitios proveedores de los servicios ecosistémicos, destacando montos equivalentes y superiores a los \$100 por hectárea de riego, por lo que el potencial de recaudación del módulo III San Jacinto podría ser superior a los \$637,000 anuales, con un alcance de conservación aproximado de 1500 ha de bosque con riesgo de presión económica por cambio de uso del suelo, duplicando la cantidad con la aportación federal del programa de MLPSA, alcanzando una cifra total de 3,000 ha. La conclusión es que sí es posible implementar programas de conservación desde el módulo San Jacinto para la cuenca alta del Nazas o en todo caso, otras áreas sujetas a la degradación y dentro del módulo de riego como lo es el Área Natural Protegida del Parque Estatal Cañón de Fernández, declarado sitio RAMSAR con alta presión antropogénica.

La investigación logra obtener cinco productos importantes: el conocimiento del estado de salud de los polígonos de Irritila respecto a las obras de conservación de suelo y vegetación; la valoración económica de la fuente captadora del agua; la disposición a pagar por agricultores; el desarrollo de una metodología de criterios para el diagnóstico de Distritos de Riego, Unidades de Riego y en concreto de las asociaciones civiles de usuarios; además de una serie de propuestas económicas de recaudación como línea base para convencer a los agricultores en el significado monetario del valor ambiental y considerar el establecimiento de un componente adicional de conservación identificado como infraestructura verde en las figuras de los Distritos de Riego.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceves-Quesada, F., López-Blanco J. & Martín-del Pozo A.L. (2006). Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, Centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23(2): pp. 113-124.
- Aguirre-Calderón, O.A. (2002). Índices para la caracterización de la estructura de ecosistemas forestales. *Ciencia Forestal en México*, Vol. 27, (92), 5-28.
- Altamirano A. A., Valdez T. J.B., Valdez L. C., León B. J.I. & Betancourt L.M. (2017). Clasificación y evaluación de los distritos de riego en México con base en indicadores de desempeño. *Tecnologías y Ciencias del Agua*, Vol. VIII, núm. 4, julio -agosto de 2017, pp.79-99.
- Amaya, B. A. (1970). Plan de Rehabilitación del Distrito de Riego Num. 17 Comarca Lagunera, Coahuila y Durango. *Revista Ingeniería Hidráulica en México*, Vol. XXIV, Núm. 1, Talleres Gráficos de la Nación, México.
- Aparicio, M. F.J. (2021). Fundamentos de Hidrología de Superficie. LIMUSA, CDMX, México.
- Auditoría Superior de la Federación. (2014). Auditoría Financiera y de Cumplimiento: 14-1-16RHQ-02-0274 DE-156, CDMX 2014
- Azqueta-Oyarzun, D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. McGrawHill. Madrid, España, 157-191.
- Baltodano, J. (2006). Servicios Ambientales en Costa Rica, *Ciencias* 81 enero-marzo 2006, 36-43.
- Balvanera P. & Cotler, H. (2007). Acercamiento al estudio de los servicios ecosistémicos. *La Gaceta Ecológica* 84-95, julio – diciembre 2007, 8-15.
- Barrantes, G. (2007). Metodología para la Evaluación del Servicio Ambiental Hídrico. Instituto de Políticas para la Sostenibilidad, Costa Rica.
- Blanco, J.A. (2017). Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones.



*Ecosistemas* 26(2):1-9. Recuperado de: Doi:10.7818/ECOS.2017.26-2.01

Bravo-Espinoza M., Mendoza M.E., Medina-Orozco L., Saenz-Reyes T. (2010). Características y control de cárcavas. *Terra Latinoamericana*, Vol. 28 (2), 281-285

Bonell R. (2007). El Protocolo de Kioto y la tributación ambiental. Recuperado de: <http://Dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2267912>

Calder, I., Hofer T., Vermont S., Warren, P. (2007). *Hacia una nueva comprensión de los bosques y el agua*. *Unasylva*, Vol. 58, (229), 3-10. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a1598s/a1598s.htm>

Cámara de Diputados (2022). El Fondo Forestal Mexicano deberá abonar a la prevención, adaptación y mitigación del cambio climático, Boletín N°. 1344 15 de marzo 2022

Canedo, F. (2021, 8 de enero). Ciclo agrícola en la Laguna será de 900 Mm<sup>3</sup> en el 2021. El Siglo de Torreón.

<https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/2021/ciclo-agricola-en-la-laguna-sera-de-900-mm3-en-el-2021.html>

Canedo, F. (2022, 8 de marzo). Será el 13 de marzo el arranque del ciclo agrícola confirma la Conagua. El Siglo de Torreón.

<https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/2022/sera-el-13-de-marzo-el-arranque-del-ciclo-agricola-confirma-la-conagua.html>

Castelo, M (2003). *Diccionario Comentado de Términos Financieros Ingleses de Uso Frecuente Español*. A. Coruña: Netbiblo.

Castro, E.; Barrantes, G. (1998) Valoración económica-ecológica del recurso hídrico en la cuenca Arenal. *El Agua un flujo permanente de ingreso*, Heredia, Costa Rica,

Chaírez – Araíza C., Palerm- Viqueira (2013). Organizaciones autogestivas en los distritos de riego: el caso del módulo III San Jacinto en el Distrito de Riego 017, Durango, México. *Tecnologías y ciencias del agua*, Vol. 4, no.4 Jiutepec, sep/oct. 2013.

Chavarría, P. (16 de abril de 2018). Aumentan las donaciones para Sierra de Zapalinamé. *Vanguardia*.

Comisión del Agua del Estado de Durango (CAED) & Universidad Autónoma de Coahuila (UA de C). (2010). Estudio de percepciones de la población de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango acerca de la importancia de la Cuenca Alta del Nazas y del Recurso Hídrico de la Cuenca Hidrológica No. 36 Nazas – Aguanaval, CAED – UA de C- FCPYS 01/09. Autores.

Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C.(2017). Informe de Actividades 2017. Autor.

Comisión de Cuenca Alto Nazas A.C. (2018). Programa de Gestión de la Comisión de Cuenca Alto Nazas. Autor.

Comisión Nacional del Agua (1992). Transferencia de los Distritos de Riego a sus Usuarios. México, D.F., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Comisión Nacional del Agua (2004). Ley de Aguas Nacionales, Autor.

Comisión Nacional del Agua (2012). Guía para la Implementación del Programa de Pago por Servicios Ambientales. Gerencia de Consejos de Cuenca. Autor.

Comisión Nacional del Agua (2013). Programa Nacional Hídrico 2013-2018, Autor.

Comisión Nacional del Agua (2019). Estadísticas del Agua en México 2019. México, Autor.

Comisión Nacional del Agua (2020). Estadísticas de los Distritos de Riego 1998 a 2000. Obtenido: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-distritos-de-riego>.

Comisión Nacional del Agua (2021) Presentación del programa: Agua Saludable para la Laguna en la ciudad de Torreón, Coahuila, celebrada el 27 de marzo de 2021.

Comisión Nacional del Agua (2022). Reglas de Operación y funcionamiento del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas de la Comisión

- Nacional del Agua, México, Diario Oficial de la Federación 30 de agosto de 2022.
- Comisión Nacional del Agua & Comisión Nacional Forestal (2011). Convenio de Colaboración Interinstitucional en Materia de Servicios Ambientales que Celebran la Comisión Nacional del Agua y la Comisión Nacional Forestal, México, D.F. 2011.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2018). *Ficha de Monitoreo 2017-2018, Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional Forestal (2006). Partes que constituyen a una presa de piedra acomodada. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx>.
- Comisión Nacional Forestal (2009). Restauración de Ecosistemas Forestales. México. Autor.
- Comisión Nacional Forestal (2011). La estrategia REDD en México, Presentación institucional. Roma, Italia. 15 de marzo de 2011. <http://www.slideshare.net/ifad/conafor-presentation-on-redd-in-mexico>
- Comisión Nacional Forestal (2013). *Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales, Manual de Obras y Prácticas*. (ed. 2013). Zapopan, Jal. México: Autor.
- Comisión Nacional Forestal (2014). ACUERDO mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación, México, Diario Oficial de la Federación 31 de julio de 2014.
- Comisión Nacional Forestal (2017). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Recuperado de: [http://www.biodiversidad.gob.mx/sistema\\_monitoreo/](http://www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/)
- Comisión Nacional Forestal (2020). Lineamientos de Operación del Programa de Compensación Ambiental por Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales, México, Diario Oficial de la Federación 9 de junio de 2020.

- Comisión Nacional Forestal (2021). El Sector Forestal Mexicano en Cifras, Bosques para el Bienestar Social y Climático. México, Autor.
- Comisión Nacional Forestal (2022). Reglas de Operación de Programas de Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2022. México, Diario Oficial de la Federación 28 de diciembre de 2021.
- Cristeche E., Penna J.A. (2008). Métodos de Valoración Económica de los Servicios Ambientales. Argentina, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Cuellar-Chávez R., González-Ruíz F.M. (2017). La Presa Lázaro Cárdenas, El Palmito y su trascendencia en la Comarca Lagunera. México, Quintanilla Ediciones.
- DETENAL (Departamento de Estudios del Territorio Nacional) (1972). *Modificaciones al Sistema de Unidades FAO-UNESCO 1968*, DETENAL, México D.F.
- Engel, S., Pagiola, S., Wunder (2008). Designing Payments for Environmental Services in Theory and Practice: An Overview of the Issue, *Ecological Economics*, Vol. 65, núm. 4 pp 665
- FAO. (2003). *Descubrir el Potencial del Agua en la Agricultura*. Roma, Italia: Autor.
- FAO (2009). *Los Bosques y el Agua*, Roma, Italia, FAO, 32-50.
- FAO-UNESCO (1968). *Definitions of soil units for the soil map of the World*. *World soil resources*. Office land and water development. División FAO. Roma.
- Flores, R. I. (31 de octubre de 2018). Presentan “Propuesta conceptual para el manejo sustentable del agua” en sesión del IMPLAN. Instituto Municipal de Planeación. Recuperado de: <http://www.trcimplan.gob.mx/sala-prensa/2018-10-31-decima-sesion.html>

- FMCN, CONAFOR, USAID y USFS (2018). *Manual para Muestrear la vegetación en bosques, selvas y zonas áridas y semiáridas, BIOCOMUNI – Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios*, Comisión Nacional Forestal – Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México. 6-25.
- Fondo Metropolitano de la Laguna (2015). *Diagnóstico Integral de la Parte Alta de la Región Hidrológica 36. Fondo Metropolitano de la Laguna*. México. 10-52.
- Gonzalez-Barrios J.L., Descroix L., Jasso-Ibarra R., Estrada J., Bollery A., Solís R., Sánchez-Cohen I. (2007). Impacto de Los Sistemas Productivos en La Cuenca Alta del Río Nazas: Análisis del Problema de Degradación Física de una Cuenca Productora de Agua. *Avances de investigación en agricultura sostenible. Bases metodológicas para el manejo integral de cuencas hidrológicas*. Recuperado de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02174023>
- González-Ortega G. (2016). *Evaluación del Programa de Pago por Servicios Ambientales “Irritila” de la Comisión de Cuenca Alto Nazas*. Tesis de Maestría, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, México.
- Graciano-Ávila G., Alanís-Rodríguez E., Aguirre-Calderón O.A., González-Tagle M.A., Treviño-Garza E.J., Mora-Olivo A. (2017). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques*, Vol. 23, núm. 3:137-146.
- Graciano-Ávila G., Aguirre-Calderón O.A, Alanís-Rodríguez E., Luján-Soto, J.E.(2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, Vol. 4 (12) 535-542.
- Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G.F., Hernández-García, M.A.(2007).

- Ecología y Silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Vol. 13, (1):67-83.*
- Guillén G. J.A., Lomelí V. R.J., González C. A. (2016). Organización de usuarios en las unidades de riego en México. Jiutepec, Morelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Hartman, J, Petersen, L. (2005). *El “mercadeo de servicios ambientales”: lecciones aprendidas en el desarrollo cooperativo alemán.* Gaceta Ecológica, núm. 77, octubre -diciembre, 2005, pp. 51-66, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Distrito Federal, México.
- Hernández-Alvarado, H., (2009) Dimensión política y social de los problemas regionales del agua. In J.L. González- Barrios & I. Sánchez-Cohen (Eds.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social.* Ediciones de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, la Red Temática del Agua CONACYT y la Red de Innovación Agua y Suelos del INIFAP (pp 177-197,. Torreón, Coahuila, México.
- Hernández- Alvarado, H.G., Enríquez – Robledo, A.C. & Morales – Pérez, J.A. (2022) Hidroarsenicismo, Un acercamiento a su significado en localidades emblemáticas del norte de México. *Revista de Ciencias Sociales Transdisciplinar (UANL).* Vol. 2 Num 3 (2022),64-96.
- Hernández, A. P. (1975). ¿La Explotación colectiva en la Comarca Lagunera es un fracaso? México, D.F.: Costa-Amic, Editor.
- Hernández, A. P. (2001). *La Antigua Laguna,* Torreón, Coah. México, Impresora Dorado, 62-64.
- Hernández-Salas J., Aguirre-Calderón O.A., Alanís-Rodríguez E., Jiménez-Pérez J., Treviño-Garza E.J., González-Tagle M.A.(2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Vol. 19 (3):189-199.*

- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA-México)(2012). Potencial de servicios ambientales en la propiedad social en México, México, IICA- México.
- Instituto Nacional de Ecología (INE) (2007). Nota Metodológica: Índice de Presión Económica a la Deforestación. México, Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2015). Índice de Presión Económica (Riesgo) a la Deforestación (IRdef). Taller Clima Red sobre la economía de cambio climático, Mexico, La Paz Baja California
- Labandeira, X., León, Carmelo J., Vázquez. Ma. X. (2007). Economía Ambiental. Perarson Prentice Hall. Madrid, España, 148-159.
- Leija E.G., Valenzuela-Ceballos, S.I., Valencia-Castro, M., Jiménez-González. G., Castañeda-Gaytán, G., Reyes-Hernández, H., Mendoza, M.E. (2020). Análisis de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas. *Ecosistemas* 29(1):1826. Recuperado de: <https://doi.org/10.7818/ECOS.1826>
- López-Hernández J.A., Aguirre-Calderón O.A., Alanís-Rodríguez E., Monárrez-González J.C., González-Tagle M.A., Jiménez-Pérez J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, Vol. 23 (1):39-51.
- Louman B., Garay M., Yalle, S., Campos J.J., Locatelli B., Villalobos R., López G., Carrera F. (2005). *Efectos del pago por servicios ambientales y la certificación forestal en el desempeño ambiental y socioeconómico del manejo de bosques naturales en Costa Rica, Costa Rica*, Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales, GTZ- CATIE. 2-12.
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford, UK: Blackwell Science.
- Majone, Giandomenico. 2005. Evidencia, Argumentación, y Persuasión en la Formulación de Políticas. Fondo de Cultura Económica.

- Martínez-Alier, Jo., Roca-Jusmet, J., (2018). Economía ecológica y política ambiental. FCE. CDMX., México, pp 298-321.
- Martínez-Jiménez E.T. (2015). Valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos del suelo de conservación del Distrito Federal. Caso de estudio de la comunidad de San Miguel y Santo Tomas Ajusco. Tesis, Colegio de México.
- Mejía, B., J. M. (2009). *La ecuación universal de la pérdida de suelos, en la evaluación de obras de conservación de suelos en la región de el Salto, Pueblo Nuevo, Durango*. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de El Salto. El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo.
- Millar, C.C., Turk L.M., Foth H.D. (1982). *Fundamentos de la ciencia del suelo*. México, D.F. C.E.C.S.A.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, Washington, EUA, Island, Press, MEA.
- Miranda, G. (19 de enero de 2020). Baja participación de usuarios de la Comarca Lagunera en Programa Irritila. *El Siglo de Torreón*.
- Molina-Paredes O.R.(2017). Rentabilidad de la producción agrícola desde la perspectiva de los costos reales: municipio Pueblo Llano y Rangel del estado de Mérida, Venezuela. *Visión gerencial*, Año 16, no. 2 diciembre 2017 pp. 2717-232
- Montalván-Estrada, A., Aguilera-Corrales Y., Veitia-Rodríguez E., Brígido-Flores O. (2017). Análisis multicriterio para la gestión integrada de aguas residuales. *Ingeniería Industrial*, Vol. XXXVIII No. 1, enero-abril 2017 p. 56-67
- Mora-Ramírez, P. (1993). La Ingeniería de operación de los Distritos de Riego. Trillas, México. 124-125.
- Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Manual y tesis SEA. Editado por Cooperación Iberoamericana (CYTED), Unesco (Oreyt) y SEA. Vol. 1. Pachuca, México. 83.



- Mostacedo. B., Frederickse, T.S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: Bolfor.
- Naciones Unidas (1998). *Protocolo De Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (GE.05-61702 (S) 130605 130605)*, Kyoto.
- Naciones Unidas (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*, Santiago.
- Nadal-Sala D., Sabaté, S., Gracia, C. (2017). Importancia relativa de la profundidad del suelo para la resiliencia de los bosques de pino-carrasco (*Pinus halapensis Mill.*) frente al incremento de la aridez debido al cambio climático. *Ecosistemas* 26(2): 18-26. Recuperado de: DOI: 107818/ECOS.2017.2-2.03
- Navar, J., Lizárraga Mendiola y M.A. Jiménez Gómez (2017). Modelación de caudales en función de los macroporos del suelo en una microcuenca forestal en Durango. México. *Terra Latinoamericana* 35:89.100.
- Navar, Ch. J.J., & González E. S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México, *Polibotánica*, 27, 71-87.
- Pagiola S. (agosto 3 – 5 agosto 2011). *Pagos por Servicios Ambientales, Lecciones de México para Latinoamérica, lecciones de Latinoamérica para México*. Congreso Internacional Los Pagos por Servicios Ambientales, Mecanismos para Gobernanza de los Recursos Naturales. Gobierno del Estado de México, Ixtapan de la Sal, Estado de México.
- Palerm, J. (2009). Las juntas de agua y las unidades de riego. In Palerm J., Martínez – Saldaña T. (Eds) *Aventuras con el Agua, la administración del agua de riego: historia y teoría* (pp. 195-216). Texcoco, Estado de México, Colegio de Posgraduados.

- Palerm-Viqueira, J. (2020). Caracterización de los módulos de los distritos de riego y presencia de organizaciones locales. *región y sociedad*, 32 e 1335 <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1335>
- Paré L. Robinson D., González M.A. (2008). Gestión de cuencas y servicios ambientales, Perspectivas comunitarias y ciudadanas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología , Itaca, Raises, Sendas A.C., World Wildlife Fund. INE-SEMARNAT. México D.F.
- Pedroza-González E. & Hinojosa-Cuellar G. (2013). Manejo y distribución del agua en distritos de riego. Breve introducción didáctica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Perevochtchikova, M. (2014). *Programa de Pago por Servicios Ambientales en México, Un acercamiento para su estudio*. El Colegio de México. 17-34.
- Perevochtchikova M., (2016). Estudio de los efectos del Programa de Pago por Servicios Ambientales, México, El Colegio de México.
- Prieto, M. (30 de junio de 2022). Mediante Fábricas del Agua Centro Sinaloa IAP ha reforestado alrededor de 1 millón 500 mil árboles. *Viva la Noticia, el noticiero de la gente*. <https://vivalanoticia.mx/mediante-fabricas-del-agua-centro-sinaloa-iap-ha-reforestado-alrededor-de-1-millon-500-mil-arboles/>
- Pulido, J., Bocco, G. (Feb.2011). ¿Cómo se evalúa la degradación de tierras? Panorama global y local. *Interciencia*, Vol. 36, (2), 96-103. Recuperado en: <https://www.interciencia.net/acerca-de/la-revista/>
- Real Academia Española (RAE) (2022). Recuperado en: <https://www.rae.es/search/node?keys=filantropia>
- Riera-Micalo, P., García-Pérez D., Kristöm B., Braunnlund, R. (2005). Manual de economía ambiental y de los recursos naturales. Thomson, Madrid España.
- Rodríguez R.A., Arbelo C.D., Guerra J.A., Mora J.L. (2002). Erosión hídrica en andosoles de las islas canarias. *Edafología*, Vol. 9 (1)23-30. Recuperado

de:<https://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/partes%20volumen%209-1/pagina%2023-30.pdf>

- Rodríguez-Rodríguez, H. (2008). Recuperación y conservación de suelos mediante presas de control de azolves, en la cuenca de Burgos. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CJ068. México D. F.
- Rojas – Crotte, I.R. (2011). Elementos para el Diseño de Técnicas de Investigación, una Propuesta de Definiciones y Procedimientos en la Investigación Científica. *Tiempo de Educar*, 12, (24), 277-297 (fecha de consulta 18 de noviembre de 2022), ISSN:1665-0824. Recuperado de: <https://www-redalyc.org/articulo.oa?id=31121089006>
- Romero C. (1994). Economía de los Recursos Ambientales y Naturales, Alianza Editorial, Madrid, España.
- Rubio-Gutiérrez A.M. (2010). *La Densidad Aparente en Suelos Forestales del Parque Natural los Alcornocales*. Trabajo de fin de carrera. Universidad de Sevilla; Sevilla España.
- Saaty R.W. (1987). The Analytic Hierarchy Process – What is and How it is used. *Mat/d Modelling*, Vol. 9, No. 3-5, pp. 161-176, 1987, Printed in Great Britain. All rights reserved.
- Sánchez-Cohen I., Heilman, P., González-Cervantes G., Mendoza-Moreno S.F., Inzunza M.A., Estrada-Avalos J. (2006). Planeación multiobjetivo en los distritos de riego en México. Aplicación de un sistema de auxilio para la toma de decisiones. *Ingeniería hidráulica en México*, Vol. XXI, núm.3 pp 101-111
- Sánchez C.I., Estrada A. J., Cueto W.J. A. (2008). Toma de Decisiones en Grupo para el Manejo de los Recursos Naturales, Métodos de Análisis y Criterios de Selección. Gómez Palacio, Durango, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Folleto Científico 24 pp 5-10.

- Sánchez, K., Jiménez, F., Velázquez S., Piedra, M., Romero, E. (2004). Metodología de análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo del recurso hídrico en la cuenca del río Sarapiquí, Costa Rica, *Recursos Naturales y Ambiente*, Turrialba, Costa Rica, CATIE
- Sánchez San Román, F.J. (2017). Hidrología Superficial y Subterránea. Autoedición, Salamanca, España.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1988). Decreto por el que se modifica y adiciona el artículo primero del diverso de 12 de noviembre de 1963, publicado el 27 del mismo mes y año, por el que se determinó que no deberán de extraerse de la Presa Lázaro Cárdenas, en la Región Lagunera, volúmenes anuales que exceden de la cantidad de ochocientos millones de metros cúbicos, Diario Oficial de la Federación, 10 de marzo de 1988.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2002). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de Derechos y de la Ley Federal de Cinematografía. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2002.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2003). DECRETO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley del Impuesto al Valor Agregado, de la Ley del Impuesto Sobre la Renta, de la Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios, de la Ley del Impuesto sobre Tenencia o Uso de Vehículos, de la Ley Federal del Impuesto sobre Automóviles Nuevos y de la Ley Federal de Derechos. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2003.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2008). ACUERDO por el que se emiten las Reglas de Operación del Fondo Metropolitano. Diario Oficial de la Federación, 28 de marzo de 2008.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2018). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2019. Diario Oficial de la Federación, 28 de diciembre de 2018.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis*. México: Diario Oficial de la Federación 21 de diciembre de 2002.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003). *Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos*. México: Diario Oficial de la Federación 3 de octubre de 2003.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2004). ACUERDO que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales (PSA-CABSA). Diario Oficial de la Federación, 24 de noviembre de 2004.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2007). *Acuerdo por el que se expiden las Reglas de Operación del Programa Pro-Árbol de la Comisión Nacional Forestal*. México: Diario Oficial de la Federación 20 de febrero 2007.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2008). *Acuerdo por el que se expiden las Reglas de Operación del Programa Pro-Árbol 2009*. México: Diario Oficial de la Federación 31 de febrero 2008.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional Forestal. (2014). *Inventario Estatal Forestal y de Suelos Durango 2013*. SEMARNAT-CONAFOR. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONGUA-2015. Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la

disponibilidad media anual de las aguas nacionales. México, Diario Oficial de la Federación 27 de marzo 2015.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2018). Decreto por el que se abroga la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, publicada en el Diario Oficial de la Federación , el 25 de febrero de 2003, se expide la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; y se reforma el primer párrafo al artículo 105 y se adiciona un segundo párrafo al mismo artículo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, México, Diario Oficial de la Federación 5 de junio de 2018.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2020). *Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 Regiones Hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos*. México: Diario Oficial de la Federación 21 de septiembre de 2020.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2022). Decreto por el que se reforman el primer párrafo del artículo 139 y el penúltimo párrafo del artículo 140 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Diario Oficial de la Federación 24 de abril de 2022.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (1963). Decreto que ordena que no deberán extraerse de la Presa Lázaro Cárdenas, volúmenes anuales que excedan a la cantidad de ochocientos millones de metros cúbicos. Diario Oficial de la Federación, 27 de noviembre de 1963.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) (1969). Boletín Hidrológico Num. 35. Impresores y Litógrafos, México D.F.

Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango (2016a). Programa de Ordenamiento Ecológico de Durango. Gobierno del Estado de Durango.

- Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente (2016b). Expediente técnico 2016 Programa de Restauración de la Parte Alta de la Cuenca del Río Nazas, en el Estado de Durango, enero de 2016.
- Shannon, C.E., Weaver, W. (1948). *The mathematical theory of communication*. Champaign, IL: University of Illinois Press.
- Silva-Flores, R., Pérez-Verdín. G., Navar-Chaidez, J.J. (2010). Valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosques*, 16 (1), 2010:31-49
- Solís-Moreno, R., Treviño-Garza E.J., Aguirre-Calderón O.A., Jiménez-Pérez, J., Jurado-Ybarra, E., (2006). Análisis de la Cubierta Vegetal de la Cuenca Alta del Río Nazas en Durango, *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Vol. 12, num.2, julio-diciembre 2006, pp. 139-143
- Torres-Aguayo, R.M. (2012). Uso y apropiación de los recursos forestales en el Alto Nazas, Durango. Ciudad Universitaria: Universidad Autónoma de México, Facultad de Filosofía t letras, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- UAF (Unidad de Administración Forestal Santiago Papasquiario S.C.) (2013). *Programa de Mejores Prácticas de Manejo*, México, U.A.F. Santiago Papasquiario S.C.
- UAF (Unidad de Administración Forestal Santiago Papasquiario S.C.) (2016). *Programa de Mejores Prácticas de Manejo*, México, U.A.F. Santiago Papasquiario S.C. 4-11
- USAID (2013). Sistematización y Documentación de Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales en México. Informe Final, Recuperado en: <https://www.gestiopolis.com/sistematizacion-documentacionmecanismos-locales-pago-servicios-ambientales-mexico/>
- Valdés, L.C. (20 de septiembre de 2021). En riesgo Programa Irritila y Cuenca Alta del Nazas por falta de presupuesto, *Milenio, Laguna*.

- Vargas R. D. Y. (2018). Evaluación de Esquemas de Pagos Por Servicios Ambientales Asociados a Áreas Estratégicas del Río Magdalena, Mercantilismo de Emociones. Tesis de Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental, Universidad Distrital Francisco José de Caldás, Bogota, Colombia.
- Vázquez C. J.(2018). La producción del espacio por la política ambiental Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales: El Programa Irritila en la cuenca del río Nazas, 2010 – 2018” Tesis de Maestría en Estudios Regionales, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, Ciudad de México.
- Villanueva J., Cerano J., Luckman B., Estrada J., Stahle., Sánchez I., Therrel M., Morán R. (2006). Precipitación y Flujo Histórico en la Cuenca Nazas – Aguanaval e Impacto en la Agricultura, México, INIFAP.
- Villanueva-Díaz, J.; Estrada-Ávalos, J.; Martínez-Sifuentes, A.R.; Correa-Díaz, A.; Meko, D.M.; Castruita-Esparza, L.U.; Cerano-Paredes, J. (2022). Historic Variability of the Water Inflow to the Lazaro Cardenas Dam and Water Allocation in the Irrigation District 017, Comarca Lagunera, Mexico. *Forests* 2022, 13, 2057. [https:// doi.org/10.3390/f13122057](https://doi.org/10.3390/f13122057)
- Whittaker R.H. (1972). *Evolution and measurement of species diversity*. *Taxon* 21:213-251
- Whittingham M, A. (2005). Aportes de la teoría y la praxis para la nueva gobernanza. *Revista Reforma y Democracia*. CLAD N° 3. Venezuela.
- Wunder S. (2005). Payments for environmental services: some nuts and bolts. Jakarta. Indonesia: Center for International Forestry Research.
- Zúñiga-Vásquez J., Martínez-López J.M., Navarrete-Gallardo, E.A., Graciano-Luna J.J., Maldonado-Ayala D., Cano-Mejía B. (2018). Análisis ecológico de un área de pago por servicios ambientales hidrológicos en el ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26 (73), 27-36.



## **Páginas WEB**

Asociación Nacional de Usuarios de Riego (ANUR) (2022). Consultado 30-11-2022 en: <https://anur.org.mx/modulosderiego>

Investigación y Docencia (2023). Consultado 28-02-2023 en: <https://www.investigacion360.com/2019/09/modelo-de-innovacion-quintuple-helice.html>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Consultado 28-04-2022 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Sistema Nacional de Información del Agua SINA (2020). Consultado el 25 05 2022 en: <http://www.sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas>

## ANEXOS

### Anexo 1 Ponderación de Importancia

Ejido: \_\_\_\_\_

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

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

*Es muy importante valorar la importancia del **bosque** en términos de la **productividad de agua**, al compararla con los otros beneficios que provee...*

1.- De los siguientes servicios ambientales que los bosques de la Cuenca Alta del Nazas proveen, ¿cuál es el **primero** en importancia para los agricultores para la conservación del agua?

- a) ( ) Provisión de agua en calidad y cantidad;
- b) ( ) Captura de carbono (CO<sub>2</sub>) y contaminantes;
- c) ( ) Generación de oxígeno;
- d) ( ) Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales;
- e) ( ) Regulación climática;
- f) ( ) Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida;
- g) ( ) Protección y recuperación de suelos;
- h) ( ) Paisaje (belleza escénica)
- i) ( ) Recreación
- j) ( ) Otro:  
especifique: \_\_\_\_\_

2.- De los siguientes servicios ambientales que los bosques de la Cuenca Alta del Nazas proveen, ¿cuál es el **segundo** en importancia para los agricultores para la conservación del agua?

- a) ( ) Provisión de agua en calidad y cantidad;
- b) ( ) Captura de carbono (CO<sub>2</sub>) y contaminantes;
- c) ( ) Generación de oxígeno;
- d) ( ) Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales;
- e) ( ) Regulación climática;
- f) ( ) Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida;
- g) ( ) Protección y recuperación de suelos;
- h) ( ) Paisaje (belleza escénica)
- i) ( ) Recreación
- j) ( ) Otro:  
especifique: \_\_\_\_\_

3.- De los siguientes servicios ambientales que los bosques de la Cuenca Alta del Nazas proveen, ¿cuál es el **tercero** en importancia para los agricultores para la conservación del agua?

- a) ( ) Provisión de agua en calidad y cantidad;
- b) ( ) Captura de carbono (CO<sub>2</sub>) y contaminantes;
- c) ( ) Generación de oxígeno;
- d) ( ) Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales;
- e) ( ) Regulación climática;
- f) ( ) Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida;
- g) ( ) Protección y recuperación de suelos;
- h) ( ) Paisaje (belleza escénica)
- i) ( ) Recreación
- j) ( ) Otro:

especifique: \_\_\_\_\_

## **Anexo 2 Cuestionario Disposición a Pagar (DAP)**

**Estado**

**Municipio**

**Ejido**

**Módulo**

**Superficie de riego en hectáreas**

**Edad**

1. Menos de 20 años
2. 21 a 30
3. 31 a 40
4. 41 a 50
5. 51 a 60
6. 61 a 70
7. 71 a 80
8. Más de 80

**¿Conoce usted la parte alta de la cuenca del río Nazas?**

1. Sí
2. No

**¿Conoce el municipio de Santiago Papatzi, Durango?**

1. Sí
2. No

**¿Conoce el municipio de Tepic, Durango?**

1. Sí
2. No

**¿Conoce la sierra de Durango?**

1. Sí
2. No

**¿Conoce físicamente la presa Lázaro Cárdenas?**

1. Si
2. No

**¿Sabe usted de dónde proviene el agua que se almacena en la presa Lázaro Cárdenas?**

1. SI
2. No

**Califique por orden de importancia los insumos de su actividad agrícola**

- Agroquímicos
- Agua
- Diesel
- Fertilizantes
- Semilla

**En su ejido ¿Cuánto paga por hectárea al año por su derecho de agua?**

1. Menos de \$500
2. Entre \$500 y \$1000
3. Entre \$1000 y \$1500
4. Más de \$1500

**¿Cuál es el volumen de agua de riego que utiliza por hectárea en un ciclo agrícola?**

1. Menos de 8000 m<sup>3</sup>
2. Entre 8000 y 10,000 m<sup>3</sup>
3. Entre 10,000 y 12,000 m<sup>3</sup>
4. Entre 12,000 y 14,000 m<sup>3</sup>
5. Más de 14,000 m<sup>3</sup>
6. No sabe

**¿Cuál es la lámina de riego que utiliza por hectárea en un ciclo agrícola?**

1. Menos de 100 cm
2. Entre 100 y 120 cm
3. Entre 120 y 140 cm
4. Más de 140 cm
5. No sabe

**Como habitante y productor agrícola en el semidesierto lagunero ¿qué importancia considera que tienen los bosques de Durango para la comarca lagunera?**

1. Muy alta
2. Alta
3. Regular
4. Poca
5. Muy poca

**¿Sabe algo sobre del Programa de Pago por Servicios Ambientales IRRITILA?**

1. Sí
2. No

**¿Qué propósito tiene el programa Irritila?**

1. Ayudar económicamente a los habitantes de la Sierra
2. Conservar la cuenca alta del río Nazas
3. Reforestar la sierra
4. Detener la tala clandestina
5. Pagar a los ejidatarios y comuneros que no pueden usar el agua del río Nazas

**¿A quién beneficia principalmente el Programa Irritila?**

1. A todos los habitantes de la cuenca del Río Nazas
2. A los habitantes de La Laguna
3. A los habitantes de la Sierra de Durango
4. A los habitantes de la cuenca media del Río Nazas

**¿Cuál es impacto más importante del Programa Irritila?**

1. La recarga del acuífero
2. El almacenamiento del agua en la presa
3. El aumento del volumen de agua para la agricultura
4. El ingreso económico de los participantes
5. Conservar los suelos y bosques

**¿Estaría dispuesto a contribuir económicamente para conservar los recursos naturales de la parte alta de la cuenca del río Nazas?**

1. Sí
2. No

**Si la respuesta es sí ¿cuál es la cantidad máxima al año que estaría dispuesto a contribuir por hectárea de riego?**

1. Más de \$200
2. Entre \$100 y \$200
3. Entre \$50 y \$100
4. Entre \$20 y \$50
5. menos de \$20

**Si la respuesta es sí ¿cuál es la cantidad mínima al año que estaría dispuesto a contribuir por hectárea de riego?**

1. Menos de \$20
2. Entre \$10 y \$20
3. Entre \$5 y \$10
4. Menos de \$5

**Si la respuesta es sí, ¿cómo estaría dispuesto a contribuir?**

1. A través del Programa Irritila
2. A través de otro medio

**¿Qué tan importante considera que los agricultores contribuyan a conservar la cuenca alta del Nazas?**

1. Mucho
2. Poco
3. Nada



**¿Cuál considera la mejor forma de lograr la aportación de los agricultores para conservar la parte alta de la cuenca del Nazas?**

1. Una cuota voluntaria
2. Una cantidad determinada por cada metro cúbico de agua utilizada
3. Un impuesto por hectárea cultivada en todo el Distrito de Riego
4. Un porcentaje de los costos de los insumos de producción por ciclo agrícola

**Ordene del 1 al 6 , donde 1 es el más importante y 6 es el menos importante las dependencias para conservar los recursos naturales de la cuenca alta del Nazas.**

- CONAGUA
- CONAFOR
- GOBIERNO DE DURANGO
- SADER
- SEDENA
- SEMARNAT