



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

**“Valor económico del agua
en la incertidumbre y el desarrollo en la región
centro de la cuenca del río Tacámbaro.”**

Tesis

Que para para obtener el grado de
Doctor en Ciencias del Desarrollo Regional
presenta:

Jorge Leonardo Bárcenas Cornejo.

Director de Tesis: Dr. Rubén Chávez Rivera.

Co-director de Tesis: Dr. José Manuel Brotons Martínez.

Morelia, Michoacán, diciembre de 2023.

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL
CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Morelia, Mich., el día 01 de noviembre de 2023, el que suscribe **JORGE LEONARDO BÁRCENAS CORNEJO**, alumno del programa de Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional adscrito al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, manifiesta ser el autor intelectual del presente trabajo de tesis, desarrollado bajo la dirección del Dr. Rubén Chávez Rivera y la Co-Dirección del Dr. José Manuel Brotons Martínez, y cede los derechos del trabajo titulado **VALOR ECONÓMICO DEL AGUA EN LA INCERTIDUMBRE Y EL DESARROLLO EN LA REGIÓN CENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO DE TACÁMBARO** a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su difusión con fines estrictamente académicos.

No está permitida la reproducción total o parcial de este trabajo de tesis ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin la autorización escrita del autor y/o director del mismo. Cualquier uso académico que se haga de este trabajo, deberá realizarse conforme a las prácticas legales establecidas para este fin.



JORGE LEONARDO BÁRCENAS CORNEJO

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL

CARTA DE ORIGINALIDAD

A QUIEN CORRESPONDA. –

Por este medio se hace constar que el trabajo de tesis titulado **“VALOR ECONÓMICO DEL AGUA EN LA INCERTIDUMBRE Y EL DESARROLLO EN LA REGIÓN CENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO DE TACÁMBARO”**, realizado por el alumno **JORGE LEONARDO BÁRCENAS CORNEJO** con matrícula 0315495E del Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional, dirigido por el Dr. Rubén Chávez Rivera y codirigido por el Dr. José Manuel Brotons Martínez, fue analizado a través de la herramienta de detección de plagio Plagium.

Con base en el reporte de las similitudes encontradas por dicha herramienta informática, **se considera que el trabajo de tesis no constituye un plagio** con respecto a obras de terceros.

Los resultados del análisis se encuentran bajo resguardo de la coordinación del Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional y de la Secretaría Académica del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

ATENTAMENTE. –

Morelia, Mich., a 01 de noviembre de 2023.



Dr. Rubén Chávez Rivera
Director de Tesis



M.C. Jorge Leonardo Bárcenas Cornejo
Alumno



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL

Dra. América Ivonne Zamora Torres.
Presidenta del H. Consejo Técnico.
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales.
P R E S E N T E.

Por medio de la presente le enviamos un cordial saludo y nos permitimos hacer de su conocimiento que una vez revisada la Tesis Doctoral titulada "VALOR ECONÓMICO DEL AGUA EN LA INCERTIDUMBRE Y EL DESARROLLO EN LA REGIÓN CENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO DE TACÁMBARO" del alumno M.C. JORGE LEONARDO BÁRCENAS CORNEJO del Programa de Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, hemos encontrado que satisface plenamente los requerimientos hechos por el Jurado Sinodal, por lo que otorgamos nuestra autorización para que se lleve a cabo la impresión de la versión definitiva de la citada tesis y se continúe con el proceso de obtención del grado respectivo.

Sin otro asunto que tratar por el momento, quedamos a sus órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

ATENTAMENTE.

Morelia, Mich., a 01 de noviembre de 2023

Jurado Sinodal

Dr. Rubén Chávez Rivera
Director de Tesis

Dr. José Manuel Brotons Martínez
Co-Director

Dr. Carlos Francisco Ortiz Paniagua
Segundo Vocal

Primer Vocal
Dr. Joel Bonales Valencia

Dra. María Teresa Cortes Zavala
Tercer Vocal

A Jesucristo Redentor

Por permitirme ser, fallar y recomenzar en este grandioso
parpadeo llamado vida

A Rafaela, Elisa y Sara

Por su amor, paciencia, motivaciones y alegrías

A mis Padres y Hermanos

Por siempre ser soporte fundamental en mi existencia

Agradecimientos

La gratitud, sin lugar a dudas, constituye una de las cualidades más preciadas del ser humano. Porque a partir de agradecer el individuo reconoce su vida en sociedad y otorga el crédito de sus obras a quien corresponde.

En primer momento agradecer a Dios, por permitirme tener maestros y maestras de vida; con los cuales me ha tocado coincidir y aprender en este hermoso tramo de existencia. Seres humanos excepcionales que siempre han estado, están y estarán presentes en mi caminar. Unos desde hace mucho y otros desde hace poco, pero siempre contribuyendo en la construcción de un mejor ser humano y una mejor sociedad.

Por ser el presente, el resultado de un esfuerzo que de modo personal representa la cumbre en la consecución de grados académicos, el agradecimiento se ceñirá a ese ámbito. Por tal motivo, agradezco de un modo muy especial a mi Director y Co-Director de tesis: Dr. Rubén Chávez Rivera y Dr. José Manuel Brotons Martínez; quienes, en su acompañamiento humano, metodológico y mediante su expertís en el manejo de la lógica borrosa contribuyeron de manera determinante a la construcción de esta tesis doctoral.

Así mismo, agradezco de una manera muy especial al conjunto del jurado sinodal que acompañó este proceso de construcción de tesis. Dr. Joel Bonales Valencia, Dr. Carlos Francisco Ortiz Paniagua y Dra. María Teresa Cortés Zavala; quienes, con su rigor académico y atinados comentarios al mejoramiento de la forma y fondo de la tesis, favorecieron la construcción de un documento de calidad.

Un elemento fundamental en la construcción de esta tesis fue el debate y los posicionamientos críticos que se construyeron en el aula de clases. Compañeros que gozamos de la convivencia previo al confinamiento y modalidad de la pandemia. Montse, Cindy, Katia y Manuel gracias por haber hecho posible el programa de doctorado.

Finalmente, agradecer al andamiaje institucional, físico y espacial que posibilitó la construcción de esta tesis. Primeramente, a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; instituciones que dieron las facilidades humanas y materiales para la realización del programa doctoral. Así mismo agradezco a la Facultad de Economía “Vaso de Quiroga” por permitirme desempeñar la docencia mientras estudiaba; la ciudad de Tracy California y la Secretaría del Migrante del Gobierno del Estado de Michoacán, espacios testigo de la construcción de los últimos elementos de esta investigación.

La realización de esta tesis está infiltrada de gratitud. No obstante, los errores y desavenencias, que seguramente son muchas, son propias.

ÍNDICE

PÁGINA

RELACIÓN DE CUADROS, MAPAS Y FIGURAS

RELACIÓN DE ABREVIATURAS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

1

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la problemática

4

1.2 Planteamiento del problema

6

1.3 Preguntas de investigación

7

1.4 Objetivos de investigación

8

1.5 Hipótesis de investigación

9

1.6 Identificación de variables

10

1.7 Justificación

11

1.8 Tipo y alcance de investigación

12

CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO GENERAL Y SOCIOECONÓMICO DEL MUNICIPIO DE TACÁMBARO MICHOACÁN

2.1 Aspectos históricos de Tacámbaro

15

2.1.1 Elementos de la historia política del municipio

15

2.1.2 Elementos de la historia agrícola y social del municipio

17

2.2 Aspectos poblacionales de Tacámbaro	21
2.2.1 La PEA y la PNEA en Tacámbaro	25
2.2.2 La Población a nivel regional	26
2.2.3 La PEA a nivel regional	28
2.3 La actividad agrícola en el municipio	29
2.3.1 La actividad agrícola a nivel regional	31
2.4 Las cuencas y el ciclo hidrológico	32
2.4.1 El caudal	37
2.4.2 La contaminación del agua y los ríos	38
2.4.3 La administración del agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro	40

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 La perspectiva teórica del desarrollo	43
3.1.1 El desarrollo regional	48
3.2 El enfoque teórico de la región	53
3.2.1 Regionalización	54
3.2.2 La regionalización del centro de la cuenca del río Tacámbaro	55
3.3 La economía ambiental	57
3.3.1 Las externalidades	58
3.3.2 Los bienes públicos	60
3.4 La teoría de los números borrosos	61
3.4.1 Valuación	61
3.4.1.1 Aritmética de las valuaciones	63
3.4.1.2. Propiedades	65
3.4.2 Intervalo de confianza	65
3.4.2.1. Operaciones con intervalos de confianza	65
3.4.3 Subconjuntos borrosos	66

3.4.3.1. Operaciones con subconjuntos borrosos: intersección, unión y complementación	68
3.4.4 Números borrosos	68
3.4.4.1. Operaciones con números borrosos	70
3.4.4.2. Números borrosos triangulares	73
3.4.5 Expertones	75
3.4.6. Variables lingüísticas	77
3.4.7. Medias Ponderadas Ordenadas (OWA)	78
3.5 El desarrollo regional y las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro	80

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

4.1 La valoración económica del agua ante la presencia de externalidades y un ambiente de incertidumbre	82
4.1.1 El método de valoración contingente	84
4.1.2 La Disposición a Pagar en la incertidumbre	86

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Presentación descriptiva de los resultados	90
5.2 Valoración económica del agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro	94
5.2.1 Análisis de la función de oferta de agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro	94
5.2.2 Análisis de la función de demanda de agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro	95
5.2.2.1 Función de demanda de agua	98
5.2.2.2 Función de demanda agregada	100
5.2.2.3 Función de demanda por género	102
5.2.2.4 Función de demanda por conocimiento de la problemática	104
5.2.2.5 Función de demanda según la opinión de que sea el gobierno o la sociedad quien resuelva la problemática	105
5.2.2.6 Función de demanda según los cuidados a realizar	106

5.2.2.7 Función de demanda por tipo de cultivo	108
5.2.2.8 Función de demanda por hectáreas de regadío	109
5.3 Análisis social y económico de las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro	111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTOS CONSULTADOS	117
ANEXOS	
Anexo 1: Matriz de congruencia metodológica	128
Anexo 2: Superficie sembrada y valor de los principales productos agrícolas en la región Tierra Caliente	130
Anexo 3: Cuestionario (Prueba piloto)	137
Anexo 4: Cuestionario valoración contingente en la incertidumbre	141
Anexo 5: Oficios de solicitud de información	145
Anexo 6: Infografía	147
RELACIÓN DE CUADROS, MAPAS Y FIGURAS	
CUADROS	
Cuadro 1: Presidentes municipales del municipio de Tacámbaro de 1940 a la actualidad	15
Cuadro 2: Población total en Tacámbaro, 1980-2020	22
Cuadro 3: Población de la región Tierra Caliente. 1980-2020 (1)	27
Cuadro 4: Población de la región Tierra Caliente. 1980-2020 (2)	27
Cuadro 5: Principales cultivos por Superficie Sembrada en Tacámbaro, 2020	30

Cuadro 6: Valor de la producción de los Principales cultivos en Tacámbaro, 2020	30
Cuadro 7: Porcentaje de los principales cultivos por Superficie sembrada en la región Tierra Caliente, 2020	31
Cuadro 8: Porcentaje de cultivos con mayor valor de la producción en la región Tierra Caliente, 2020	39
Cuadro 9: Principales rasgos en la perspectiva teórica del desarrollo de la segunda mitad del Siglo XVIII a la primera y segunda mitad del Siglo XIX	46
Cuadro 10: Principales rasgos en la perspectiva teórica del desarrollo de la primera mitad del Siglo XX a la segunda mitad del Siglo XX en adelante	47
Cuadro 11: Principales nociones del desarrollo regional a partir de las fuerzas de convergencia y divergencia en las Teorías neoclásica y de la base de exportación	51
Cuadro 12: Principales nociones del desarrollo regional a partir de las fuerzas de convergencia y divergencia de las Teorías de los polos de desarrollo, la causación circular y acumulativa y la nueva geografía económica	52
Cuadro 13: Ponderación de las variables según peso otorgado por cada experto	96
Cuadro 14: Función Probabilistic OWA	96
Cuadro 15: Disposición a pagar por el suministro del agua	99
Cuadro 16: Disposición a Pagar (DP) por el suministro de agua	113

MAPAS

Mapa 1: Colindancias del municipio de Tacámbaro, Michoacán	4
Mapa 2: Regiones hidrológico-administrativas de la CONAGUA	33

FIGURAS

Figura 1: Nivel de escolaridad de la población en Tacámbaro, 2020	23
Figura 2: Tipo de afiliación a servicios de salud de la población en Tacámbaro, 2020	24
Figura 3: Disponibilidad de TIC de la población en Tacámbaro, 2020	24
Figura 4: Distribución por sexo de la PEA en Tacámbaro, 2020	25
Figura 5: Distribución de la PNEA en Tacámbaro, 2020	26
Figura 6: Porcentaje de la PEA en la región Tierra Caliente, 2020	29
Figura 7: Regionalización del Centro de la cuenca del río Tacámbaro según objeto de análisis	56
Figura 8: Porcentaje de encuestados según sexo	90
Figura 9: Porcentaje del nivel de estudios de los encuestados	91
Figura 10: Conocimiento de la problemática del agua en el río Tacámbaro	91
Figura 11: Porcentaje de cultivo sembrado	92
Figura 12: Hectáreas en posesión para el riego	93
Figura 13: Función de demanda agregada	101
Figura 14: Función de demanda por género masculino	103

Figura 15: Función de demanda por género femenino	103
Figura 16: Expertos con conocimiento de la problemática	104
Figura 17: Expertos sin conocimiento de la problemática	105
Figura 18: Expertos que opinan que el gobierno debe resolver la problemática	106
Figura 19: Expertos que opinan que la sociedad debe resolver la problemática	107
Figura 20: Expertos que consideran que los cuidados son suficientes	108
Figura 21: Expertos que consideran que los cuidados no son suficientes	108
Figura 22: Expertos productores de aguacate	109
Figura 23: Expertos productores de berries	110
Figura 24: Expertos con menor posesión de cultivo	111
Figura 25: Expertos con mayor posesión de cultivo	111

RELACIÓN DE ABREVIATURAS

AOWA	Promedios Ponderados Ordenados Ascendentes
AURT	Asociación de Usuarios del Río de Tacámbaro
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
COVID	Coronavirus
HACTM	Honorable Ayuntamiento Constitucional de Tacámbaro Michoacán
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INSABI	Instituto de Salud para el Bienestar
ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado
OWA	Promedios Ponderados Ordenados
PEA	Población Económicamente Activa
PNEA	Población No Económicamente Activa
RH	Región Hidrológica
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEPLADE	Secretaría de Planeación y Desarrollo Económico
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UR	Unidad de Riego

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Caudal: Cantidad o volumen de agua que transporta un río que se expresa en metros cúbicos por segundo. Se refiere de manera general al agua que fluye por el cauce de una corriente o un río.

Cuenca: Área delimitada por un parteaguas, por donde transita el agua hacia una corriente principal.

Desarrollo local: Proceso complejo producto de una construcción colectiva a nivel local, que tiene como objetivo movilizar los recursos del territorio en torno de un proyecto común.

Desarrollo regional: Proceso localizado de cambio social sostenido que tiene como finalidad última el progreso permanente de la Región, el territorio, la localidad, la comunidad y de cada individuo residente en ella.

Desarrollo territorial: Proceso de construcción social del entorno, impulsado por la interacción entre las características geofísicas, las iniciativas individuales y colectivas de distintos actores y la operación de las fuerzas económicas, tecnológicas, sociopolíticas, culturales y ambientales en el territorio.

Desarrollo: Sinónimo de evolución que se refiere al proceso de cambio y crecimiento relacionado con una situación, individuo u objeto determinado.

Disposición a pagar: Cantidad máxima que pagaría un consumidor por adquirir un determinado bien, o un usuario para disponer de un determinado servicio.

Economía ambiental: Campo de estudio de la economía que reconoce el valor del medio ambiente y la actividad económica y toma decisiones basadas en esos valores.

Excedente del consumidor: Beneficio monetario que los consumidores obtienen al adquirir un bien o servicio a un precio inferior al que en un principio estarían dispuestos a pagar.

Externalidades: Situación en la que los costes o beneficios de producción o consumo de algún bien o servicio no se reflejan en su precio de mercado. Es decir, aquellas actividades que afectan a otros sin que estos paguen por ellas o sean compensados.

Gestión: Acción y consecuencia de administrar algo; llevando a cabo las diligencias para la mejor administración de ese algo.

Lógica difusa: Enfoque matemático basado en grados de verdad o pertenencia en contraposición a la lógica booleana tradicional que supone las situaciones de forma binaria de “verdadero o falso” (1 o 0).

Región: Porción del territorio determinada por ciertas características comunes o circunstancias especiales, como puede ser el clima, la topografía o la forma de gobierno

Regionalización: División de una unidad espacial en varias unidades espaciales con el mismo tipo de relevancia, las cuales pueden agruparse en una o varias categorías.

RESUMEN

Ante una problemática creciente por los problemas ambientales en el estado de Michoacán y el uso irracional del agua, considerando el valor económico del agua en la incertidumbre y el impacto en el desarrollo de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro, esta investigación tiene por objetivo estimar mediante la opinión de expertos la Disposición a Pagar de los usuarios de la región centro del río Tacámbaro para la realización de acciones que permitan incrementar el caudal del río y evitar su contaminación. A través de las cuatro funciones de agregación y sus respectivas ponderaciones, se concluye que la cuota de \$1,500 pesos por hectárea que se pagan de forma anual por el uso del agua es una cantidad que aceptan los usuarios. No obstante, también se obtienen resultados que particularizan la Disposición a Pagar según el género, el conocimiento de la problemática y el tipo de productor; datos fundamentales para la gestión y la elaboración de políticas públicas en beneficio de la cuenca.

Palabras clave: lógica difusa, incertidumbre, disposición a pagar, desarrollo regional

ABSTRACT

Faced with a growing problem due to environmental problems in the state of Michoacán and the irrational use of water, "Economic value of water in uncertainty and development in the central region of the Tacámbaro river basin" constitutes a research that has the objective to estimate through fuzzy logic the Willingness to Pay of the users of the central region of the Tacámbaro River to carry out actions that allow increasing the flow of the river and avoiding its contamination. As well as specifying the socioeconomic value of externalities and the impacts that are generated in the regional development of the municipality due to the decrease of water in the basin. Information of great importance for the establishment of management actions for the Tacámbaro river basin in particular and for another body of water in general.

Keywords: fuzzy logic, uncertainty, willingness to pay, regional development

INTRODUCCIÓN

Ante una problemática creciente por los problemas ambientales en el estado de Michoacán y el uso irracional del agua, “Valor económico del agua en la incertidumbre y el desarrollo en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro” constituye una investigación doctoral que tiene por objetivo estimar mediante lógica difusa la Disposición a Pagar de los usuarios de la región centro del río Tacámbaro para la realización de acciones que permitan incrementar el caudal del río y evitar su contaminación. Al igual que precisar el valor socioeconómico de las externalidades y los impactos que se generan en el desarrollo regional del municipio por la disminución del agua en la cuenca. Información de suma importancia para el establecimiento de acciones en materia de gestión para la cuenca del río Tacámbaro en particular y para otro cuerpo de agua en general.

Para tal efecto el presente documento se estructura en seis capítulos relativos a los fundamentos de la investigación, el diagnóstico general y socioeconómico del municipio de Tacámbaro, el marco teórico, el marco metodológico, el análisis de los resultados, las conclusiones y la generación de nuevas líneas de investigación.

En los fundamentos de investigación se describe la problemática de la cuenca del río Tacámbaro; se plantean las preguntas, objetivos e hipótesis de investigación. Así mismo se puntualizan las variables dependientes e independientes que guiaran el curso del estudio. Por otro lado, se justifica la importancia de esta tesis desde el punto de vista metodológico y social; con lo cual se establece el tipo y alcance de la investigación.

El segundo capítulo que realiza el diagnóstico general y socioeconómico del municipio de Tacámbaro, ofrece una mirada de los elementos históricos, poblacionales y agrícolas del municipio. Al igual que se desarrolla un subapartado que analiza a las cuencas y el ciclo hidrológico; así como la administración del agua por parte de la Asociación de Usuarios del río Tacámbaro.

El marco teórico de la investigación se estructura en cinco subcapítulos. Tratando, primeramente, la perspectiva del desarrollo; posteriormente el enfoque teórico de la región; la economía ambiental; la teoría de los números borrosos, el desarrollo regional y las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro.

El marco metodológico puntualiza los pasos para llevar a cabo un ejercicio de valoración contingente y de lógica difusa que determine la Disposición a Pagar por la realización de acciones que mejoren el caudal de la cuenca del río Tacámbaro y el valor socioeconómico de las externalidades. Finalmente se presentarán los resultados de este trabajo doctoral; posibilitando la generación de recomendaciones que permitan contar con elementos científicos de primera mano para el establecimiento de acciones de gestión en beneficio de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

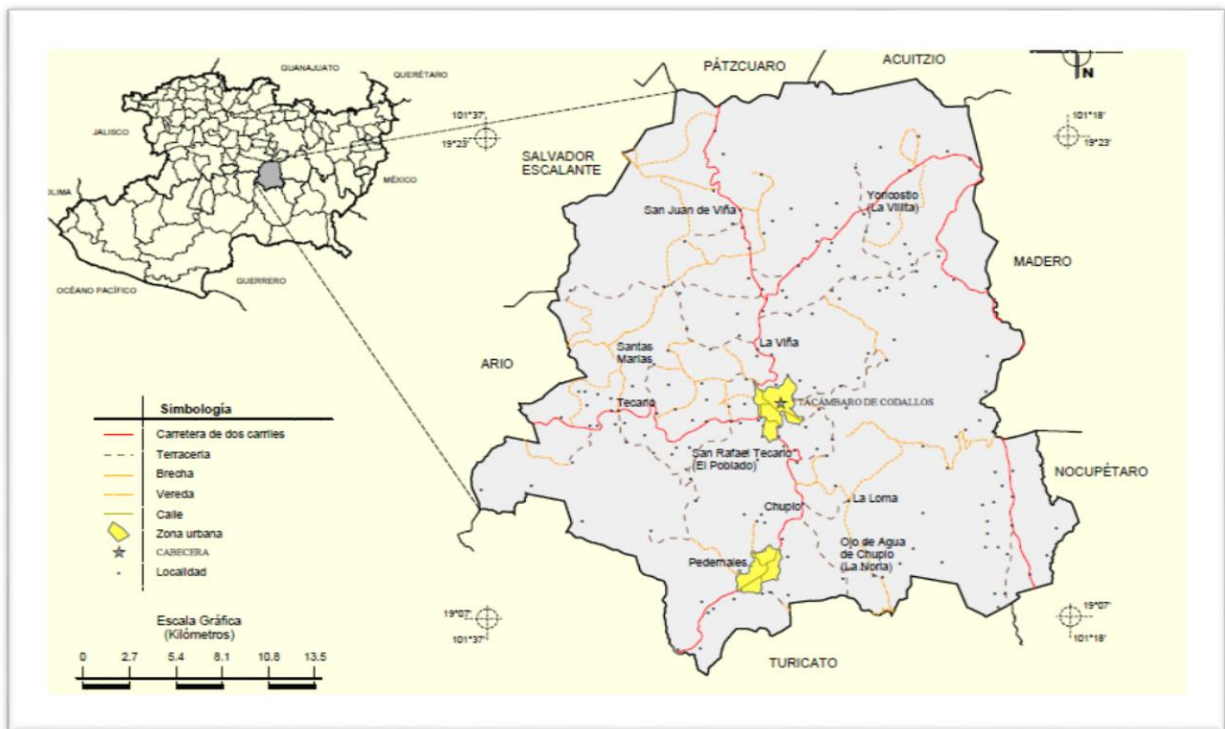
El primer capítulo del presente documento establece los fundamentos de la investigación; a partir de los cuales se precisa el carácter científico del estudio. Se comienza describiendo la problemática observada en la cuenca del río Tacámbaro y se formulan las preguntas, objetivos e hipótesis de investigación. Cuestionamientos, metas y conjeturas que ponen de relieve la importancia de la temática a tratar.

De igual modo se señalan las variables dependientes e independientes que darán curso a la investigación; siendo las mismas esenciales para estudiar la problemática ambiental y construir el mercado hipotético respecto a la disposición a pagar en un ambiente de incertidumbre. Finalmente se justifica la importancia del estudio y dado que se busca entender la problemática en cuestión y asociar fenómenos, se resalta su carácter correlacional y explicativo.

1.1 Descripción de la problemática

El municipio de Tacámbaro, Michoacán ocupa el 1.34% de la superficie del Estado y sus colindancias, como se observa en el Mapa 1, precisan al norte a los municipios de Salvador Escalante, Pátzcuaro, Acuitzio y Madero; al este con los municipios de Madero y Nocupétaro; al sur con los municipios de Nocupétaro y Turicato, y al oeste con los municipios de Turicato, Ario y Salvador Escalante.

Mapa 1: Colindancias del municipio de Tacámbaro, Michoacán.



Fuente: INEGI, 2009.

El uso del suelo en el municipio corresponde con 42.37% a la agricultura, 37.54% al bosque, al pastizal un 9.84%, la selva un 8.95% y la zona urbana un 1.28%; en tanto que con un 99.96% de sus recursos hídricos el municipio de Tacámbaro, Michoacán es parte de la región hidrológica del Balsas. (INEGI, 2009).

El propio INEGI (2009) señala que a nivel cuenca la provisión del agua en el municipio se da con un 98.93% por el río Tacámbaro, con un 1.03% por el río Tepalcatepec y con un 0.04% por el Lago de Pátzcuaro.

Las corrientes perennes, o aquellas que tienen flujo durante todo el año, son: De Apo, Del Agua, La Barra, Agua del Toro, Agua Tibia, Caramécuaro, Corumio, Acatén, El Campamento, El Pedregoso, El Salto, Frío, La Avispa, Magueyes, Pedernales, Piedra Amarilla, Puente de Ánimas, Puente Oscuro, Puruarán, San Juan, San Rafael, Tinipicuchi, Turicato, Turirán y Yoricostío.

Por su parte las corrientes intermitentes, o aquellas que tienen agua solo durante una parte del año, se constituyen por: Agua Chiquita, Agua Los Cerezos, Aramutaro, Barilis, Cantarranas, Caritzio, El Embocadero, El Limoncito, El Pedregoso, El Salitrillo, El Tigre, Frío, La Cárcel, La Tinaja, La Vinata, Las Calabazas, Las Canoas, Las Jaras, Las Palmas, Las Tinajas, Lorencillo, Los Cajones, Los Sauces, Puentes Cuates, San Agustín, San Juan de Viña y San Miguel.

La problemática en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro puede resumirse en la disminución del caudal del agua, su contaminación y su mala administración. Aspectos que derivan en otra serie de dificultades que ponen en entredicho el desempeño agrícola del municipio, la salud poblacional y la sustentabilidad del desarrollo de la región.

La disminución del caudal del agua de la cuenca se manifiesta principalmente por la reducción de escurrimientos que alimentan a las presas y manantiales del municipio. Situación generada, principalmente, por la deforestación, los incendios, el cambio ilegal de uso del suelo y la realización ilegal de pozos profundos. Aspecto que se fundamenta al revisar la disponibilidad media anual de agua¹ en el acuífero Tacámbaro-Turicato y observar que del 2015 al 2020 existió una disminución de 4, 664, 332 m³ de agua (CONAGUA, 2015 y CONAGUA, 2020).

¹ La disponibilidad media anual de agua equivale a un concepto técnico que maneja la CONAGUA y que es resultante de sumar la recarga total media anual, la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

La contaminación del agua en la cuenca se da por verter en forma directa aguas negras a los cuerpos de agua; al igual que agroquímicos y residuos urbanos. Situación que impacta negativamente en la calidad del agua y la generación de enfermedades de tipo gastrointestinales en los pobladores (HACTM, 2019 y HACTM, 2015).

Por su parte, la mala administración del agua se entiende por las dificultades que las Asociaciones de Usuarios del agua de la cuenca presentan. Es decir, la organización de la administración del agua de riego por tenencia da cuenta de ciertas diferencias que encuentran un eco común en el subregistro agrícola, el robo del agua, la negativa al pago de cuotas, fricciones con los canaleros o encargados del suministro del agua y la necesidad de contar con mejor infraestructura para la administración del agua.

En otras palabras y en general, los usuarios del agua de la cuenca manifiestan menores cantidades de tierra para riego respecto a lo que usan, se utilizan bombas para la extracción de agua del canal, no existe consciencia respecto al pago de cuotas para la administración del agua, no se respetan calendarios de riego y se cuenta con una infraestructura desgastada en los canales que hace se pierda mucho líquido por infiltración.

Aspectos problemáticos que suponen una serie de riesgos ambientales y socioeconómicos para el desarrollo de las localidades de la región centro de la cuenca y el municipio en general. Ya que actualmente se observa en el municipio una tendencia al cultivo de frutales, como el aguacate y la zarzamora (López, 2021), con altos requerimientos del recurso hídrico y un panorama de reducción del agua en la cuenca.

1.2 Planteamiento del problema

Ante la problemática descrita se demuestra que el uso irracional de uno de los principales activos del municipio, que es el agua, deriva en problemas ambientales, sociales y económicos

con impactos negativos en el desarrollo de la cuenca. Donde a pesar de ser el agua un bien ambiental de primer orden, no se reconoce por el mercado.

En ese sentido, la literatura económica convencional reconoce a las problemáticas derivadas de bienes para los cuales no hay mercado como externalidades (Labandeira, et. al., 2017). Pudiendo ser estas últimas negativas o positivas y denotando la ausencia del costo derivado por la producción o consumo del bien en cuestión. En tanto que la teoría de números borrosos permite clarificar valores en ambientes de incertidumbre; donde las dificultades en la obtención de información se subsanan a partir del reconocimiento de espectros pocos comunes.

Por lo cual la presente investigación con base en la lógica difusa, toma la preocupación de asignar un valor económico a las externalidades negativas derivadas del uso irracional del agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro y estudiar su impacto en el desarrollo regional del municipio, a través de las siguientes preguntas, objetivos e hipótesis de investigación.

1.3 Preguntas de investigación

Pregunta central de investigación

1. ¿Cuál es el valor socioeconómico de las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro y su impacto en el desarrollo regional?

Preguntas específicas de investigación

1. ¿Cuál es la Disposición a Pagar de los productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro para la realización de acciones que incrementen el caudal de la cuenca?

2. ¿Cuál es la Disposición a Pagar de los productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro por evitar la contaminación de la cuenca?

3. ¿Cuál es el impacto económico por la disminución del caudal y sus consecuencias en el desarrollo regional?

1.4 Objetivos de investigación

Objetivo central de investigación

1. Determinar el valor socioeconómico de las externalidades de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro y su impacto en el desarrollo regional.

Objetivos específicos de investigación

1. Estimar la Disposición a Pagar de los productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro para la realización de acciones que incrementen el caudal de la cuenca.

2. Estimar la Disposición a Pagar de los productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro por evitar la contaminación de la cuenca.

3. Precisar los impactos que se generan en el desarrollo regional del municipio por la disminución del agua en la cuenca.

1.5 Hipótesis de investigación

Hipótesis general

1. Las externalidades presentes en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro manifiestas en la disminución del caudal y su contaminación generan costos ambientales que impactan en la actividad económica y social de la cuenca, trayendo consigo efectos negativos en el desarrollo de la región.

Hipótesis específicas

1. La Disposición a Pagar por parte de los productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro para evitar la disminución de su caudal depende del conocimiento sobre la afectación ambiental, escolaridad, tipo de cultivo sembrado y el número de hectáreas en posesión para el riego.

2. La Disposición a Pagar por parte de los productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro para evitar la contaminación del río depende del conocimiento sobre la afectación ambiental, escolaridad, tipo de cultivo sembrado y el número de hectáreas en posesión para el riego.

3. La disminución del caudal y contaminación del agua de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro trae consigo afectaciones ambientales que impactan negativamente en la actividad económica del municipio, trayendo consecuencias que impactan en disminuciones de la productividad agrícola y el agotamiento de los recursos naturales; lo que pone en entredicho el desarrollo regional de la cuenca.

1.6 Identificación de variables

Las variables que configuran la presente investigación y que permitirán demostrar las hipótesis planteadas se muestran a continuación:

a) Variables dependientes

- Disposición a pagar para evitar la disminución del caudal de la región centro del río Tacámbaro (Y_1).
- Disposición a pagar para evitar la contaminación de la región centro del río Tacámbaro (Y_2).

b) Variables independientes

- Conocimiento sobre la afectación ambiental (X_1)
- Escolaridad (X_2)
- Tipo de cultivo sembrado (X_3)
- Número de hectáreas en posesión para el riego (X_4)

Planteadas de esta forma las variables, donde (Y_1) y (Y_2) integran la variable dependiente general Y_g , las cuales dependen de las variables X_1 , X_2 , X_3 y X_4 se tiene como resultado la siguiente función:

$$Y_g = Y_1 + Y_2 = F(X_1, X_2, X_3, X_4)$$

Relación de variables dependientes e independientes que marcaran el curso formal de las relaciones establecidas a partir de la problemática observada.

1.7 Justificación

La tesis doctoral “Valor económico del agua en la incertidumbre y el desarrollo en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro” se justifica plenamente desde el punto de vista metodológico, teórico y social.

La justificación metodológica se establece porque existe un riguroso seguimiento del método científico en todas las etapas de construcción del documento. Al igual que por ser uno de los objetivos centrales de la investigación la determinación de la Disposición a pagar de los usuarios de la región centro del río Tacámbaro por el uso del agua, se establece un valor monetario que permitirá tener una referencia fundamental para un recurso ambiental respecto del cual se carece de mercado. Situación elemental para la propuesta de acciones de política pública y gestión en beneficio del recurso hídrico.

Teóricamente se sostiene esta investigación porque pretende ser resultado de un exhaustivo análisis y recorrido por las diversas teorizaciones respecto a la economía ambiental, el desarrollo en general y el desarrollo regional en particular. Al igual que estudiará a profundidad el estado del arte en la materia. Lo que derivará en una sistematización de los distintos estudios vinculados a la valoración de bienes ambientales en el marco del desarrollo regional. En otras palabras, un marco teórico que posibilite el entendimiento de la realidad estudiada y permita abonar al avance teórico de la ciencia del desarrollo regional.

La justificación social es la que adquiere mayor relevancia. Ya que con este proyecto se pretende contribuir desde la ciencia regional al mejoramiento ambiental, a partir de dilucidar valores básicos para la investigación y la gestión pública, Aspectos por demás importante en términos sociales. Esta argumentación justifica plenamente la conveniencia y trascendencia de la presente investigación.

1.8 Tipo y alcance de investigación

Esta investigación doctoral, por la interacción de información cuantitativa y cualitativa para responder al planteamiento del problema, es de carácter mixto (Hernández, et. al., 2014). La información cuantitativa que se estudia en las distintas partes de la investigación corresponde con la investigación documental respecto al fenómeno en estudio; al igual que la sistematización y estudio de cifras oficiales que permiten un mejor acercamiento a la realidad estudiada.

Por su parte, la información cualitativa será resultado del trabajo de campo y de la aplicación de instrumentos de obtención de información formales e instrumentos no convencionales para casos complicados de obtención de la información del fenómeno en estudio. Mismo que consiste en un cuestionario aplicado a los usuarios de la región centro del río Tacámbaro a partir de preguntas abiertas que tratarán de inferir desde una postura mayormente incisiva, mas no invasiva, la descripción y comprensión del fenómeno en estudio.

Debido a las distintas etapas que seguirá el curso de la presente investigación; es decir las acciones de obtención de información de tipo documental y de campo, esta investigación será de tipo exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa (Hernández, et. al., 2014).

“Valor económico del agua en la incertidumbre y el desarrollo en la región centro en de la cuenca del río Tacámbaro” es un estudio exploratorio porque la valoración de las externalidades en el municipio de Tacámbaro es algo nuevo respecto del cual no se conocen estudios en la materia. Así mismo se habla de un estudio descriptivo porque no sólo se estudiarán las características del fenómeno, sino que se especificarán propiedades del mismo y se establecerán tendencias de las variables analizadas.

De igual forma se dice que la investigación será de tipo correlacional por el tratamiento que se dará a la información proporcionada en el cuestionario a aplicar. Lo cual ayudará sobremanera

a establecer las causas del comportamiento estudiado y justificar el carácter explicativo de la investigación.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO GENERAL Y SOCIOECONÓMICO DEL MUNICIPIO DE TACÁMBARO MICHOACÁN

En este capítulo se abordan los aspectos históricos, poblacionales, agrícolas y de administración del agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro. Se comienza con un bosquejo histórico del municipio para dar cuenta de la presencia de Tacámbaro en parte de los momentos más significativos de la historia de México.

Al tratar los temas poblacionales de Tacámbaro se sistematizan cifras que ponen en evidencia el carácter creciente de la población desde 1980 a la actualidad. Al igual que se destaca el perfil de la sociedad del municipio en términos escolares, de salud y de la población económicamente activa e inactiva. En torno a la temática agrícola se señalan los principales cultivos que se siembran en el municipio y a nivel regional. Finalmente se describe algunos elementos de las cuencas y el ciclo hidrológico; así como la forma de administración del agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro.

2.1 Aspectos históricos de Tacámbaro

Sin lugar a dudas el conocimiento histórico representa uno de los principales engranajes para la comprensión de la complejidad territorial. De ahí la importancia de resaltar algunos elementos de la historia política, agrícola y social del municipio como una primera aproximación al entendimiento del fenómeno en estudio. En ese sentido es que se justifica el presente apartado.

2.1.1 Elementos de la historia política del municipio

La palabra Tacámbaro proviene de una voz chichimeca que significa “lugar de palmeras”. Tacámbaro es un pueblo de origen prehispánico que fue conquistado por los tarascos entre 1401 y 1450 y perteneció al cacicazgo de Coyucacán.

En 1528 se otorgó en encomienda a Cristóbal de Oñate y posteriormente se constituyó en República de Indios. La evangelización en el lugar se inició con la llegada de los frailes agustinos Juan de San Román y Diego de Chávez. En el año de 1535, se fundó como pueblo. En 1631 se estableció el partido de indios, nombrándose a Tacámbaro cabecera del mismo. En esa época tenía ocho barrios y muy poca población, debido a las epidemias. En 1706 se designó prior de Tacámbaro a Fray Francisco de Fonseca, quien se dedicó a la reconstrucción del convento y a mejorar el poblado, trazado de calles, introduciendo agua, impulsando el comercio y consiguiendo solares para los españoles.

Después de consumada la independencia, en 1822, Tacámbaro se encontraba en ruinas y quemadas sus Haciendas y ranchos inmediatos. Tocó a sus pobladores la ardua labor de reconstrucción y en 1828, siendo Gobernador Don José Salgado, se decretó la elevación de Tacámbaro a la categoría de Villa. El 10 de diciembre de 1831, por la Ley Territorial de ese año se constituyó en municipio. El título de ciudad, lo obtuvo el 21 de septiembre de 1859 por

decretó del entonces Gobernador, el General Epitacio Huerta, denominándosele Ciudad de Codallos.

Durante la Revolución, a finales de 1919 se declaró a Tacámbaro capital del estado, siendo Gobernador el General Gertrudis G. Sánchez. Posteriormente los poderes fueron trasladados a Nocupétaro, para finalmente establecerse en la ciudad de Morelia. (SEPLADE, 2006).

La cronología de los Presidentes municipales de Tacámbaro y sus años de gestión desde 1940 a la actualidad se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 1: Presidentes municipales del municipio de Tacámbaro de 1940 a la actualidad.

Nombre	Periodo de gestión	Nombre	Periodo de gestión
Sabas Carranza	1940	Guillermo Molina González	1969-1971
Elíseo González	1941	Gabriel Cortes Zarco	1972
J. Jesús Ramírez Vázquez	1942	Rafael Lagunas Mendoza	1972-1974
Abelardo Sierra Sánchez	1943-1944	Diego Hernández Topete	1975-1977
Luis Murillo Sereno	1945	Francisco Pío Zarate	1978-1980
Juan Guajardo	1945	Isidro Pedraza Ponce	1981-1983
Andrés Medina	1946	Sebastián Pastrana Torres	1984-1986
J. Jesús Ramírez Vázquez	1947	Vicente Escobedo García	1987-1989
Francisco Ortega Sansón	1948	Jaime Mora López	1990
Pedro Cerna Robles	1949	Margarito Antúnez Domínguez	1990-1992
Federico Pulido	1949	José Granados	1992
José Molina Calderón	1950	Valentín Rodríguez Gutiérrez	1996
J. Jesús Murillo	1951	Eugenio Torres Moreno	1996
Juan Ruiz	1952	Esteban Cruzaley Díaz Barriga	1996-1998
Eligio Martínez	1952	Abel Sánchez Padilla	1999-2001
Cándido Solórzano Morales	1953-s/d	Carlos Nicolás Tavera Guijosa	2002-2004
Eduardo Chaparro Plata	1957-s/d	Valentín Rodríguez Gutiérrez	2005-2007
J. Jesús Gutiérrez Elizarraraz	1959-s/d	Salvador Bastida García	2008-2011

Manuel Rosales González	1961	Noé Octavio Aburto Inclán	2012-2015
José Molina Calderón	1962	Mauricio Acosta Almanza	2015-2018
J. Eleazar García Viveros	1963-1965	Salvador Barrera Medrano	2018-2021
Héctor Villaseñor	1966-1968	Artemio Moriya Sánchez	2021-2024

Fuente: Elaboración propia con base en INAFED, 2017.

2.1.2 Elementos de la historia agrícola y social del municipio

Tacámbaro, Michoacán es un municipio que poco a poco va cediendo su paisaje al cultivo del aguacate y las berries. Sin embargo, en sus inicios las tierras que actualmente albergan a los aguacates eran superficies donde se sembraba linaza, trigo, maíz y frijol. Cultivos que sostenían la alimentación de los pobladores hacia la década de los cincuenta y permitían establecer distintas relaciones comerciales; por ejemplo, a través de la venta de la paja de trigo en los mesones de Tacámbaro (Bárcenas, 2015).

El cultivo del aguacate comenzó al finalizar la década de los sesenta por un grupo de profesionistas provenientes de Morelia que compraron predios e introdujeron el cultivo en su variedad hass.

“Anteriormente el cultivo de aguacate no era importante para la zona. La gente sembraba trigo, linaza, maíz y frijol. Dichos cultivos los utilizaban para alimentar a los animales y a ellos mismos, además que también vendían a los mesones de la ciudad de Tacámbaro. Donde la gente proveniente de las rancherías, que iba a la ciudad de Morelia, Pátzcuaro o México dormía y buscaba que darle de comer a sus mulas o caballos.

No fue sino hasta los sesentas cuando un grupo de doctores, donde destacaba uno de apellido Dávalos, trajeron la planta de aguacate de los Estados Unidos. El aguacate que trajeron ya era el hass. Después se especializaron algunos de la zona y aprendieron a injertar, pero comenzaron con el hass²”.

² Fragmento de entrevista semiabierta realizada al Sr. Vicente Gil Méndez (Bárcenas, 2015).

Con las primeras cosechas hacia finales de la década de los setentas y mediados de los ochentas, aunado al despegue del ingenio azucarero en la ciudad de Pedernales, comienza a manifestarse el crecimiento poblacional del municipio.

“... cuando se comenzó con la cosecha del aguacate, cambio mucho Tacámbaro. Eso fue como por los setentas o ya entrados los ochentas. Llegó mucha gente de fuera, gente que les decían que estaba bueno eso del aguacate.

Aunque lo del aguacate no fue parejo para todos. La pobreza seguía en las localidades. Lo que hizo que mucha gente se fuera a México a buscar empleo, otros salieron a Los Cabos. En esa época también Tacámbaro estaba muy influenciado por el ingenio de Pedernales. Llegaba mucha gente de fuera para trabajar en el ingenio. Muchos venían de Apatzingán y otros de Turicato, también venía gente de Pátzcuaro.”³

Hacia la década de los noventa se comenta que la vida en las localidades del municipio empezó a ser más dinámica por el establecimiento de servicios educativos básicos y de salud. Al mismo tiempo, comentan la dinamización de la actividad económica en dichos poblados por el aumento de oportunidades de empleo agrícola, dado el incremento en la producción aguacatera y otros cultivos como el chile perón.

En particular la producción aguacatera comenzó a encontrar nuevos puntos de venta en el interior del país en ciudades como Monterrey y México. Además, que hacia mediados de 1990 se comenzó con la exportación del producto a países como Japón y Costa Rica. Años en que se consolidó la importancia del cultivo verde y perdió importancia, relativamente, la producción de azúcar en el ingenio de Pedernales.

“En 1990 la cosa cambió mucho para Tacámbaro. Ya empiezan a haber más pueblitos. Porque la gente se empieza a emplear como peones o rancheros en las huertas de aguacate.

³ *Ibíd.*

... se comienza a mandar aguacate para Japón y Costa Rica. También a la ciudad de México y Monterrey... ya para esos años el ingenio ya no era lo de años atrás. Había muchos problemas con los líderes y el precio de la azúcar se hacía cada vez más barato... La gente seguía emigrando en esos años. Principalmente hacia Chicago o California donde tenían parientes o a otros les había ido bien⁴.”

Entre el último cuarto de 1990 y comienzos del 2000 se menciona que Tacámbaro como ciudad comenzó a experimentar un notable crecimiento en sus servicios urbanos. Entre ellos destacan la existencia de preparatorias privadas, mayor oferta profesional de su Tecnológico, la apertura de hoteles, balnearios, sucursales bancarias, cajas de ahorro, la ampliación de los servicios ofertada por la cooperativa local, tiendas departamentales, ferreterías, servicios médicos privados, el crecimiento del mercado municipal y una mayor conexión entre sus localidades aledañas a través del mejoramiento del servicio de transporte público.

“Digamos que en el 2000 Tacámbaro ya es una ciudad. Porque por ejemplo la flotilla de taxis es muy amplia, el tipo de casas que hay en muchas partes son de un valor millonario, además de que ya hay bancos, más panteones y el mercado municipal ya es insuficiente para albergar todo lo que se vende ahí.”⁵

Del 2000 a la actualidad el cultivo del aguacate ha seguido cobrando importancia. Principalmente por la apertura del mercado de Estados Unidos y el establecimiento de una serie de servicios complementarios a su cultivo. Entre ellos enumeran la existencia de tiendas de agroquímicos, emparadoras de diversos tamaños e instituciones gubernamentales que brindan servicios de asesoría en materia de cuidados de la producción del fruto y su inocuidad. En tanto, la producción cañera ha ido perdiendo peso por sus métodos de producción sumamente tradicionales, el hecho de las caídas recurrentes en su precio y la condición de tener un solo gran comprador que es el ingenio de Pedernales.

⁴ *Ibíd.*

⁵ *Ibíd.*

Cabe destacar que también hacia la década del 2000, nuevos cultivos van tomando relevancia en el rostro agrícola del municipio. Como el caso de la zarzamora y el jitomate. Al igual que el aumento en la oferta de servicios urbanos y un notable crecimiento poblacional. Y que para el caso de Tacámbaro ciudad, se traduce en el crecimiento de las colonias periféricas por la ocupación de terrenos baldíos y el establecimiento de colonias creadas por la presión de movimientos sociales y/o políticos como el caso de la antorcha campesina.

“En la actualidad hacia la golondrina o el cuartel de soldados, lugares que hace 20 años estaban despoblados o había pinos, hay mucha gente nueva. Gente que ni se conoce, porque aquí todos sabemos, aunque sea de oídas, quién es quién.

...esa gente ha llegado porque se afilió a la Antorcha o porque ya no quiso regresar a su pueblo de origen y vio la oportunidad de agarrar un pedacito... también están las familias nuevas, empleados del Aurrera o gente que regresa.”⁶

Lo que ha marcado un crecimiento de la mancha urbana en áreas anteriormente forestales y que hoy ceden a la presión de dichos movimientos, los nuevos complejos inmobiliarios y la misma siembra del aguacate.

“el aguacate, sin lugar a dudas, ha sido algo que ha movido a Tacámbaro. El día de hoy el dinero que se mueve en el pueblo, en gran medida se explica por este fenómeno... con decirle que, por la Viña, están construyendo una empackadora que va a ocupar como a 400 empleados.”⁷

Habiendo destacado la importancia que la producción de aguacate ha tomado en el municipio, se puede concluir que Tacámbaro ha sido una fracción del territorio michoacano con un relevante protagonismo en las distintas etapas históricas y contemporáneas del Estado y el

⁶ *Ibíd.*

⁷ *Ibíd.*

país; donde el rostro agrícola del municipio también se ha moldeado según dichos momentos cronológicos.

Cediendo importancia cultivos básicos como el maíz, el trigo y el frijol frente al aguacate y las berries; en concordancia con las demandas del mercado internacional. Lo que permite entender el por qué Tacámbaro ha tenido importantes crecimientos en su población y no un despoblamiento como en otros municipios vecinos. No obstante, dicha temática se tratará con mayor profundidad en los próximos apartados.

2.2 Aspectos poblacionales de Tacámbaro

Como se advirtió en el capítulo previo, el desenvolvimiento histórico de Tacámbaro ha sido de un alto protagonismo en la historia del Estado. Lo que a su vez le ha permitido ir acorde con los ciclos productivos agrícolas modernos. Situación que ha definido la existencia de un territorio donde los fenómenos de despoblamiento no han sido tan evidentes como en otros municipios.

La población del municipio de Tacámbaro, Michoacán se distribuye espacialmente en 189 localidades de distintos tamaños. Dentro de las cuales resaltan, por ser tenencias, Paso de Morelos, Yoricostio, Cópitero, San Juan de Viña, Tecario, Chupio y Pedernales. Así como la cabecera municipal que es la ciudad de Tacámbaro de Codallos (INEGI, 2021 y HACTM, 2019b).

De la década de 1980 a la actualidad, los Censos de Población y Vivienda del INEGI han reportado una población creciente para el municipio con una presencia promedio mayoritaria de mujeres frente a los hombres (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2: Población total en Tacámbaro, 1980-2020.

Año	Total	Hombres	Mujeres
1980	42 777	21 505	21 272
1990	52 315	25 803	26 512
2000	59 192	28 790	30 402
2010	69 955	34 010	35 945
2020	79 540	36 793	42 747

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. Censos Generales de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000, 2010 y 2020.

Aspectos que sugieren la comprensión de otros fenómenos de estudio⁸, pero que para los fines de la presente investigación vasta destacar la tendencia poblacional creciente. Y que para el año de 2020 fue de 79, 540 habitantes; mismos que representan el 1.7% de la población del estado de Michoacán⁹.

Respecto al nivel de la escolaridad de la población en Tacámbaro en el 2020 se indica que el 12% de los tacambarenses contó con estudios de nivel superior, 19% reportó contar con educación media superior, 59% con educación básica y el 10% de la población manifestó no tener escolaridad (Ver Figura 1).

⁸ De este comportamiento poblacional al menos surgen dos posibilidades. Primeramente, y al ser una tendencia poblacional creciente, se destaca que Tacámbaro no ha entrado en una lógica de despoblamiento tan aguda como en otros municipios de la región. Por otro lado, y al visualizarse población femenina mayoritaria, es plausible plantear la existencia de procesos migratorios en el municipio.

⁹ La población de Michoacán en el 2020, según el INEGI, fue de 4, 748,846 habitantes.

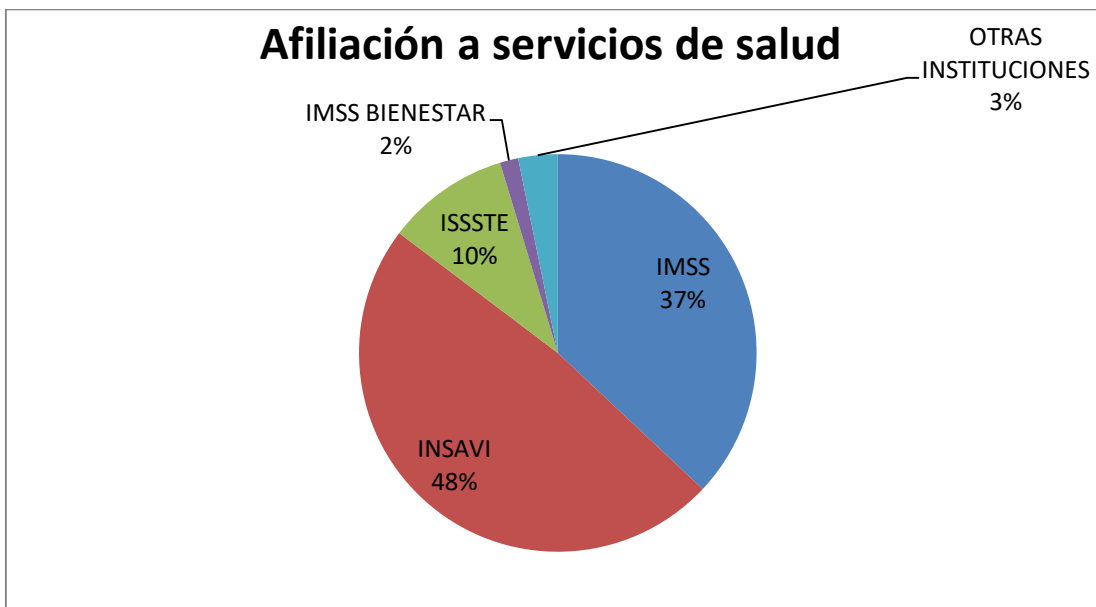
Figura 1: Nivel de escolaridad de la población en Tacámbaro, 2020.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2021.

En cuanto a la salud, el 55.3% de la población en Tacámbaro está afiliada a algún servicio de salud. Siendo el Instituto de Salud para el Bienestar (INSAVI) con 48% y el Instituto Mexicano de Seguridad Social (IMSS) con 37% las instancias que más derechohabientes reportan. Por su parte el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) con 10%, otras instituciones con el 3% y el IMSS Bienestar con 2% representan los otros centros de salud a los que está afiliada la población tacambarenses (Ver Figura 2).

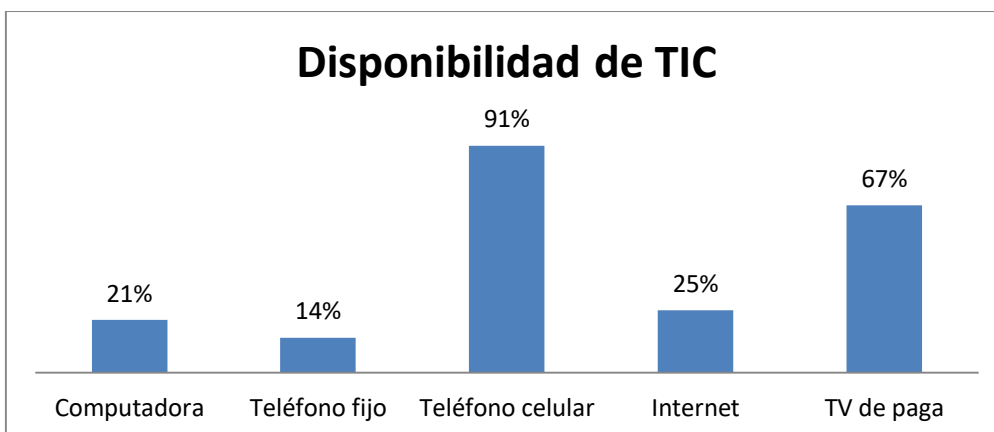
Figura 2: Tipo de afiliación a servicios de salud de la población en Tacámbaro, 2020.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2021.

Respecto al porcentaje de la población que cuenta con acceso a tecnologías de la información y la comunicación (TIC), el Censo General de Población y Vivienda 2020 reporta que la el 91% de la población tacambareense cuenta con teléfono celular, el 67% con televisión de paga, el 25% con internet, el 21% con computadora y el 14% con teléfono fijo (Ver Figura 3).

Figura 3: Disponibilidad de TIC de la población en Tacámbaro, 2020.



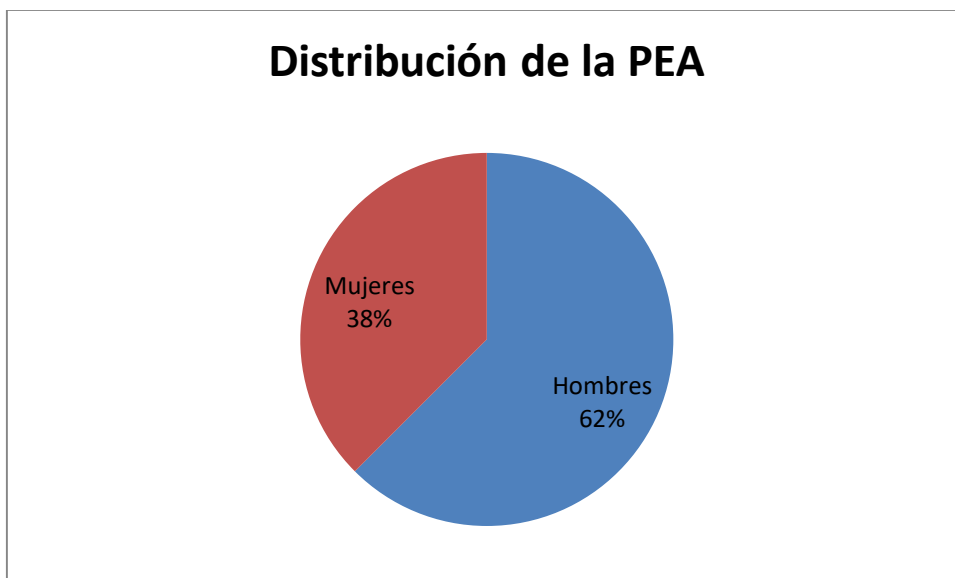
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2021.

Habiendo destacado la proporción de población en Tacámbaro que cuenta con acceso a las TIC, donde el teléfono celular es el dispositivo de mayor uso, se puede señalar que la tendencia creciente en el número de pobladores que habitan el municipio ha sido acompañada de un perfil poblacional de pobladores con educación básica mayoritaria y más del 50% de esta proporción, con afiliación a algún servicio de salud. Lo cual y desde el punto de vista productivo conduce a preguntarnos asuntos relativos a la Población Económicamente Activa (PEA) e Inactiva (PNEA). Mismos que se abordan en el siguiente subcapítulo.

2.2.1 La PEA y la PNEA en Tacámbaro

La población mayor de 12 años en condiciones de realizar una actividad productiva en Tacámbaro, o más bien dicho, la Población Económicamente Activa (PEA) representó en 2020 el 64 % de la población municipal. Su distribución por sexo fue de 62% para los hombres y de 38% para las mujeres (Ver Figura 4).

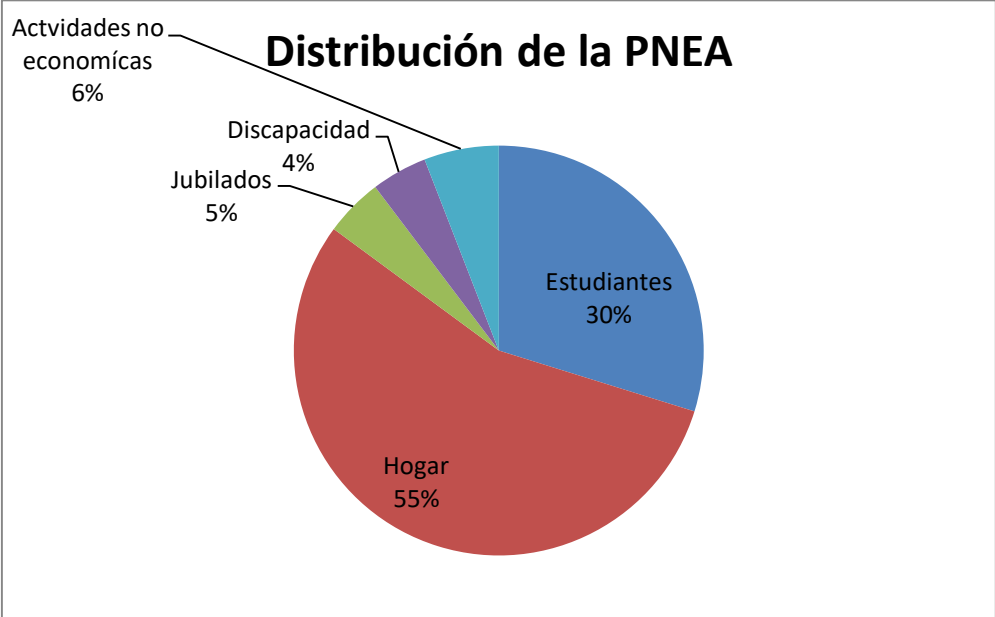
Figura 4: Distribución por sexo de la PEA en Tacámbaro, 2020.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2021.

Por su parte, la Población no Económicamente Activa (PNEA) o el otro 36% de la población mayor de 12 años que no realizó alguna actividad productiva se dedicó con un 55% mayoritariamente a labores del hogar. Seguido con un 30% por los estudiantes, un 6% por las actividades no económicas, un 5% por las personas jubiladas o pensionadas y un 4% por las personas que sufren de alguna discapacidad (Ver Figura 5).

Figura 5: Distribución de la PNEA en Tacámbaro, 2020.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2021.

Por lo que podemos entender que el 36% de la población de Tacámbaro que no realiza alguna actividad productiva, se desempeña principalmente en actividades del hogar y el estudio.

2.2.2 La Población a nivel regional

En los últimos años diversas han sido las regionalizaciones que se han establecido para Michoacán (Acevedo, 2002). Esfuerzos de planeación que han obedecido a diversos fines y respondido a diversas orientaciones.

Sin embargo, en la actualidad y desde el ámbito gubernamental, ha permanecido la regionalización que desde mediados de la década del 2000 bajo un criterio de cuencas hidrológicas precisa a 10 regiones para integrar a la totalidad de municipios del Estado. Siendo dichas regiones: Lerma-Chapala, Bajío, Cuitzeo, Oriente, Tepalcatepec, Meseta Purépecha, Pátzcuaro-Zirahuén, Tierra Caliente, Sierra Costa e Infiernillo.

En la región Tierra Caliente se ubica a Tacámbaro y los municipios de Carácuaro, Huetamo, Madero, Nocupétaro, San Lucas y Turicato. El comportamiento poblacional de dichos municipios puede observarse en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro 3: Población de la región Tierra Caliente. 1980-2020 (1)

Año / Municipio	Carácuaro	Huetamo	Madero	Nocupétaro
1980	10 608	35 910	15 758	8 904
1990	9 680	44 010	15 339	8 529
2000	10 351	45 441	16 620	8 724
2010	9 212	41 937	17 427	7 799
2020	9 176	41 973	19 086	8 196

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. Censos Generales de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000, 2010 y 2020.

Cuadro 4: Población de la región Tierra Caliente. 1980-2020 (2)

Año / Municipio	San Lucas	Tacámbaro	Turicato	Total Región
1980	16 756	42 777	31 514	162 227
1990	18 978	52 315	33 594	182 445
2000	19 506	59 192	36 072	195 906
2010	18 461	69 955	31 877	196 668
2020	17 677	79 540	29 056	204 704

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. Censos Generales de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000, 2010 y 2020.

Dicho comportamiento poblacional observado nos puede llevar al análisis de varios fenómenos. Sin embargo interesa destacar que aunque hay un comportamiento poblacional variable, a nivel región, se observa un crecimiento poblacional positivo para todos los decenios. Es decir, a nivel regional, aunque en distinta proporción, la población siempre creció.

Sin embargo y al observar de forma particular el caso de cada municipio, tenemos que todos los municipios, a excepción de Tacámbaro, mostraron decrementos poblacionales en por lo menos uno de los decenios del periodo en análisis.

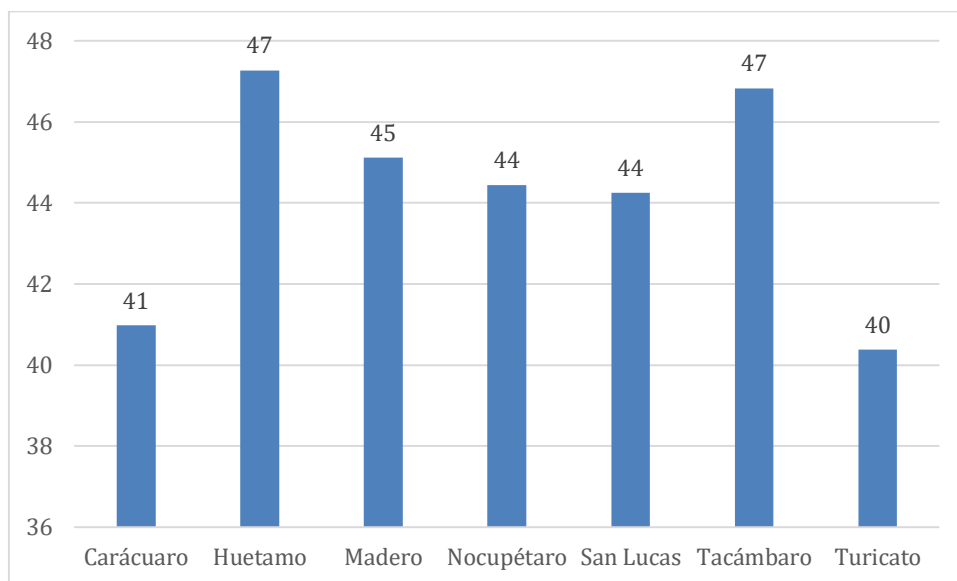
Por ejemplo, Carácuaro mostró decrementos poblacionales de 1980 a 1990, del 2000 al 2010 y del 2010 al 2020; Huetamo redujo su población del 2000 al 2010; Madero de 1980 a 1990; Nocupétaro de 1980 a 1990 y del 2000 al 2010; San Lucas del 2000 al 2010 y del 2010 al 2020. Finalmente, y del mismo modo Turicato registró disminuciones en su población del 2000 al 2010 y del 2010 al 2020.

Con lo cual y desde el análisis poblacional a nivel región Tacámbaro siempre ha denotado un crecimiento poblacional positivo.

2.2.3 La PEA a nivel regional

A nivel regional la PEA representó el 41% para Carácuaro, el 47% para Huetamo, el 45% para Madero, el 44% para Nocupétaro, el 44% para San Lucas, el 47% para Tacámbaro y el 40% para Turicato (Ver Figura 6).

Figura 6: Porcentaje de la PEA en la región Tierra Caliente, 2020.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

Lo cual, permite observar que los municipios de Huetamo y Tacámbaro son los que poseen mayor población para desarrollar actividades productivas. En tanto Carácuaro y Turicato son las poblaciones que a nivel regional cuentan con el menor número de pobladores económicamente activos.

2.3 La actividad agrícola en el municipio

La actividad agrícola en el municipio está dominada por el cultivo del aguacate. Situación que se puede verificar al constatar que en alrededor del 67% de la superficie sembrada del municipio se cultiva este fruto (SIAP, 2020). El otro cultivo de importancia, con un 10% de la superficie cultivada, es la caña de azúcar; seguido del maíz grano, el tomate rojo, la zarzamora y otros cultivos (Ver Cuadro 5).

La derrama económica que significó la actividad agrícola en el municipio durante el 2020 fue de 4,359 millones 520 mil pesos. Cantidad a la que contribuyó con mayor porcentaje el

aguacate, la zarzamora y la caña de azúcar (Ver Cuadro 6). Es decir, el aguacate ocupó el 78.47% del valor de la producción total de los cultivos en el 2020, seguido con el 11.41% del valor de la producción que la zarzamora significó, el 4.12% del valor de la caña de azúcar y el 6% de los otros cultivos.

Cuadro 5: Principales cultivos por Superficie Sembrada en Tacámbaro, 2020.

Cultivo	Superficie Sembrada Hectáreas	Porcentaje %
Aguacate	17,110.00	67.14
Caña de azúcar	2556	10.03
Maíz grano	2326.7	9.13
Tomate rojo	602.97	2.37
Zarzamora	1194	4.69
Otros Cultivos	1,695.56	6.65
Total	25,485.23	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Cuadro 6: Valor de la producción de los Principales cultivos en Tacámbaro, 2020.

Cultivo	Valor de la Producción Miles de pesos	Porcentaje %
Aguacate	3,420,976.30	78.47
Caña de azúcar (ton)	180,039.43	4.12
Maíz grano	34,182.50	0.78
Tomate rojo	149,154.92	3.42
Zarzamora	497,507.42	11.41
Otros Cultivos	77,659.95	1.78
Total	4,359,520.52	100

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Con el análisis de la actividad agrícola del municipio de Tacámbaro se podrán establecer varias conclusiones que darán cuerpo al seguimiento de la investigación. Ello a partir de clarificar elementos que ayuden a precisar el valor económico de las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro.

2.3.1 La actividad agrícola a nivel regional

El registro de la actividad agrícola durante el 2020 en la región Tierra Caliente reportó municipios que sembraron mayoritariamente maíz grano y sorgo forrajero. En tanto que el valor de la producción denotó un comportamiento muy variable, ya que éste configuró mayores valores para productos como el aguacate, el melón y el mango (Ver Anexo 2).

En otras palabras, nos encontramos con una región que mayoritariamente siembra granos básicos, pero donde el mercado otorga mayor valor a bienes con una alta vinculación al mercado exterior (Ver Cuadros 7 y 8).

Cuadro 7: Porcentaje de los principales cultivos por Superficie sembrada en la región Tierra Caliente, 2020.

Municipio	Cultivo	Superficie Sembrada Hectáreas (%)
Carácuaro	Maíz grano	83.66
Huetamo	Maíz grano	35.90
Madero	Maíz grano	63.97
Nocupétaro	Maíz grano	66.06
San Lucas	Maíz grano	47.69
Tacámbaro	Aguacate	67.14
Turicato	Aguacate	44.16

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Cuadro 8: Porcentaje de cultivos con mayor valor de la producción en la región Tierra Caliente, 2020.

Municipio	Cultivo	Valor de la producción %
Carácuaro	Maíz grano	63.37
Huetamo	Melón	61.62
Madero	Aguacate	78.47
Nocupétaro	Maíz grano	44.80
San Lucas	Mango	32.83
Tacámbaro	Aguacate	78.47
Turicato	Aguacate	82.63

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

En ese sentido, Tacámbaro destaca como el municipio que mayor valor obtiene de sus productos agropecuarios. Ya que con el 67% de su territorio sembrado por aguacate obtuvo en el 2020 la cantidad de 4,359 millones 520 mil pesos (Ver Cuadro 6).

2.4 Las cuencas y el ciclo hidrológico

Las cuencas constituyen un complejo mosaico de ecosistemas, naturales y manejados, donde se reconocen los vínculos entre territorios de las zonas altas y bajas, cuyas externalidades, transportadas por los cursos de agua, crean una conexión física entre poblaciones alejadas unas de otras (Cotler, 2010).

Los territorios de las cuencas otorgan bienes y servicios ambientales invaluable para nuestra existencia como son el suministro de agua dulce, la regulación del caudal de los ríos, el mantenimiento de los regímenes hidrológicos naturales, la regulación de la erosión o la respuesta a eventos naturales extremos, entre otros (Balvanera y Cotler, 2009; en Cotler,2010).

Tacámbaro es parte de región hidrológica¹⁰ del Balsas (Ver Mapa 2). Mientras que a nivel cuenca, la provisión del agua en el municipio se da con un 98.93% por el río Tacámbaro, con un 1.03% por el río Tepalcatepec y con un 0.04% por el Lago de Pátzcuaro (INEGI, 2009).

Mapa 2: Regiones hidrológico-administrativas de la CONAGUA.



Fuente: SEMARNAT, 2016.

La base del estudio de la Hidrología es la comprensión del ciclo hidrológico, de sus procesos e interrelaciones tanto superficiales y subsuperficiales. El ciclo hidrológico puede tratarse como un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico, los cuales pueden agruparse en subsistemas del ciclo total (Cabrera, 2012).

¹⁰ Región hidrológica se conoce a la delimitación por cuencas del país, por parte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), para facilitar la gestión de los recursos hídricos (SEMARNAT, 2016). Las regiones hidrológicas o regiones hidrológico-administrativas (RHA) son trece y se constituyen por la RHA I de la Península de Baja California; la RHA II del Noroeste; la RHA III Pacífico Norte; la RHA IV del Balsas; la RHA V del Pacífico Sur; la RHA VI de Río Bravo; la RHA VII de las Cuencas Centrales del Norte; la RHA VIII del Lerma-Santiago-Pacífico; la RHA IX del Golfo Norte; la RHA X del Golfo Centro; la RHA XI de la Frontera Sur; la RHA XII de la Península de Yucatán y la RHA XIII de Aguas del Valle de México.

El ciclo del agua, también conocido como el ciclo hidrológico, representa el principio fundamental de la ciencia hidrológica, que describe el continuo movimiento del agua a través de la atmósfera y la tierra, en un espacio llamado hidrosfera, que se extiende desde unos quince kilómetros, dentro de la atmósfera (en la troposfera), hasta más o menos un kilómetro de profundidad en la litosfera o corteza terrestre (Chow *et al.*,1994, citado en Cordova y Rodríguez, 2015). Este ciclo se mantiene en continuo movimiento gracias a los rayos del sol que proveen la energía necesaria.

Siguiendo a Cordova y Rodríguez (2015) los componentes que integran el ciclo hidrológico se establecen de la siguiente forma:

Precipitación. Es el proceso mediante el cual, el agua en sus fases líquida y/o sólida, alcanza la superficie terrestre, proveniente de la troposfera, en forma de lluvia, llovizna, nieve, aguanieve o granizo. La precipitación es la fuerza que mueve la fase terrestre del ciclo del agua, y su naturaleza estocástica es la que le introduce la mayor parte de la aleatoriedad que caracteriza este ciclo.

Evaporación. Es un proceso físico, que consiste en el paso del agua de un estado líquido hacia un estado gaseoso, desde diferentes tipos de superficies, tales como lagos, ríos, humedales, áreas impermeables, suelos y follaje vegetal. La evaporación se produce a cualquier temperatura y su tasa aumenta a medida que el ambiente es más caliente.

Transpiración. Es un proceso que consiste en la vaporización del agua contenida en el tejido de las plantas y la remoción de ese vapor hacia la atmósfera. La pérdida del agua de las plantas, debido al proceso de transpiración, se produce a través de los estomas, que son unas pequeñas aberturas ubicadas en el envés de las hojas (entre dos células llamadas guardianes), donde además se produce la entrada del CO₂ y del oxígeno, que requieren las plantas para la fotosíntesis y la respiración.

Evapotranspiración. Los procesos de transpiración y evaporación ocurren en forma simultánea, lo cual hace difícil poder separar ambos procesos. Por este motivo, la combinación de ellos se conoce como el proceso de evapotranspiración. La tasa de evapotranspiración potencial depende del suministro de la energía requerida por el proceso, a través de la radiación solar, de la temperatura ambiente, de la humedad relativa y de la velocidad del viento. El viento remueve el aire saturado de vapor de agua por aire seco, creando un gradiente de humedad entre la superficie evaporante y el aire que la rodea. Esta tasa también es función del tipo de vegetación, y representa la tasa máxima a la cual puede evapotranspirar una planta, dada las condiciones climáticas existentes. Hay que considerar también la evapotranspiración real, que es el verdadero componente del ciclo hidrológico, ya que representa la tasa real, a la cual se produce la pérdida del agua a través del follaje.

Intercepción. La intercepción o interceptación es el proceso mediante el cual la precipitación es retenida en el follaje de las plantas. El agua interceptada por las hojas se evapora directamente a la atmósfera, y no llega a alcanzar la superficie del suelo. La lámina de agua interceptada es una función de la biomasa vegetal. Los bosques interceptan una mayor cantidad de agua que las sabanas gramíneas.

Infiltración. Infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra en el suelo. La capacidad o tasa de infiltración de un determinado tipo de suelo corresponde a la velocidad a la cual el agua penetra en el suelo, y depende de muchos factores como la textura y la estructura del suelo. Algunos suelos tienen horizontes con texturas contrastantes, como por ejemplo una capa arcillosa compacta que limita la tasa de infiltración. En general, esta tasa disminuye con el tiempo a medida que el espacio poroso del suelo se va llenando de agua, y tiende a un valor constante, característico de cada tipo de suelos, que se conoce como la tasa de infiltración básica.

Flujo superficial. La parte de la precipitación que no es interceptada por el follaje de las plantas cae sobre el suelo, de la cual una parte se infiltra y el resto se almacena en la superficie o se mueve en forma de flujo superficial o escurrimiento superficial.

Escorrentía superficial. El flujo superficial, eventualmente, alcanza un curso de agua, que forma parte de la red de drenajes de la cuenca, transformándose en escorrentía superficial, que va a integrar el flujo de agua que transportan los surquillos, riachuelos y ríos, hasta llegar al océano.

Flujo subsuperficial. Parte del agua que se infiltra es almacenada en el suelo, adhiriéndose a las partículas minerales, que integran este medio poroso, mediante las fuerzas adhesivas y cohesivas. Cuando el suelo alcanza un grado de saturación tal, que las fuerzas adhesivas y cohesivas de las moléculas que se ubican en la parte exterior de la película de agua, adherida a las partículas minerales, son inferiores a la fuerza de la gravedad, se produce el proceso de percolación, o drenaje del exceso de agua del suelo hacia la zona acuífera. El movimiento del agua en la zona no saturada del suelo se conoce como flujo subsuperficial. Algunas veces, este tipo de flujo, conjuntamente con el flujo de aguas subterráneas, puede aflorar a la superficie del suelo, a través de lo que se conoce con el nombre de manantiales.

Recarga de agua subterránea. El agua subterránea es aquella que se almacena en el subsuelo, constituyendo lo que se conoce como acuífero, que es una zona donde el medio poroso está completamente saturado. Esa zona tiene un espesor determinado, con un nivel superior que se conoce con el nombre de nivel freático. Este nivel es el límite entre las zonas no saturada y saturada del perfil de suelo. El proceso de percolación, que drena el agua gravitacional de la zona no saturada, recarga las aguas subterráneas almacenadas en la zona acuífera.

Flujo de agua subterránea. El nivel freático, eventualmente, se conecta hidráulicamente con el nivel del agua que transporta la red de drenaje. Esta conexión permite que el flujo de agua subterránea entre a los cauces, en forma de flujo base. Este flujo representa la contribución del agua subterránea al caudal que se observa en la red de drenajes, y es el que permite que

muchos cursos de agua no se sequen durante la época de verano, cuando la precipitación alcanza sus valores mínimos. Cuando un curso de agua se seca, el nivel freático puede no existir (no existe zona acuífera) o puede estar localizado por debajo del nivel mínimo del cauce.

Escorrentía hacia ríos y océanos. La suma de la escorrentía superficial, flujo subsuperficial y flujo de aguas subterráneas (flujo base), constituye la escorrentía que se observa en el cauce de los ríos y que, eventualmente, si la cuenca es exorreica (como la mayoría de las cuencas), es descargada a los océanos.

2.4.1 El caudal

Estudios como los de Baeza, et. al., (2003) y Palau (2003) sostienen que el estudio del caudal es una de las variables de más importancia en el ecosistema fluvial. Debido a que es determinante en otras variables del medio sobre las que influye y a las que condiciona, como pueden ser la temperatura, la luz, la concentración de oxígeno y la velocidad.

Además, los caudales determinan la morfología fluvial, diseñando no solamente los cauces, sino también las zonas de ribera y en algunos casos la forma del valle. Ante ello, el aumento de la frecuencia o de la duración de las crecidas puede desplazar de sus hábitats a organismos pertenecientes a diversos grupos biológicos. Al igual que modificar los periodos o duración de los estiajes.

Siguiendo a Palau (2003) se señala que los caudales ambientales pueden planificarse con distintos objetivos, pero todos ellos pueden englobarse en alguno de los siguientes términos:

Caudales de mantenimiento. Es un caudal calculado para y dirigido hacia, la conservación de los valores bióticos del ecosistema fluvial. La fijación de estos caudales de mantenimiento responde a criterios científicos, bajo distintos enfoques, y nunca puede referirse a mantener

un caudal constante a lo largo del tiempo, sino a instaurar un verdadero régimen completo de caudales capaz de reproducir de la mejor forma posible, la variabilidad temporal más probable.

Caudales mínimos. Son caudales capaces de mantener la vida en el río y poco más. Se trata de caudales sin pretensiones de ser una solución ni definitiva ni ecológica, en el sentido amplio de ambos términos. Se calculan de forma directa y arbitraria producto de un pacto más que de una formulación científica.

Caudales de acondicionamiento. Se refiere a un caudal que puede establecerse sin más o como complemento de caudales mínimos o de mantenimiento, para una finalidad concreta, ajena a la conservación de valores bióticos del ecosistema fluvial y referida a aspectos abióticos (dilución, paisaje, usos recreativos, etc.).

2.4.2 La contaminación del agua y los ríos

El hombre en los últimos tiempos ha producido una emergencia ambiental de carácter internacional que se demuestra directamente con los cambios climáticos, la extinción de ciertas especies, la deforestación, la pérdida de la biodiversidad, la contaminación del agua, suelo y aire (Macías, 2012).

La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química. Según la Organización Mundial de la Salud el agua está contaminada “cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural” (Guadarrama, et. al., 2016).

Diversos estudios sobre la contaminación de los ríos y sus afluentes (Ramírez, 2016 y Ossana, 2011) mencionan que una de las principales causas de contaminación se debe a la descarga constante de aguas no tratadas de diversas industrias y aguas residuales de hogares domésticos, del mismo modo la acumulación de sólidos en el cuerpo de agua y la total aplicación descontrolada de fertilizantes, agroquímicos y plaguicidas, los cuales son unos de los principales causantes de contaminación.

Las contaminaciones antropogénicas producidas entre otras por las diferentes industrias, los mataderos, frigoríficos, actividades mineras, petroleras, las comerciales como empaques y envolturas, las domiciliarias como pañales desechables, restos de jardinerías, envases plásticos, y sustancias agroquímicas, al ser liberadas van al ambiente, el agua y al suelo contaminándolos (Pérez et al., 2016).

Los efectos de los contaminantes sobre los organismos son muy variados y pueden afectar diversos niveles de organización, desde el celular y subcelular (individuos) hasta el poblacional o comunitario. Efectos que pueden ser: cancerígenos, neurotóxicos, depresores del sistema inmune, modificadores de la conducta, entre otros.

Existen formas puntuales y difusas de contaminación hídrica. Las primeras se refieren a la descarga de agentes contaminantes en lugares o localizaciones específicas y la contaminación difusa es aquella que no se puede localizar fácilmente porque se afectan a las masas de aguas desde fuentes como escorrentías de zonas agrícolas que drenan hacia los ríos.

Por su parte los principales contaminantes del agua son los agentes patógenos, los desechos que requieren oxígeno, las sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, los nutrientes vegetales, los sedimentos suspendidos en el agua y el aumento de la temperatura disminuye la cantidad de oxígeno en el agua, vulnerando la supervivencia de los organismos acuáticos (Guadarrama, et. al., 2016).

Las consecuencias de la contaminación del agua y los ríos repercuten en la desaparición de vida marina y destrucción de ecosistemas acuáticos, generación de enfermedades a la población humana y el envenenamiento de especies.

2.4.3 La administración del agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro

El agua que nutre a la cuenca del río Tacámbaro se administra a partir de la organización que cada tenencia determina. Es decir, las tenencias de Pedernales, Chupio, Yoricostio, San Juan de Viña, Tecario, Paso de Morelos y Tacámbaro cabecera municipal gozan de autonomía para la administración del recurso hídrico. Donde solo Tacámbaro, cabecera municipal, cuenta con una organización civil que corresponde a la Asociación de Usuarios del río de Tacámbaro (AURT).

La AURT administra el agua de riego para una superficie de 5, 618 has para un total de 1, 495 usuarios (Ojeda, et. al., 2019). En un radio que determinan las localidades del centro del municipio y que corresponden a los poblados de Piedra del Molino, La Policlínica, El Testero, Copitero, La Parotita, Serrano y San José Buenavista. Área geográfica donde predomina el cultivo de aguacate, zarzamora y otras berries.

Su organización es de tipo jerárquico con una asamblea general como órgano superior, seguido de un grupo de delegados, consejo de administración, consejo de vigilancia, departamento contable, gerente técnico y 21 canaleros (Guillen, et. al., 2016). La AURT corresponde con una Unidad de Riego, que son aquellas áreas de riego no mayores a las 8, 000 has operadas, administradas directamente por los usuarios con la supervisión del gobierno, con un alto porcentaje de abastecimiento de aguas subterráneas y con el objetivo central de lograr que el suelo, el agua y sus recursos asociados disponibles se utilicen con eficiencia para obtener mayores ingresos económicos para los agricultores¹¹.

¹¹ En las unidades de riego sin organizar no se dispone de información sobre los usuarios. En las UR no se dispone de información actualizada y detallada sobre los beneficiarios, superficies, patrones de cultivos, estadísticas de producción y volúmenes utilizados (Guillen, et. al., 2016).

La problemática de la AURT consiste en la disminución del caudal del agua, su contaminación y su mala administración. Disminución del caudal que se da por la deforestación, cambio ilegal de uso del suelo, incendios y realización ilegal de pozos profundos. Aspecto que impacta en la reducción de escurrimientos de los manantiales y distintos cuerpos de agua.

La contaminación del agua en la cuenca se da por verter en forma directa aguas negras a los cuerpos de agua, agroquímicos y residuos urbanos. En tanto la mala administración de da por el subregistro agrícola, el robo del agua, la negativa al pago de cuotas, fricciones con los canaleros y la necesidad de contar con mejor infraestructura para la administración del agua.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Una vez que se ha fundamentado la problemática en estudio y se ha hecho un diagnóstico general y socioeconómico del municipio se da paso al cuerpo teórico que respalda la investigación. Por lo cual en este capítulo se presentan, por un lado, las perspectivas del desarrollo y el desarrollo regional y por otro a la economía ambiental y a la teoría de los números borrosos. Construcciones teóricas que robustecerán los objetivos de investigación y permitirán perfilar el tratamiento de la información a indagar.

Finalmente se presenta, como resultado del análisis teórico, un apartado que describe el desarrollo regional y las externalidades presentes en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro.

3.1 La perspectiva teórica del desarrollo

El presente capítulo constituye un pilar en esta investigación. Toda vez que trata de una síntesis de la perspectiva teórica del desarrollo y permite vincular al mejoramiento de las condiciones de vida, como parte de los objetivos generales de toda sociedad.

Por las múltiples posturas frente a la teoría del desarrollo, tratar de sintetizar la misma es algo complejo y con el riesgo de hacer omisiones o caer en sesgos involuntarios. Sin embargo, ubicar el rasgo que mayormente denota al desarrollo a lo largo del tiempo ayuda en esta tarea de síntesis. En ese sentido los rasgos que de manera preponderante han descrito al desarrollo a lo largo del tiempo son la riqueza, la evolución, el progreso, el crecimiento, la industrialización y las capacidades territoriales, institucionales y ambientales (Sunkel y Paz, 1994; Preston, 1999; Furtado, 1999 y Boisier, 2001).

La riqueza como el primer elemento constitutivo a la teoría del desarrollo se da con los autores clásicos de la segunda mitad del siglo XVIII; figurando como principales exponentes Adam Smith, David Ricardo, John Stuart Mill y Thomas Malthus. Para los clásicos la riqueza constituyó el indicador de la prosperidad o decadencia de las naciones.

Para esta corriente de pensamiento, “esta idea va asociada a una determinada manera de percibir el funcionamiento de la sociedad, concebida como un conjunto de individuos o unidades económicas que se comportan según una serie de leyes y principios inmutables, que definen el funcionamiento del sistema o mecanismo económico. La riqueza es, para ellos, el producto de una sociedad organizada jurídica e institucionalmente de acuerdo con la filosofía del derecho natural”. (Sunkel y Paz, 1994:23).

En el siglo XIX con las formulaciones teóricas de Jean Baptiste Lamarck, Charles Lyell y Charles Darwin se desarrolla la noción de evolución. Misma que por su origen biológico da importancia a la secuencia natural de cambio y la mutación gradual y espontánea. Siendo una justificación

al método de análisis marginal del equilibrio general y parcial y representando un fuerte antecedente a la teoría del desarrollo. Así mismo, en el siglo XIX se imprime una atención importante a la noción de progreso con exponentes de la talla Condorat, Alfred Marshall y Leon Walras.

“El concepto de progreso que esta corriente presupone implícitamente en su visión optimista del desarrollo capitalista, es sin duda parte de la idea de desarrollo, puesto que ésta se refiere igualmente a la preocupación por el adelanto técnico y la aplicación de nuevos métodos para el mejor aprovechamiento del potencial productivo.” (Sunkel y Paz, 1994:24).

Ya en la primera mitad del siglo XX la vinculación más próxima al desarrollo se va a asociar con la idea de crecimiento y la corriente teórica del keynesianismo. “Keynes demostró que una excesiva confianza en el funcionamiento del mercado no permite ni la asignación óptima de los recursos ni tampoco alcanzar el pleno empleo. Por el contrario, sostenía que uno de los grandes problemas del capitalismo era que los recursos físicos y humanos estaban subutilizados, y demostró la importancia de definir políticas económicas en las cuales la intervención del Estado jugara un papel preponderante. El Estado debe de intervenir para aumentar la demanda efectiva, generar efectos multiplicadores e impulsar la economía a su nivel potencial.” (Gutiérrez y González, 2010:20).

La vinculación del desarrollo con la industrialización se da en la segunda mitad del siglo XX y representa el antecedente más inmediato al desarrollo económico. La búsqueda del mejoramiento social a partir de la industrialización se dio por la necesidad proteccionista de las economías o por la búsqueda de diversificación en las mismas. Situación que en especial para los países latinoamericanos supuso el principal derrotero a seguir y constituyó el principal rasgo de la política económica de aquellos años.

A partir de la segunda mitad del siglo XX podemos decir que la perspectiva del desarrollo encuentra mayores causas desde las capacidades territoriales, institucionales y ambientales.

Capacidades territoriales, institucionales y ambientales que bajo forma de categoría de análisis concentran la teorización del desarrollo del tiempo de la posguerra en adelante.

En otras palabras, bajo dicha categoría se ubicará a la perspectiva del desarrollo bajo los rubros de desarrollo territorial, desarrollo regional, desarrollo local, desarrollo endógeno y desarrollo sustentable. Rubros conceptuales que bajo la revisión bibliográfica de Boisier (2001) y Gutiérrez y González (2010) se entienden como se indica a continuación:

El desarrollo territorial reconoce a una comunidad regulada mediante un dispositivo político-administrativo que define las competencias de ese territorio y su ubicación y papel en el ordenamiento jurídico nacional.

El desarrollo regional consiste en un proceso de cambio estructural localizado que se asocia a un permanente proceso de progreso de la propia región, de la comunidad o sociedad que habita en ella y de cada individuo miembro de tal comunidad y habitante de tal territorio.

El desarrollo local corresponde con un proceso de crecimiento económico y de cambio estructural que conduce a una mejora en el nivel de vida de la población local, en el que se pueden identificar las dimensiones económica, sociocultural y político administrativa.

El desarrollo endógeno corresponde a la capacidad para transformar el sistema socio - económico; la habilidad para reaccionar a los desafíos externos; la promoción de aprendizaje social; y la habilidad para introducir formas específicas de regulación social a nivel local que favorecen el desarrollo de las características anteriores. Es decir, la habilidad para innovar a nivel local. El desarrollo sustentable corresponde con aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de que las generaciones futuras puedan satisfacer las suyas.

Una vez descrita la presente síntesis a la perspectiva del desarrollo, se coincide con Gutiérrez y González (2010) en el hecho de que las teorías del desarrollo implican una tensión entre la teoría y la historia, donde su evolución conceptual está estrechamente vinculada con el acontecer político, económico, social, ambiental y cultural de las naciones. Situación que se observa en la trayectoria histórica de la construcción del paradigma del desarrollo y que, de manera sistematizada, según los argumentos de este capítulo, puede resumirse en la construcción de los siguientes cuadros (Ver Cuadros 9 y 10).

Cuadro 9: Principales rasgos en la perspectiva teórica del desarrollo de la segunda mitad del Siglo XVIII a la primera y segunda mitad del Siglo XIX.

PERÍODO DE INFLUENCIA	ELEMENTOS FUNDAMENTALES EN LA NOCIÓN DEL DESARROLLO	PRINCIPALES EXPONENTES / ESCUELAS	PRINCIPALES RASGOS TEÓRICOS
Segunda mitad del Siglo XVIII	Riqueza	Adam Smith, David Ricardo, John Stuart Mill y Thomas Malthus	Corresponde con el producto de una sociedad organizada jurídica e institucionalmente y representa el indicador de la prosperidad o decadencia de las naciones.
Primera mitad del Siglo XIX	Evolución	Jean Baptiste Lamarck, Charles Lyell y Charles Darwin	Da importancia a la secuencia natural de cambio y la mutación gradual y espontánea. Justifica en cierto modo el análisis marginal del equilibrio general.
Primera y segunda mitad del Siglo XIX	Progreso	Condorat, Alfred Marshall y Leon Walras	Enfatiza el adelanto técnico y la aplicación de nuevos métodos para el mejor aprovechamiento del potencial productivo.

Fuente: Elaboración propia con base en Sunkel y Paz, 1999; Boisier, 2001 y Gutiérrez y González, 2010.

Cuadro 10: Principales rasgos en la perspectiva teórica del desarrollo de la primera mitad del Siglo XX a la segunda mitad del Siglo XX en adelante.

PERÍODO DE INFLUENCIA	ELEMENTOS FUNDAMENTALES EN LA NOCIÓN DEL DESARROLLO	PRINCIPALES EXPONENTES / ESCUELAS	PRINCIPALES RASGOS TEÓRICOS
Primera mitad del Siglo XX	Crecimiento	John Maynard Keynes	Crítica la confianza excesiva en el funcionamiento del mercado y busca a través de la intervención estatal y el aumento de la demanda efectiva, alcanzar la asignación óptima de los recursos y el pleno empleo.
Segunda mitad del Siglo XX	Industrialización	Escuela de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL)	Necesidad proteccionista y de diversificación de las economías. Al igual que mejoramiento social y salarial.
Segunda mitad del Siglo XX en adelante	Capacidades territoriales, institucionales y ambientales	S. Boiser, Francisco Alburquerque, A. Vázquez Barquero, Informe Brundtland	Existe una multiplicidad de enfoques con énfasis en lo territorial, lo regional, lo local, lo endógeno y lo sustentable.

Fuente: Elaboración propia con base en Sunkel y Paz, 1999; Boiser, 2001 y Gutiérrez y González, 2010.

3.1.1 El desarrollo regional

Si bien la noción del desarrollo regional se puede enmarcar en las teorías del desarrollo de la segunda mitad del Siglo XX en adelante, se considera la necesidad de realizar un apartado adicional para cumplir con el mismo objetivo de síntesis y lograr estructurar los principales elementos que den cuenta de los esfuerzos de mejoramiento social en una perspectiva territorial.

Al igual que en el apartado anterior, se reconoce que elaborar una síntesis a un enfoque teórico en particular puede correr el riesgo de omitir elementos importantes de la perspectiva en análisis. Sin embargo, se precisará un rasgo concreto para la elaboración de dicho esfuerzo de síntesis.

En otras palabras, se partirá de reconocer los enfoques o escuelas del desarrollo regional que ven en las fuerzas de atracción y de repulsión los elementos fundamentales para la realización de experiencias territoriales positivas en términos de la convergencia de las variables del desarrollo. Es decir, las fuerzas centrípetas y centrifugas que ayudan a la convergencia.

Varias teorías y modelos buscan explicar el desarrollo regional y sus efectos asimétricos y desequilibrantes que éste trae aparejado consigo (Gutiérrez, 2014). Enfoques que permiten la comprensión de los distintos procesos de crecimiento y las dinámicas de convergencia y divergencia regional. No obstante, se reconoce en la teoría neoclásica, la teoría de la base de exportación, la teoría de los polos de desarrollo, la teoría de la causalidad circular u acumulativa y la nueva geografía económica a los cuerpos teóricos que estructuran de una forma adecuada las fuerzas que invocan a la convergencia o divergencia de las variables del desarrollo regional.

La perspectiva neoclásica tiene como principales referentes a los trabajos de Harrod (1939), Solow (1956) y Swan (1956). Fundamentándose por tanto en el modelo Solow-Swan que

supone rendimientos decrecientes y un mercado de competencia perfecta, donde el nivel de producción de una economía está en función de los factores productivos capital, fuerza de trabajo y el nivel de tecnología.

Los postulados de este enfoque señalan que en tanto haya libre movilidad interregional o intrarregional de capital y fuerza de trabajo, el funcionamiento de los mercados tenderá a equilibrar o igualar los salarios y la eficiencia marginal del capital, de tal forma que las condiciones de dos economías transcurrirán hacia la convergencia. No obstante, la evidencia empírica no sólo no ha validado la hipótesis de la convergencia, sino que el mismo supuesto de competencia perfecta no predice los procesos de concentración de factores en un determinado territorio (Gutiérrez, 2014).

Por su parte la teoría de la base de exportación parte del supuesto de que el crecimiento de una región depende de una variable exógena y de las fuerzas de aglomeración. Es decir, la demanda de sus bienes exportables que genera ingresos y cataliza distintos efectos multiplicadores a nivel regional. Dicha teoría surge en los años cincuenta buscando relacionar la teoría de la localización con las teorías del crecimiento regional. Siendo Douglas North uno de sus principales exponentes y quien estableció que las regiones alcanzan una etapa de especialización productiva tal que, en condiciones de costos de producción y transporte más favorables, les es posible exportar bienes y servicios a otras regiones menos desarrolladas.

En la medida que las regiones crecen alrededor de los bienes principales y exportables, se genera un proceso de agrupamiento y de localización de empresas que generan economías de escala, lo cual, por su parte, mejora la competitividad de dichos bienes y propicia un mayor ingreso a la región.

La teoría de los polos de desarrollo precisa que los elementos locacionales y el fenómeno de aglomeración son centrales para explicar tanto el crecimiento como las asimetrías regionales. Basándose en la idea de que la concentración poblacional y económica favorecen la formación

de economías de escala y de aglomeración. Aspectos que estimulan el crecimiento económico de los territorios en donde se asientan.

Según Perroux (1970) la expansión de la industria clave se concreta en polos industriales complejos que denotan una intensificación de actividades económicas industriales y urbanas debido a la proximidad. Es decir, el polo industrial complejo, geográficamente aglomerado, modifica no sólo su ambiente geográfico inmediato, sino la estructura entera e la economía donde está situado; trayendo consigo un polo de desarrollo en la medida en que existan efectos de difusión o efectos de arrastre hacia el entorno regional.

La teoría de la causación circular y acumulativa de quien su máximo exponente es Gunnar Myrdal, señala que, en tanto dos factores están relacionados, si cualquiera de los dos factores cambiase, se produciría también inevitablemente un cambio en el otro factor, lo que iniciaría un proceso acumulativo de interacción mutua en el cual el cambio experimentado por un factor estaría apoyado de manera continua por la reacción del otro factor, y así sucesivamente en forma circular (Myrdal 1974, citado en Gutiérrez, 2014).

Finalmente, la perspectiva de la nueva geografía regional y los rendimientos crecientes de Fujita, Krugman y Venables (2000) establece que la actividad económica tiende a concentrarse en espacios físicos determinados, regiones o localidades por los rendimientos crecientes que impulsan y refuerzan, a manera de un proceso circular, la localización de la actividad en dichas áreas. Es decir, las concentraciones de población y de la actividad económica “nacen y sobreviven de acuerdo a alguna forma de economía de aglomeración, en la que la misma concentración espacial crea el ambiente económico favorable para el sostenimiento de concentraciones adicionales y continuadas” (Fujita 1999, citado en González, 2014).

Así mismo, Paul Krugman (Ibíd.) señala que la concentración es una prueba clara de la influencia permanente de algún tipo de rendimientos crecientes y que éstos deben explicarse

no necesariamente a partir de economías externas, sino de economías internas mediante modelos de competencia imperfecta y la existencia de rendimientos crecientes.

A partir de estos elementos teóricos se construyen los siguientes cuadros que resumen las principales contribuciones del desarrollo regional en función de las fuerzas centrípetas y centrifugas que contribuyen al desarrollo regional (Ver Cuadros 11 y 12).

Cuadro 11: Principales nociones del desarrollo regional a partir de las fuerzas de convergencia y divergencia en las Teorías neoclásica y de la base de exportación.

TEORÍA / ENFOQUE	PERÍODO DE INFLUENCIA	PRINCIPALES EXONENTES	PRINCIPALES RASGOS TEÓRICOS
Teoría neoclásica	Primera mitad del Siglo XX	Harrod, Solow y Swan	En tanto haya libre movilidad interregional o intrarregional de capital y fuerza de trabajo, el funcionamiento de los mercados tenderá a equilibrar o igualar los salarios y la eficiencia marginal del capital, de tal forma que las condiciones de dos economías, transcurrirán hacia la convergencia.
Teoría de la base de exportación	Segunda mitad del Siglo XX	D. North y Richardson	En la medida que las regiones crecen alrededor de los bienes principales y exportables, se genera un proceso de agrupamiento y de localización de empresas que generan economías de escala, lo cual, por su parte, mejora la competitividad de dichos bienes y propicia un mayor ingreso a la región.

Fuente: Elaboración propia con base en Fujita, et. al., 2000; Gutiérrez, 2010; Krugman, 1992 y Perroux, 1970.

Cuadro 12: Principales nociones del desarrollo regional a partir de las fuerzas de convergencia y divergencia de las Teorías de los polos de desarrollo, la causación circular y acumulativa y la nueva geografía económica.

TEORÍA / ENFOQUE	PERÍODO DE INFLUENCIA	PRINCIPALES EXPONENTES	PRINCIPALES RASGOS TEÓRICOS
Teoría de los polos de desarrollo	Segunda mitad del Siglo XX	F. Perroux	El polo industrial complejo, geográficamente aglomerado, modifica la estructura entera de la economía donde está situado; trayendo consigo un polo de desarrollo en la medida en que existan efectos de difusión o efectos de arrastre hacia el entorno regional.
Teoría de la causación circular y acumulativa	Segunda mitad y último cuarto del Siglo XX	G. Myrdal	En tanto dos factores están relacionados, si cualquiera de los dos factores cambiase, se produciría también inevitablemente un cambio en el otro factor, lo que iniciaría un proceso acumulativo de interacción mutua en el cual el cambio experimentado por un factor estaría apoyado de manera continua por la reacción del otro factor, y así sucesivamente en forma circular
La nueva geografía económica	Último cuarto del Siglo XX	Fujita y Krugman	La concentración es una prueba clara de la influencia permanente de algún tipo de rendimientos crecientes y que éstos deben explicarse no necesariamente a partir de economías externas, sino de economías internas mediante modelos de competencia imperfecta y la existencia de rendimientos crecientes.

Fuente: Elaboración propia con base en Fujita, et. al., 2000; Gutiérrez, 2010; Krugman, 1992 y Perroux, 1970.

3.2 El enfoque teórico de la región

Siguiendo a Gasca (2009) se indica que la noción de región proviene de la tradición grecolatina para representar delimitaciones celestes producto de las prácticas religiosas romanas. Concepto relacionado etimológicamente con el verbo *regere* que significa dirigir, guiar, mandar, trazar límites y con la raíz *reg*, del cual se originaron los términos de reino, regente, regla y regidor.

Es decir, en sus inicios la región comprendió al orden espacial resultante, a partir de las relaciones de poder y dominio que ejercen determinados actores políticos a través de una organización de particiones espaciales. Génesis que dio pauta a concepciones más elaboradas en torno al concepto región y que para Gasca (2009) se destaca a la región homogénea, la nodal, la sistémica, la política y la región plan o programa.

La región homogénea da cuenta del ámbito continuo o uniforme en el que cada una de sus partes presentan características afines, se evidencian continuidades, similitudes y diferencias espaciales que guardan determinados fenómenos.

La región nodal o funcional sintetiza ámbitos espaciales identificables a través de las relaciones funcionales que se establecen entre diferentes elementos que la componen. En otras palabras, esta región explica procesos de integración de territorios específicos a partir del alcance que ejercen los determinados polos o centros, generalmente ciudades, según su jerarquía y fuerza de articulación.

Por su parte, la región sistema o sistémica integra un ámbito integrador u holístico que la hace equivalente a la región total. Es decir, una porción de la superficie terrestre donde la población organizada en el seno de ciertos límites administrativos, políticos y sociales, encara retos naturales, sociales, políticos y económicos, lo que hace a la región una entidad integrada, una

totalidad, es la suma de relaciones e interacciones que se establecen entre múltiples elementos de la misma.

En cuanto a unidades territoriales delimitadas en función de intereses de apropiación, dominación y control se presenta a la región política. Región que permite organizar los territorios a base de subdivisiones espaciales que define el alcance de ámbitos territoriales a distintas escalas y jerarquías donde se estructuran poderes regionales. La región desde esta perspectiva está relacionada a conceptos como frontera, límites, soberanía, apropiación, control y jurisdicción.

Finalmente, la región plan o programa indica los ámbitos territoriales objeto de intervención y gestión del desarrollo por parte de actores estatales y gubernamentales. Es decir, un medio de acción política, donde cada región juega un rol en función de objetivos de políticas públicas o instrumentos de intervención del Estado.

3.2.1 Regionalización

La regionalización, señala Gasca (2009), es un concepto relativo que está en función del enfoque sobre el que se aborda y se conceptualiza el tipo de región o el fenómeno regional tratado. Es decir, la regionalización se dará en función de la perspectiva que se trate; bien sea como objeto de análisis, como objeto de intervención o como sujeto en cuanto a determinadas prácticas de la acción social o como resultado de una serie de procesos.

La regionalización objeto de análisis precisa criterios de homogeneidad, funcionalidad y análisis sistémico. Dicho enfoque permite visibilizar procesos de diferenciación, asociación espacial y relaciones funcionales entre elementos. Metodológicamente puede ser entendida como un ejercicio clasificatorio de elementos, componentes y fenómenos; dicho en otras palabras, un recurso para el análisis de estructuras y sistemas de relaciones espaciales.

La regionalización objeto de intervención muestra la organización de ámbitos espaciales para la acción de determinados actores que les permite estructurar territorialidades; como lo son procesos de delimitación, apropiación, control, ejercicio del poder político y gestión del desarrollo sobre ámbitos espaciales específicos. Metodológicamente se entiende a partir del establecimiento y cumplimiento de metas sobre un fin determinado. De ahí que la regionalización sea vista como una subdivisión operativa de planes o programas.

Finalmente, la regionalización como sujeto destaca la capacidad propia de conducción política a partir de la fuerza que asumen los actores e instituciones regionales y los procesos de gestión y participación para la construcción de un proyecto común. La regionalización como sujeto se asume como una especie de conciencia regional y de identificación de determinados grupos sociales o comunidades hacia un territorio; o lo que Taracena (citado en Gasca, 2009) caracteriza como un proceso de identificación consciente, cultural, política y sentimental que grandes grupos desarrollan con el espacio regional.

3.2.2 La regionalización del centro de la cuenca del río Tacámbaro

El presente subapartado constituye la aplicación de los elementos teóricos desarrollados previamente al área de estudio y que tienen que ver con el enfoque teórico de la región y la regionalización. Es decir, se precisarán los criterios de homogeneidad y funcionalidad del territorio para regionalizar desde una perspectiva de objeto de análisis.

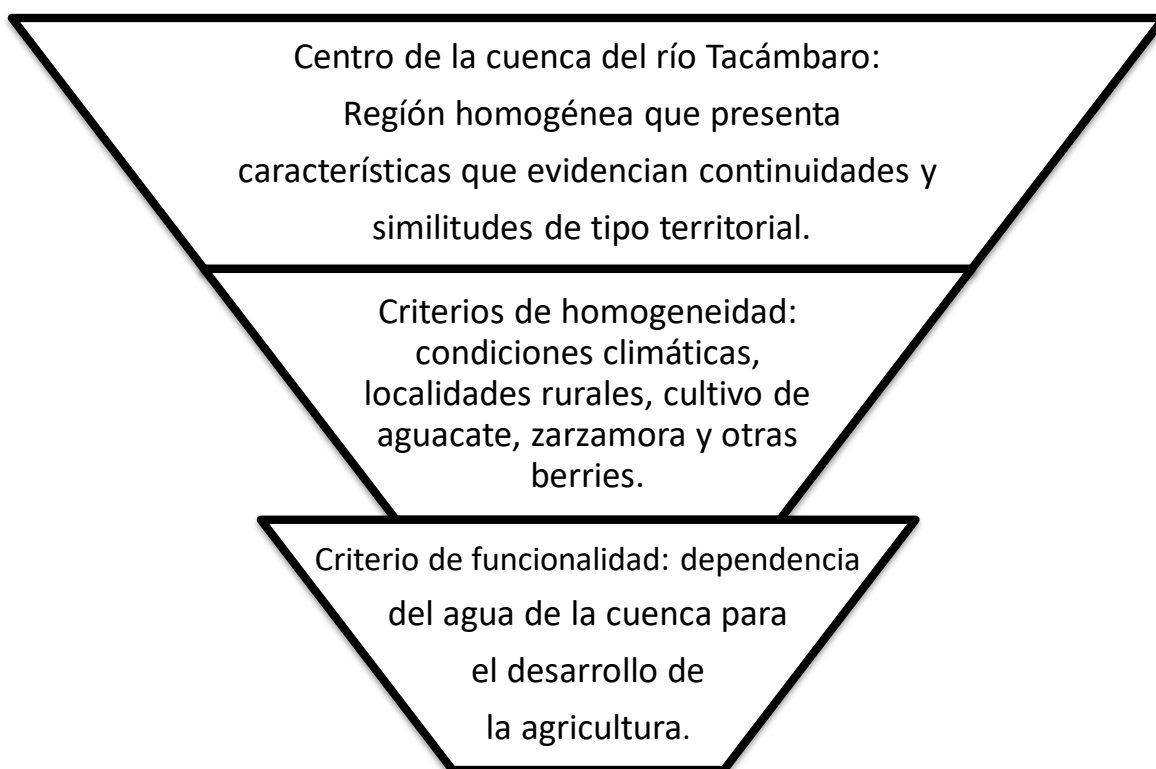
La cuenca del río Tacámbaro al nutrir al municipio con 99% del recurso hídrico (INEGI, 2009) encuentra una dispersión natural dada por los recursos naturales y agrícolas a los que provee. Ante tal dispersión y la imposibilidad de un registro preciso del cauce de la cuenca, se tomará en cuenta al espacio comprendido en el centro de la cuenca y que corresponde con las localidades que atiende la Asociación de Usuarios del río Tacámbaro. Siendo las más

representantes: Piedra del Molino, La Policlínica, El Testero, Copitero, La Parotita, Serrano y San José Buenavista.

Los criterios de homogeneidad de estas localidades son que comparten características climáticas similares, son localidades no mayores a los 2, 500 habitantes y el cultivo predominante en esta área es el aguacate, la zarzamora y otras berries. Como criterio de funcionalidad, se establece que estas localidades tienen la dependencia del agua de la cuenca para el desarrollo de su actividad económica principal que es la agricultura.

Finalmente, y una vez establecidos los criterios de homogeneidad y funcionalidad, se puede decir que la región centro de la cuenca del río Tacámbaro es una región homogénea, dado que presentan características que evidencian continuidades y similitudes de tipo territorial (Ver Figura 7).

Figura 7: Regionalización del Centro de la cuenca del río Tacámbaro según objeto de análisis.



Fuente: Elaboración propia con base en Gasca, 2009.

3.3 La economía ambiental

Labandeira, et. al. (2007) señalan que en la década de 1970 el pensamiento económico sobre el medio ambiente observa un desarrollo acelerado y una conformación plena como un marco conceptual diferenciado, por la preocupación del uso ineficiente de los recursos naturales y ambientales. Aspecto que da pauta al nacimiento de la economía ambiental como una disciplina que estudia la asignación eficiente de los recursos naturales por medio de instrumentos y técnicas de análisis económico de la escuela neoclásica con la propuesta de posibles soluciones a dicha problemática.

El supuesto básico, nos dice Azqueta (2007), del cual se parte es el de que la degradación ambiental es el resultado de un proceso en el que las personas, y en ocasiones la sociedad, trata de resolver racionalmente un problema de maximización condicionada, en el que la información procesada no es la correcta, y no se cuenta con los incentivos necesarios para actuar en consecuencia. Es decir, el problema de maximizar el valor de las necesidades que se satisfacen con el acceso a una serie de recursos limitados, en el marco de una economía de mercado para bienes que no reconoce el mercado.

Por ello es que se hace necesario buscar un equilibrio entre el valor que la sociedad concede al hecho de satisfacer las necesidades de algunos de sus miembros, y el que le da a la degradación ambiental que ello lleva consigo.

Los antecedentes de la economía ambiental se encuentran, principalmente, en los desarrollos teóricos de Pigou, Hotelling y Coase (Labandeira, et. al., 2007). Pigou en 1920 analizó posibles soluciones para la corrección de externalidades, indicando que ante un comportamiento no óptimo de la economía de mercado existía un margen para la intervención gubernamental con el objetivo de incrementar su bienestar. Es decir, Pigou sugirió el uso de subsidios, impuestos y legislación como los instrumentos de política que serían útiles para la consecución de un uso racional de los recursos naturales.

Hoteeling por su parte hacia 1931, estableció una regla precedente al análisis de la gestión de los recursos naturales, según la cual, para justificar la extracción de un recurso natural el precio del recurso menos el coste de extracción debe aumentar con el tipo de interés. Es decir, una interacción entre los beneficios presentes y futuros bajo una evaluación que determine el costo de extracción en un contexto dinámico.

En otras palabras, Hotelling planteo un modelo con dos costes; el coste marginal de extracción que surge de las operaciones del trabajo y el capital, y el coste marginal de uso procedente de los beneficios perdidos a medida que se pospone la extracción. Donde este último coste ha de ser igual al beneficio susceptible de ser obtenido en el margen por la decisión de extraer, que viene dado por el tipo de interés, que en última instancia justifica la extracción del recurso o bien ambiental.

Ronald Coase hacia 1960 propone un paradigma de gestión para problemas de mercado. Coase enfatiza la negociación con las partes interesadas a través del mercado y destacando los derechos de propiedad; donde las partes interesadas llegan a acuerdos ante escenarios de indefinición de derechos de propiedad. En otras palabras, la propuesta de Coase apuesta por la definición de los derechos de propiedad para llegar a la mejor negociación.

3.3.1 Las externalidades

Al recapitular lo que se ha mencionado respecto a la economía ambiental; estableciendo que la misma corresponde a la subdisciplina económica que con el instrumental neoclásico busca equilibrios de mercado para bienes que carecen del mismo (bienes ambientales) y la satisfacción de necesidades individuales, resaltan dos elementos fundamentales en la perspectiva de la economía ambiental. Siendo estos las externalidades y los bienes públicos.

Las externalidades, señala Azqueta (2007), aparecen cuando el comportamiento de un agente económico, ya sea consumidor o empresa, afecta al bienestar de otro agente, sin que este último haya elegido esa modificación, y sin que exista un precio o contraparte monetaria, que lo compense. Por ejemplo, cuando la contaminación de una fábrica contamina el aire y se genera un efecto externo de insatisfacción en otros individuos de la sociedad que disfrutan del aire limpio.

“Las externalidades ambientales se definen como las interacciones que surgen entre consumidores y/o productores en el uso de los bienes que proporciona el medio ambiente... un concepto útil para definir las relaciones entre productores y/o consumidores que no pasan por el mercado.” (Labandeira, et. al, 2007:70).

Siguiendo con las externalidades, vale mencionar que hay de distintos tipos; inclusive pudiendo haber externalidades positivas que ocurren si la acción que no pasa por el mercado supone un aumento de bienestar. Por ejemplo, la educación pública que genera efectos positivos en terceros y la sociedad en general.

Una tipología reveladora de externalidades es que la proponen Labandeira, et. al., (2007) y que son las que se generan entre productores, consumidores y entre consumidores y productores. Las externalidades entre productores se dan cuando la producción y los beneficios de una empresa dependen de las acciones tomadas por otros productores. Existen externalidades entre consumidores cuando la utilidad de un consumidor depende de las decisiones adoptadas por otro consumidor. Finalmente se dan externalidades entre consumidores y productores cuando la utilidad de los individuos depende del nivel de producción de alguna empresa, o las posibilidades de producción dependen del consumo o acciones de algunos individuos.

3.3.2 Los bienes públicos

Los bienes públicos son aquellos bienes respecto de los cuales su consumo es difícil de restringir. Ya sea porque es costoso o imposible excluir a los agentes del consumo del bien o porque el consumo del bien no disminuye la cantidad disponible por otros consumidores. Es decir, los bienes públicos serán aquellos que tienen las propiedades de no exclusión y no rivalidad.

Cuando hablamos de un bien público que posee ambas características, de no exclusión y no rivalidad, nos encontramos en la presencia de bienes públicos puros. Por ejemplo, el aire limpio, los mares, los lagos, la capa de ozono, los ecosistemas, la masa forestal y el clima.

Una dificultad de los bienes públicos puros es que los incentivos que una persona pudiera tener para pagar por garantizarse el acceso al mismo son escasos. Ya que sabe que, si ella paga, todos los demás se van a beneficiar igualmente, y que, si otro lo hace, nadie podrá impedirle su disfrute.

Por otro lado, los bienes públicos impuros poseen la característica de excluir a algunos individuos del consumo del bien o generar rivalidad por su consumo; por ejemplo, el acceso a los espacios naturales o a las playas. Es decir, bienes para los que puede ser muy costosa pero deseable la exclusión, pero donde la rivalidad surge a partir de determinados niveles de congestión.

Habiendo hecho la precisión respecto a la existencia de bienes públicos puros e impuros es que se comprende la dificultad para la asignación eficiente de los recursos a través del mercado. En otras palabras y al igual que en el caso de las externalidades, surgen problemas para la consecución de una asignación eficiente de los recursos por medio del mercado. Con lo cual se entiende que el libre funcionamiento del mercado no garantiza la obtención del máximo bienestar colectivo en estos casos.

3.4 La teoría de los números borrosos

La toma de decisiones hace referencia al conjunto de operaciones tanto mentales como físicas que comprenden el momento en el que se detecta una situación que hace necesaria la toma de una decisión hasta que ésta es adoptada y ejecutada (Gracia, et al., 2007). Es precisamente en la toma de decisiones donde encontramos la utilidad de la teoría de los números borrosos.

A continuación, se describe la teoría de los números borrosos desde sus principales elementos. Siendo éstos la valuación, el intervalo de confianza, los subconjuntos borrosos, los números borrosos, los expertones, las variables lingüísticas y las Medias Ponderadas Ordenadas (OWA).

3.4.1. Valuación

Es un dato numérico en una escala adecuada de valores que afectamos a un fenómeno percibido por nuestros sentidos o por nuestra experiencia. Es la expresión subjetiva de un nivel de verdad, el cual toma sus valores del intervalo de confianza $[0, 1]$. Se tiene que distinguir del concepto de:

Evaluación: es la asociación de un valor numérico, que puede ser positivo, negativo o nulo, a un objeto (concreto o abstracto) realizada por un experto.

Probabilidad: es un dato objetivo, y por tanto teórico, aceptado por todo el mundo. Obsérvese que la probabilidad se halla ligada a la noción de azar mientras que la valuación a la noción de incertidumbre y subjetividad

La valuación puede expresarse de diferentes formas:

Número preciso "a", siendo $a \in [0,1]$.

Intervalo de confianza " $[a_1, a_2]$ ", siendo $0 \leq a_1 \leq a_2 \leq 1$ donde a_1 es el extremo inferior y a_2 el extremo superior

Tripleta de confianza " $[a_1, a_2, a_3]$ ", siendo $0 \leq a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq 1$ donde a_1 , a_2 , a_3 son el extremo inferior, el máximo de presunción, es decir, el valor que se presume como de mayor posibilidad de ocurrencia, y el extremo superior respectivamente.

Cuádruplo de confianza " $[a_1, [a_2, a_3], a_4]$ ", siendo $0 \leq a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4 \leq 1$ donde a_1 es el extremo inferior, a_2 y a_3 al intervalo de máxima de presunción, es decir, el valor que se presume como de mayor posibilidad de ocurrencia, y a_4 el extremo superior respectivamente.

Cuando una valuación expresa un valor de verdad entre 0 (falso) y 1 (verdadero), se pueden elegir un número infinito de correspondencias semánticas de la verdad a la falsedad. Veamos algunos ejemplos:

Escala binaria: {0 = falso, 1 verdadero}.

Escala ternaria: {0 = falso, 0.5 = ni falso ni verdadero, 1 = verdadero}.

Escala cuaternaria: {0 = falso, 1/3 = más falso que verdadero, 2/3 = más verdadero que falso, 1 = verdadero}.

Escala pentaria: {0 = falso, 1/4 = más falso que verdadero, 1/2 = ni verdadero ni falso, 3/4 = más verdadero que falso, 1 = verdadero}.

Escala endecadaria: {0 = falso, 1/10 = prácticamente falso, 2/10 = casi falso, 3/10 = bastante falso, 4/10 = más falso que verdadero, 5/10 = ni verdadero ni falso, 6/10 = más verdadero que falso, 7/10 = bastante verdadero, 8/10 = casi verdadero, 9/10 = prácticamente verdadero, 1 = verdadero}.

3.4.1.1 Aritmética de las valuaciones

La adición, sustracción, producto y división ordinarias no forman parte de la aritmética de las valuaciones en $[0, 1]$, al no ser operaciones internas, ya que el resultado puede quedar fuera del intervalo $[0, 1]$.

Las principales operaciones lógicas con las valuaciones son:

- Mínimo (\wedge): que corresponde a “y” (el uno y el otro).
- Máximo (\vee): que corresponde a “y/o” (el uno, el otro o los dos).
- Complemento a la unidad ($\bar{}$).

La aplicación de las operaciones para cada una de las formas en que se pueden expresar las valuaciones será, dados:

- Números precisos: $a, b \in [0, 1]$.
- Intervalos de confianza: $[a_1, a_2], [b_1, b_2]$, con $a_1, a_2, b_1, b_2 \in [0, 1]$.
- Tripletas: $[a_1, a_2, a_3], [b_1, b_2, b_3]$ con $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3 \in [0, 1]$.
- Cuádruplos: $[a_1, [a_2, a_3], a_4], [b_1, [b_2, b_3], b_4]$ con $a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2, b_3, b_4 \in [0, 1]$.

Mínimo:

- Números precisos: $a \wedge b = \min \{a, b\}$.
- Intervalos de confianza: $[a_1, a_2] \wedge [b_1, b_2] = [\min \{a_1, b_1\}, \min \{a_2, b_2\}]$.
- Tripletas: $[a_1, a_2, a_3] \wedge [b_1, b_2, b_3] = [\min \{a_1, b_1\}, \min \{a_2, b_2\}, \min \{a_3, b_3\}]$.

- Cuádruplos: $[a_1, [a_2, a_3], a_4] (\wedge) [b_1, [b_2, b_3], b_4] = [\min \{a_1, b_1\}, [\min \{a_2, b_2\}, \min \{a_3, b_3\}], \min \{a_4, b_4\}]$.

Máximo:

- Números precisos: $a (\vee) b = \max \{a, b\}$.
- Intervalos de confianza: $[a_1, a_2] (\vee) [b_1, b_2] = [\max \{a_1, b_1\}, \max \{a_2, b_2\}]$.
- Tripletas: $[a_1, a_2, a_3] (\vee) [b_1, b_2, b_3] = [\max \{a_1, b_1\}, \max \{a_2, b_2\}, \max \{a_3, b_3\}]$.
- Cuádruplos: $[a_1, [a_2, a_3], a_4] (\vee) [b_1, [b_2, b_3], b_4] = [\max \{a_1, b_1\}, [\max \{a_2, b_2\}, \max \{a_3, b_3\}], \max \{a_4, b_4\}]$.

3.4.1.2. Propiedades

Tanto el operador máximo como el mínimo cumplen las siguientes propiedades:

- Conmutatividad

$$a (\wedge) b = b (\wedge) a$$

$$a (\vee) b = b (\vee) a$$

- Asociatividad

$$(a (\wedge) b) (\wedge) c = a (\wedge) (b (\wedge) c) = a (\wedge) b (\wedge) c$$

$$(a (\vee) b) (\vee) c = a (\vee) (b (\vee) c) = a (\vee) b (\vee) c$$

- Idempotencia

$$a (\wedge) a = a$$

$$a (\vee) a = a$$

- Distributividad

$$a (\wedge) (b (\vee) c) = (a (\wedge) b) (\vee) (a (\wedge) c)$$

$$a (\vee) (b (\wedge) c) = (a (\vee) b) (\wedge) (a (\vee) c)$$

3.4.2 Intervalo de confianza

En los números reales a un intervalo cerrado a la izquierda y a la derecha como el subconjunto A de \mathbb{R} :

$$A = [a_1, a_2] \text{ para } a_1 \leq a_2, a_1, a_2 \in \mathbb{R}$$

Donde:

$$a_1 = \text{límite inferior del intervalo}$$

$$a_2 = \text{límite superior del intervalo}$$

Si no existe la manera de precisar una magnitud, es decir, si es incierta o tiene un grado de incertidumbre, la forma de que se dispone es que es mayor o menor a a_1 , y menor o igual a a_2 , de modo que el segmento $A = [a_1, a_2]$ es un “intervalo de confianza” en \mathbb{R} relativo a la magnitud considerada. Un intervalo de confianza se puede generalizar a través de un dominio de confianza en los números reales \mathbb{R} .

3.4.2.1. Operaciones con intervalos de confianza

Sea $A = [a_1, a_2] \subset \mathbb{R}$, $B = [b_1, b_2] \subset \mathbb{R}$ y $C = [c_1, c_2] \subset \mathbb{R}$, intervalos de confianza. Se definen las siguientes operaciones

a) Suma

$$A(+)B = [a_1, a_2](+)[b_1, b_2] = [a_1 + b_1, a_2 + b_2]$$

b) Resta

$$A(-)B = [a_1, a_2](-)[b_1, b_2] = [a_1 - b_1, a_2 - b_2]$$

c) Producto

$$\begin{aligned} A(\cdot)B &= [a_1, a_2](\cdot)[b_1, b_2] \\ &= [\min(a_1(\cdot)b_1, a_1(\cdot)b_2, a_2(\cdot)b_1, a_2(\cdot)b_2), \max(a_1(\cdot)b_1, a_1(\cdot)b_2, a_2(\cdot)b_1, a_2(\cdot)b_2)] \end{aligned}$$

Para el caso de \mathbb{R}^+ , tenemos $A(\cdot)B = [a_1, a_2](\cdot)[b_1, b_2] = [a_1(\cdot)b_1, a_2(\cdot)b_2]$

d) División

$$A(\cdot)B = [a_1, a_2](\div)[b_1, b_2]$$

$$= [\min(a_1(\div)b_1, a_1(\div)b_2, a_2(\div)b_1, a_2(\div)b_2), \max(a_1(\div)b_1, a_1(\div)b_2, a_2(\div)b_1, a_2(\div)b_2)]$$

Para el caso de \mathbb{R}^+ , tenemos $A(\div)B = [a_1, a_2](\div)[b_1, b_2] = [a_1(\div)b_1, a_2(\div)b_2]$

e) Multiplicación por un número real

Dado $k \in \mathbb{R}$:

$$k(\cdot)A = [\min(ka_1, ka_2), \max(ka_1, ka_2)]$$

Entonces, si

a) $k \geq 0$, $k(\cdot)A = [ka_1, ka_2]$

a) $k < 0$, $k(\cdot)A = [ka_2, ka_1]$

e) División por un número real

Dado $k \in \mathbb{R}$:

$$A(\div)k = [\min(a_1/k, a_2/k), \max(a_1/k, a_2/k)]$$

Entonces, si

a) $k \geq 0$, $A(\div)k = [a_1/k, a_2/k]$

a) $k < 0$, $A(\div)k = [a_2/k, a_1/k]$

3.4.3 Subconjuntos borrosos

Supongamos ahora que la característica del conjunto A es “el elemento x está de moda”. La definición de este conjunto es poco precisa, ya que tendrá elementos no estén nada de moda, otros que estén totalmente de moda, pero la mayoría tendrá un mayor o menor grado de moda. Este grado lo podemos definir como un valor del intervalo $[0,1]$ de forma que si está poco de moda, tomará valores cercanos a cero y si está muy de moda, tomará valores cercanos a uno. A este conjunto se le define como \tilde{A} . Entonces, la función característica o de

pertenencia se podrá definir como una aplicación del conjunto referencial E (conjunto de letras) en el intervalo $[0,1]$.

$$\mu_{\tilde{A}}(x): E \rightarrow [0,1]$$

De forma que a cada elemento del conjunto referencial E se le asigne un valor $\alpha \in [0,1]$

De igual forma que antes, también sería posible identificar a cada uno de los elementos del referencial con un par $(E, \mu_{\tilde{A}}(x))$, por ejemplo, $(a,1)$, $(b,0,8)$, $(c,0,2)$, $(d,0)$, $(e,0,3)$ etc. De acuerdo con esta interpretación, la letra a estaría totalmente de moda, la letra d nada de moda, la b bastante y la c y e poco de moda.

Conceptos básicos de los subconjuntos borrosos

Soporte. El soporte de un subconjunto borroso está formado por todos aquellos elementos del referencial E cuya función de pertenencia es mayor que cero, esto, es:

$$\text{Sop}(\tilde{A}) = \{x \in E / \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\}$$

Núcleo. El núcleo de un subconjunto borroso está formado por todos aquellos elementos del referencial E cuya función de pertenencia es igual a uno, esto es:

$$\text{Nucl}(\tilde{A}) = \{x \in E / \mu_{\tilde{A}}(x) = 1\}$$

Alfa-corte (A_{α}). Se podría definir como

$$A_{\alpha} = \{x \in E / \mu_{\tilde{A}}(x) \leq \alpha\}$$

Si el conjunto referencial E son los números reales, entonces el nivel de presunción sería un intervalo de confianza.

$$A_{\alpha} = \{x \in E / \mu_{\tilde{A}}(x) \leq \alpha\} = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$$

Normalidad. Un conjunto borroso $A \subset \mathbb{R}$ es normal si el máximo de su función de pertenencia es 1, esto es:

$$\forall_x \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$$

Dicho máximo se puede alcanzar en un único punto o en varios puntos.

Convexidad. Cada nivel de presunción α define un subconjunto de confianza, que al tratarse de números reales viene definido en forma de intervalo de confianza $A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$. El conjunto \tilde{A} con intervalos de confianza $[a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$ se dice que es convexo si dado un nivel de presunción α

$$\forall \lambda \in [0,1], \lambda a_1(\alpha) + (1-\lambda)a_2(\alpha) \in \tilde{A}$$

3.4.3.1. Operaciones con subconjuntos borrosos: intersección, unión y complementación

Intersección

$$\tilde{A} \cap \tilde{B} \Leftrightarrow \forall x \in E, \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}}(x)$$

La operación de intersección toma el mínimo. Es decir, si se dispone de dos subconjuntos borrosos, para cada valor de x , esta operación toma el mínimo de ambos subconjuntos. En la figura siguiente, el área marcada, ya que para cada punto x , es el mínimo de las dos funciones

Unión

$$\tilde{A} \cup \tilde{B} \Leftrightarrow \forall x \in E, \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) \vee \mu_{\tilde{B}}(x)$$

Complementación

$$\forall x \in E, \mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$$

Para cada valor de x , se toma el valor 1 menos el valor de la función de pertenencia.

3.4.4. Números borrosos

Se denomina número borroso a un subconjunto borroso cuyo referencial pertenece al conjunto de los números reales, cuya función característica o de pertenencia es normal y convexa.

Un número borroso se puede representar mediante tres formas distintas:

a) En forma de intervalos de confianza, tripletas o cuádruplos

- $[a_1, a_2]$, que indica que un número puede variar entre a_1 y a_2 .
- $[a_1, a_2, a_3]$, que indica que el número puede variar entre a_1 y a_3 , y es el número a_2 el presente un nivel máximo de presunción.
- $[a_1, [a_2, a_3], a_4]$, el número puede variar entre a_1 y a_4 , y el nivel de máxima presunción se encuentra entre a_2 y a_3 .

b) En forma de α -cortes. Por ejemplo $[3\alpha + 5, 10 - 2\alpha]$. Téngase presente que α se corresponde con el eje de ordenadas (eje y), mientras que la x se corresponde con el eje de abscisas. Para usar funciones habituales, tendríamos que hacer para el extremo inferior.

$$3\alpha + 5 = x$$

$$\alpha = \frac{x - 5}{3}$$

Y para el extremo superior:

$$10 - 2\alpha = x$$

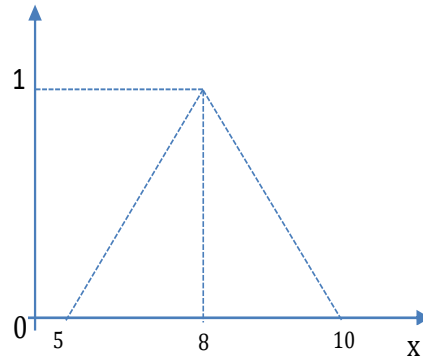
$$\alpha = \frac{10 - x}{2}$$

Esta forma se corresponde con la siguiente forma de representar números borrosos:

c) A través de la función de pertenencia. Siguiendo con el ejemplo anterior, se podría representar de esta forma:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < 5 \\ \frac{x-5}{3} & 5 \leq x \leq 8 \\ \frac{10-x}{2} & 8 < x \leq 10 \\ 0 & x > 10 \end{cases}$$

Cuya representación gráfica es



Que podemos definir

a) En forma de triplete

$$[5, 8, 10]$$

b) α -cortes

$$\left[\frac{x-5}{3}, \frac{10-x}{2} \right]$$

c) A través de la función de pertenencia, definida anteriormente

3.4.4.1. Operaciones con números borrosos

a) *Suma*

Caso continuo. Sean dos números borrosos definidos por sus α -cortes,

$A = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$ y $B = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$, se define α -cortes del número borroso suma

$C = [c_1(\alpha), c_2(\alpha)]$ como:

$$\begin{aligned} C &= [c_1(\alpha), c_2(\alpha)] = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)] (+) [b_1(\alpha), b_2(\alpha)] \\ &= [a_1(\alpha) + b_1(\alpha), a_2(\alpha) + b_2(\alpha)] \end{aligned}$$

Caso discreto. Se usa la convulsión maxmin para la suma que se define como

$$\mu_{\tilde{A}(+) \tilde{B}}(z) = \bigvee_{z=x+y} (\mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}}(y))$$

b) Resta

Caso continuo. Sean dos números borrosos definidos por sus α -cortes,

$A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$ y $B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$, se define α -cortes del número borroso resta

$C_\alpha = [c_1(\alpha), c_2(\alpha)]$ como:

$$\begin{aligned} C_\alpha &= [c_1(\alpha), c_2(\alpha)] = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)](-) [b_1(\alpha), b_2(\alpha)] \\ &= [a_1(\alpha) - b_2(\alpha), a_2(\alpha) - b_1(\alpha)] \end{aligned}$$

Caso discreto. Se usa la convulsión maxmin para la suma que se define como

$$\mu_{\tilde{A}(-)\tilde{B}}(z) = \bigvee_{z=x-y} (\mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}}(y))$$

c) Multiplicación de números borrosos.

Caso continuo. Sean dos números borrosos \tilde{A} y \tilde{B} definidos por sus α -cortes,

$A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$ y $B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$, se definen el α -corte del número borroso

$\tilde{C} = \tilde{A}(\cdot)\tilde{B}$ como

$$\begin{aligned} C_\alpha &= A_\alpha(\cdot)B_\alpha = [c_1(\alpha), c_2(\alpha)] \\ &= \left[\begin{array}{l} \min(a_1(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_1(\alpha) \cdot b_2(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_2(\alpha)), \\ \max(a_1(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_1(\alpha) \cdot b_2(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_2(\alpha)) \end{array} \right] \end{aligned}$$

Nota: en \mathbb{R}^+ el resultado obtenido es:

$$C_\alpha = A_\alpha(\cdot)B_\alpha = [c_1(\alpha), c_2(\alpha)] = [a_1(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_2(\alpha)]$$

Caso discreto. Se usa la convulsión maxmin para la suma que se define como

$$\mu_{\tilde{A}(\cdot)\tilde{B}}(z) = \bigvee_{z=x \cdot y} (\mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}}(y))$$

d) *División de números borrosos*

Ámbito continuo.

Sean dos números borrosos \tilde{A} y \tilde{B} definidos por sus α -cortes, $A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$ y $B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$, se definen el α -corte del número borroso $\tilde{C} = \tilde{A}(\div)\tilde{B}$ como el producto \tilde{A} por el pseudo-inverso de \tilde{B} (\tilde{B}^{-1})

$$C_\alpha = A_\alpha(\div)B_\alpha = [c_1(\alpha), c_2(\alpha)] = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)](\div)[b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$$

El pseudo-inverso se define en \mathbb{R}^+ o en \mathbb{R}^-

1. En \mathbb{R}^+

$$C_\alpha = A_\alpha(\div)B_\alpha = A_\alpha(\cdot)B_\alpha^{-1} = \left[\frac{a_1(\alpha)}{b_2(\alpha)}, \frac{a_2(\alpha)}{b_1(\alpha)} \right]$$

En \mathbb{R}^-

$$C_\alpha = A_\alpha(\div)B_\alpha = A_\alpha(\cdot)B_\alpha^{-1} = \left[\frac{a_2(\alpha)}{b_1(\alpha)}, \frac{a_1(\alpha)}{b_2(\alpha)} \right]$$

Ámbito discreto

$\forall x, y, z \in \mathbb{R}^+ \text{ o } \mathbb{R}^-$

$$\mu_{A \div B}(z) = \bigvee_{z=x(\div)y} (\mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}}(x))$$

Multiplicación por un número real

a) En el ámbito continuo se define como:

Sean un número borroso \tilde{A} definido por su α -corte $A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$ y sea un número real k , se define el producto $k(\cdot)\tilde{A}$ como

$$\begin{aligned} k(\cdot)\tilde{A} &= k \cdot [a_1(\alpha), a_2(\alpha)] \\ &= [\min(k \cdot a_1(\alpha), k \cdot a_2(\alpha)), \max(k \cdot a_1(\alpha), k \cdot a_2(\alpha))] \end{aligned}$$

b) En el ámbito discreto

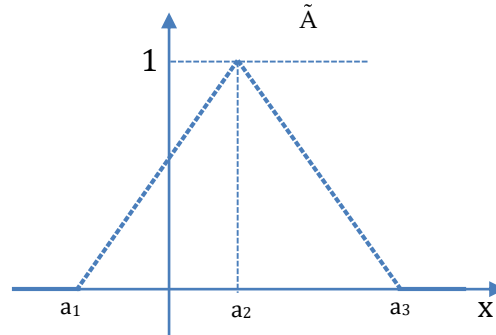
Sean z y k dos números reales, se define el producto $k(\cdot)\tilde{A}$ como

$$\mu_{k\tilde{A}}(z) = \mu_{\tilde{A}}(k \cdot z)$$

Nota: para la división se procede en ambos casos de la misma forma sin más que sustituir k por $1/k$

3.4.4.2. Números borrosos triangulares

Un número borroso es triangular si sus funciones de pertenencia son lineales y tienen un único máximo de presunción. Son los números más ampliamente utilizados. A continuación, se muestra su representación gráfica. Como puede observarse, la parte derecha e izquierda son funciones lineales, crecientes y decrecientes respectivamente, y sólo existe un punto donde la función alcanza el valor 1, y no lo rebase en ningún instante.



La función de pertenencia se obtiene de la siguiente forma:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2} & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases}$$

Y los α -cortes se obtiene de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{x-a_1}{a_2-a_1} \rightarrow x = a_1 + \alpha \cdot (a_2 - a_1)$$

$$\alpha = \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} \rightarrow x = a_3 - \alpha \cdot (a_3 - a_2)$$

Es decir

$$A_\alpha = [a_1 + \alpha \cdot (a_2 - a_1), a_3 - \alpha \cdot (a_3 - a_2)]$$

a) Suma de números borrosos triangulares

Dados dos números borrosos triangulares $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ y $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ se define el número borroso triangular $\tilde{C} = \tilde{A}(+) \tilde{B}$ como

$$\tilde{C} = \tilde{A}(+) \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) + (b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$$

b) Resta de números borrosos triangulares

Dados dos números borrosos triangulares $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ y $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ se define el número borroso triangular $\tilde{C} = \tilde{A}(-) \tilde{B}$ como

$$\tilde{C} = \tilde{A}(-) \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) (-) (b_1, b_2, b_3) = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1)$$

c) Producto por un número real

Dado un número real k , y un número borroso triangular $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$, se define el producto $k \cdot \tilde{A}$ de un número real por un número borroso triangular, como

$$k \cdot \tilde{A} = (\min(ka_1, ka_3), ka_2, \max(ka_1, ka_3))$$

Nota: el producto y el cociente de dos números borrosos triangulares no resultan números borrosos triangulares por lo que para su formulación se tomarán la definición general de números borrosos para estas operaciones.

3.4.5 Expertones

La opinión de cada experto proporciona información sobre la experiencia sobre un concepto particular en una escala endecadaria, que puede sugerirse a priori, así como la correspondiente semántica de dicha escala (Kaufmann, Gil y Terceño, 1994).

Los expertos proporcionan su opinión en un intervalo de $[0, 1]$, las cuales son frecuencias absolutas de los extremos inferiores y superiores de los intervalos proporcionados por expertos. La normalización de los datos estadísticos de las primeras asignaciones de expertos es normalizada como frecuencias relativas la cual es dividida por el número de expertos. Por último, la función acumulada complementaria se empieza por el nivel 1 y se suma las frecuencias relativas ascendiendo en cada nivel. El proceso de conformación de expertón, de acuerdo al número de expertos (n) en una escala endecadaria es:

experto 1: $[0, .4]$
experto 2: $[. 3, .6]$
experto 3: $[.3, .4]$
experto 4: $[. 3, .6]$
experto 5: $[. 4, .7]$
experto 6: $[. 3, .6]$
experto 7: $[. 2, .5]$

La acumulación de frecuencias absolutas en la escala endecadaria:

μ_n	$[\alpha_n \alpha'_{n+1}]$
0	[1]
0.1	[]
0.2	[1]
0.3	[4]
0.4	[1 2]
0.5	[1]

0.6	[3]
0.7	[1]
0.8	[]
0.9	[]
1.0	[]

La normalización: la opinión de cada experto es dividida por el total de expertos:

0	[.14]
0.1	[]
0.2	[.14]
0.3	[.57]
0.4	[.14 0,29]
0.5	[.14]
0.6	[.43]
0.7	[.14]
0.8	[]
0.9	[]
1.0	[]

La función acumulada complementaria, se empieza por el nivel de asignación 1 de la escala endecadaria y se suman las frecuencias relativas ascendiendo en cada nivel:

0	[1 1]
0.1	[.85 1]
0.2	[.85 1]
0.3	[.71 1]
0.4	[.14 1]
0.5	[0 .71]
0.6	[0 .57]
0.7	[0 .14]
0.8	[0 0]
0.9	[0 0]
1.0	[0 0]

La función de frecuencias acumuladas complementarias obtenida se le conoce como “expertón”, cumpliendo las siguientes propiedades: $\forall \alpha \in [0, 1] a_1(\alpha) \leq a_2(\alpha)$; $\forall \alpha, \alpha' \in [0, 1] \alpha' > \alpha \Rightarrow a_1(\alpha) \geq a_1(\alpha')$ y $a_2(\alpha) \geq a_2(\alpha')$; $a_1(0) = a_2(0) = 1$

Las variables borrosas e intervalos de confianza son expertones, cuando un expertón con los extremos inferiores y superiores coinciden para todo nivel α se le conoce singletón de un subconjunto borroso.

3.4.6. Variables lingüísticas

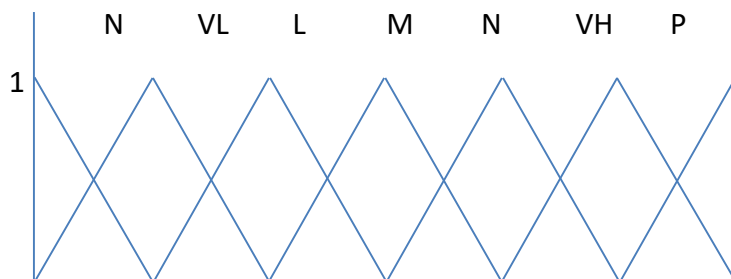
Para ello vamos a explicar brevemente algunos conceptos básicos sobre el modelo lingüístico de Herrera *et al.* (1995). Se definen un conjunto de descriptores lingüísticos adecuados para el conjunto de términos y sus respectivas semánticas. Por ejemplo, un conjunto de siete términos S podrían venir expresados de la siguiente forma

$$S = \{s_1 = N, s_2 = VL, s_3 = L, s_4 = M, s_5 = H, s_6 = VH, s_7 = P\}$$

Además, han de existir los siguientes operadores

- Operador de negación $Neg(s_i) = s_j$ tal que $j = g + 1 - i$
- El conjunto está ordenado si $\forall i \leq j, s_i \leq s_j$
- Operador máximo: $Max(s_i, s_j) = s_i$ si $s_i \geq s_j$
- Operador mínimo: $Min(s_i, s_j) = s_i$ si $s_i \leq s_j$

La semántica de los términos viene dada mediante números borrosos definidos en el intervalo $[0, 1]$, el cual suele estar descrito mediante funciones de pertenencia. Gráficamente



3.4.7. Medias Ponderadas Ordenadas (OWA)

Los operadores *OWA* son unos instrumentos que permiten agregar la información. Es decir, a partir de una serie de datos se puede obtener un único valor representativo de la información. Como característica adicional de los operadores *OWA* se puede decir que el valor representativo obtenido es un valor agregado de acuerdo con unos parámetros de optimismo/pesimismo predeterminados. De esta forma, cada decisor puede agregar la información de una forma distinta según cual sea su grado de optimismo o pesimismo. Cabe destacar que, desde un punto de vista más matemático, se puede decir que los operadores *OWA* sirven para agregar la información dentro de unos límites delimitados por el mínimo y el máximo. A continuación, se exponen algunos de los principales operadores *OWA*.

Definición 1: Una función $F: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ es un *OWA* operator de dimensión n si tiene un asociado

W de dimensión n tal que sus componentes satisfacen $w_j \in [0,1]$ y $\sum_{j=1}^n w_j = 1$, tal que,

$$f(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot b_j$$

Donde b_j es el j th más grande de los a_i .

Un aspecto fundamental de este operador es el proceso de reordenación que asocia los argumentos (estados de la naturaleza) con las ponderaciones (coeficientes).

Definición 2: Una función $F: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ es un *AOWA* operator de dimensión n si tiene un asociado

W de dimensión n tal que sus componentes satisfacen $w_j \in [0,1]$ y $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ tal que:

$$f(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot b_j$$

Donde b_j es el j^{th} más pequeño de los a_i .

Definición 4. Un probabilístico OWA (POWA) es una función $\text{POWA} : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ de dimensión n , si tiene un asociado W de dimensión n tal que sus componentes satisfacen $w_j \in [0,1]$ y

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad \text{tal que:}$$

$$\text{POWA}(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n \hat{v}_j \cdot b_j$$

Donde b_j es el j^{th} más grande de los a_i , cada argumento a_i tiene asociada una probabilidad v_i con $\sum_{i=1}^n v_i = 1$ y $v_i \in [0,1]$, $\hat{v}_j = \beta w_j + (1-\beta)v_j$ con $\beta \in [0,1]$ y \hat{v}_j es la probabilidad v_i ordenada según b_j , es decir, según el j -ésimo más grande de los a_i .

En este caso se unifica al operador OWA y a las probabilidades, también permite introducirlos en la formulación en mayor o menor medida según el grado de importancia que se les quiera dar. Entonces, si $\beta = 0$, se obtiene estrictamente la probabilidad y si $\beta = 1$, se obtiene estrictamente el operador OWA.

Definición 5. Sea $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ el conjunto de etiquetas a agregar, y W es el vector de

ponderaciones de dimensión n tal que $w_j \in [0,1]$ y $\sum_{j=1}^n w_j = 1$, entonces, el Linguistic OWA operator es definido como:

$$\begin{aligned} \text{LOWA}(a_1, a_2, \dots, a_n) &= W^T B = C^m \{w_k, b_k, k = 1, \dots, m\} \\ &= w_1 \otimes b_1 \oplus (1-w_1) \otimes C^{m-1} \{\beta_h, b_h, h = 2, \dots, m\} \end{aligned}$$

Donde $\beta_h = w_h / \sum_{k=2}^m w_k, h = 2, \dots, m$, $B = \{b_1, \dots, b_m\}$ es un vector asociado a A , tal que

$$B = \sigma(A) = \{a_{\sigma(1)}, \dots, a_{\sigma(m)}\}$$

Donde

$$a_{\sigma(j)} \leq a_{\sigma(i)}, \forall i \leq j$$

Siendo σ una permutación sobre el conjunto de etiquetas A.

3.5 El desarrollo regional y las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro

Como se mencionó líneas arriba, el desarrollo regional reconoce en las fuerzas de atracción y repulsión el elemento fundamental para la realización de experiencias territoriales positivas en términos de la convergencia de las variables del desarrollo. Es decir, los factores positivos atraerán a la actividad económica mientras lo negativo alejará a la misma.

En ese sentido, se reconoce que en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro existen condiciones climáticas y de recursos naturales favorables para el desempeño de la agricultura; aspectos que constituyen las fuerzas centrípetas o de atracción. En tanto que la problemática que vive la cuenca en términos de su disminución de caudal, la contaminación y su mala administración constituyen las fuerzas centrifugas o de repulsión territorial.

La problemática de la cuenca del río Tacámbaro además de ser una fuerza centrífuga en la noción del desarrollo regional, también constituye un problema ambiental. Mismo que desde la perspectiva de la economía ambiental es tratado como una externalidad negativa. Ello porque el comportamiento de los usuarios de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro, al visualizar al agua como un bien público respecto del cual no hay una restricción clara, hacen un consumo irracional del recurso sin otorgar una compensación respecto a la externalidad.

En ese sentido es que se reconoce en la región centro de la cuenca del río de Tacámbaro, un proceso de desarrollo regional con una amenaza latente por las externalidades que se manifiestan en la cuenca. Y donde la valoración económica de las externalidades y su precisión a partir de la teoría de número borrosos, brindará pautas para la toma de decisiones en beneficio del desarrollo de la región centro de la cuenca del río de Tacámbaro.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo establece el marco metodológico que seguirá la investigación. Distintas etapas resultado del análisis de la realidad observada y su tratamiento a partir del instrumental provisto en el marco teórico revisado. Por lo cual, a continuación, se presenta una metodología específica que determinará la valoración económica del agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro ante la presencia de externalidades y un ambiente de incertidumbre.

4.1 La valoración económica del agua ante la presencia de externalidades y un ambiente de incertidumbre

El problema central de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro es que la provisión de agua para la agricultura se reducirá en la medida en que disminuya su caudal, se incremente la contaminación y no haya acciones administrativas que regulen esta situación. Es decir, la presencia de externalidades negativas que en un mediano plazo supondrán una serie de dificultades que disminuirán o desaparecerán los beneficios que la región otorga para la agricultura en particular y el desarrollo en general.

Por lo cual en esta investigación a partir de otorgar un valor económico al recurso agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro, se brindan elementos científicos para la mejora de la gestión del agua y el fortalecimiento del desarrollo regional.

La obtención de los datos para probar las hipótesis e instrumentar modelos que permitan llegar a resultados en beneficio de la gestión del agua y el desarrollo regional es en sí misma una difícil tarea. Ya que supone el cuestionamiento de información sensible y personal que los entrevistados no otorgan con facilidad. No obstante, y al considerar el tiempo en que se realizó la investigación y se levantó la información de campo,¹² el hecho de contar con datos fidedignos fue más complejo.

Sin embargo, las bondades de la metodología empleada permitieron superar esta situación y contar con información confiable para la comprobación de hipótesis y llegar a los resultados esperados. Es decir, se obtuvo información de expertos que para el caso de la investigación fueron productores agrícolas y personas vinculadas al proceso de producción agrícola del aguacate y las berries.

¹² La presente investigación es resultado de las tesis de la doceava generación del Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional que comprende los años de 2019 a 2023. Mientras el levantamiento de información se dio en el año de 2021; tiempo en que la pandemia por el virus del COVID supuso más restricciones a la movilidad poblacional y contacto con las personas.

El proceso para la obtención de información comenzó con una prueba piloto (ver Anexo 2) en los meses de febrero y marzo de 2021 en las localidades de Yoricostio, El Durazno, Piedra del Molino, El Testerazo y Tacámbaro cabecera municipal. Con lo cual se descartó elaborar un estudio de valoración contingente¹³ como lo propone la economía ambiental (Riera, 1994) y más bien se optó por orientar el estudio hacia una valoración contingente desde la incertidumbre (Brotons, et. al., 2021).

En otras palabras, se buscó guardar el mismo rigor científico al realizar el levantamiento de la información; pero dado el método utilizado, se le dio mayor peso a los valores cualitativos en relación a los cuantitativos. Por lo cual se desarrolló una metodología que partió de los aportes tradicionales de los estudios de valoración contingente de la economía ambiental y ante las circunstancias del momento en que se levantó el estudio, se precisó el tratamiento de información desde la teoría de los números borrosos. Perspectiva de análisis que en nada limita el rigor científico; sino más bien amplía la frontera de análisis en torno a lo que la lógica tradicional no mide.

En ese sentido la metodología se desarrolla en tres secciones. Dos subapartados que tratan el método de valoración contingente y la Disposición a Pagar en la incertidumbre; y otro apartado, que rescatando los mejores elementos de ambos métodos establece una metodología específica para la valoración económica de las externalidades en ambientes de incertidumbre.

¹³ Se descartó elaborar este tipo de estudios porque dadas las restricciones de movilidad poblacional por la pandemia de COVID no se pudo tener acceso a cuestionar a una muestra poblacional confiable según los parámetros estadísticos convencionales.

4.1.1 El método de valoración contingente

El método de valoración contingente (MVC) se encuentra en los métodos directos que la economía ambiental utiliza para asignar un valor monetario a los bienes ambientales que el mercado no reconoce y respecto de los cuales surgen las externalidades (Labandeira, et. al, 2007).

Su fundamento se basa en la simulación de un mercado a través de una encuesta, donde el que cuestiona cumple la función de oferente y quién responde juega el rol de demandante; derivando de la información obtenida un valor pecuniario en función de la disponibilidad a aceptar o verse compensado por la modificación en la cantidad o calidad del bien ambiental en cuestión. Riera (1994), siguiendo el MVC, propone una serie de pasos para la valoración ambiental. Mismos que se enuncian a continuación:

1. Definir con precisión lo que se desea valorar en unidades monetarias.
2. Definir la población relevante.
3. Concretar los elementos de simulación del mercado.
4. Decidir la modalidad de entrevista.
5. Seleccionar la muestra.
6. Redactar el cuestionario.
7. Realizar las entrevistas.
8. Explotar estadísticamente las respuestas.
9. Presentar e interpretar los resultados.

El primer paso que consiste en definir con precisión lo que se desea valorar en términos monetarios, reconoce la necesidad de identificar la importancia del bien ambiental y el hecho de que éste no encuentra valor en el mercado, ya sea por su característica de bien común o público, a pesar de la importancia que pueda cumplir en el entorno natural y/o productivo en que se encuentre.

Una vez que se define la importancia de valorar pecuniariamente un bien ambiental, se procede por identificar la población relevante en el ejercicio de valoración contingente. Ya que la población que tiene una relación directa con el bien ambiental objeto de la valoración, es quien puede otorgar una aproximación más precisa al valor del bien.

El tercer paso que consiste en establecer los elementos de simulación del mercado precisa la necesidad de averiguar la disposición a pagar o aceptar compensaciones en términos de variación compensatoria o variación equivalente. Por lo cual el formato de pregunta puede ser en valores continuos, discretos o formas mixtas.

Al hacer la elección de la entrevista, se puede elegir de entre tres posibilidades. Ya sea una entrevista personal, de modo telefónico o enviando por correo el cuestionario. Posibilidades que plantean ventajas y desventajas en términos de recursos y tiempo para la obtención de la información, pero siendo la entrevista personal la que ofrece más ventajas por el contacto directo con el entrevistado.

El quinto paso consiste en la definición de la muestra. Que parte del hecho de tener una población grande para ser entrevistada y es necesario hacer una muestra de la misma. Donde el tamaño de la muestra vendrá dado por criterios de fiabilidad y ajuste de los valores; expresados en el nivel de confianza y el margen de error.

Debido a que una buena redacción del cuestionario es esencial para obtener valores pocos sesgados, la redacción del mismo debe comprender fases de precisión, neutralidad y formas de descripción accesibles para el entrevistado. Donde se abarquen las áreas de descripción y valoración del bien, el método de pago y la información del entrevistado.

La realización de las entrevistas consiste en la aplicación directa de los cuestionarios a la población objetivo, determinada en la muestra. Donde el entrevistador o entrevistadores

deberán poseer la característica de objetividad en la aplicación del cuestionario y evitar ser invasivos al solicitar la respuesta de los entrevistados.

El penúltimo paso que sugiere explotar estadísticamente las respuestas significa la interpretación de la información obtenida con ayuda de técnicas estadísticas y/o econométricas. Donde además de obtener la disposición a pagar o ser compensado, se cruzan datos que relacionan las respuestas con los aspectos socioeconómicos de los entrevistados. Finalmente se presentan los resultados en el formato más conveniente, según el fin perseguido al haber utilizado el método de valoración contingente.

La utilidad del MVC puede observarse en diversos estudios (Jaramillo y Olaya, 2007; Chaves, 2008; Áviles, et. al, 2010; Ayala y Abarca, 2014; Sandoval, et. al, 2016 y Trueba, 2019) y distintos países con el objetivo de valorizar bienes ambientales y otorgarles un valor pecuniario para de este modo, fundamentar la importancia de los bienes ambientales en la sociedad y como parte del desarrollo económico y regional.

4.1.2 La Disposición a Pagar en la incertidumbre

Al igual que en el método de valoración contingente (MVC) la Disposición a Pagar (DP) en la incertidumbre (Brotons, et. al., 2021) busca generar una valoración para bienes respecto de los cuales se carece de mercado. Por lo que la valoración también sigue una ruta muy parecida a la sugerida por Riera (1994) en el capítulo previo.

La principal distinción que se genera entre la metodología del MVC y la DP en la incertidumbre es que este último método no parte de la selección de una muestra estadística. Sino que a partir de un grupo de expertos y con base en una escala endecadaria¹⁴ se obtiene una batería

¹⁴ Opinión de expertos en un intervalo de $[0, 1]$ las cuales son frecuencias absolutas de los extremos inferiores y superiores de los intervalos proporcionados (Kaufmann, Gil y Terceño, 1994).

de información que será tratada bajo una lógica matemática que determina el valor o los valores deseados en un contexto de dificultad de obtención de información.

La curva de demanda se obtiene a través de la selección de un grupo de expertos J , los cuales vierten su opinión sobre la DP entre una serie de precios por el agua para asegurar la disponibilidad de agua en el futuro.

La escala de DP se compone de precios posibles a pagar en forma ascendente. Se parte de la opinión de un experto sobre la DP por el uso del agua. Si no hay DP el precio final sería \$0 y si está dispuesto a pagar, se le preguntará cuál es su DP. Si la respuesta es negativa, el precio máximo sería dicho valor y si es positivo, se le preguntará por el siguiente precio y así sucesivamente.

Dada la subjetividad en cada respuesta, se acepta que el entrevistado no responda con una respuesta dicotómica (sí / no), sino que lo haga de acuerdo con etiquetas lingüísticas como totalmente en desacuerdo, muy en desacuerdo, en desacuerdo, etc.; siendo los valores de asignación en un intervalo de confianza de cero a uno. Es decir: $\mu_i \in [0,1]$.

A partir de esta información, generada por la opinión de los involucrados (expertos), es posible obtener la función de demanda de agua. Para lo cual hay que seguir los siguientes supuestos:

1. Todos los expertos son igualmente importantes.
2. Asignar distintos grados de optimismo y pesimismo, en base a las opiniones aportadas por los expertos a través de los OWA o Promedios ponderados ordenados (OWA).
3. El grado de confianza generado por cada experto.

De esta forma, el precio que estaría dispuesto a pagar el experto j (WTP_j) por el agua podrá obtenerse como:

$$WTP_j^1 = \sum_{i=1}^P \Delta P_i \cdot \mu_{ij}$$

Siendo μ_{ij} la función de pertenencia asignada por el experto j al precio i e $\Delta P_i = P_i - P_{i-1}$, esto es, el incremento que se produce en cada nuevo precio facilitado al experto para que exprese su disposición a pagar sobre el anterior.

De esta forma se obtiene una serie de precios que cada experto estaría dispuesto a pagar:

$$WTP^1 = \{WTP_1^1, WTP_2^1, \dots, WTP_p^1\}$$

Posibilitando obtener la función demanda de agua puesto que se tiene el precio ofertado por cada experto. Obteniéndose la curva de la siguiente manera:

- El eje de abscisas, $P = \{P_1, P_2, \dots, P_P\}$ estará formado por los precios facilitados a los expertos inicialmente.
- El eje de ordenadas, la función de pertenencia de cada P_i , $\mu^1(P_i)$ se obtiene por el cociente entre el número de expertos n_i que estaban dispuestos a abonar un precio WTP_j^1 igual o inferior a P_i y el número total de expertos que contestaron (J).

$$\mu^1(P_i) = \frac{n_i}{J}$$

Como se ha podido observar los métodos de valoración contingente y el de la Disposición a Pagar en la incertidumbre otorgan la bondad de asignar un precio a bienes para los cuales no existe un mercado explícito en contextos de dificultad e imprecisión en el acceso a la información.

Por lo cual el objetivo de generar una valoración económica al agua en la región centro de la región toma las bondades de ambas metodologías y establece una propia. Misma que se desarrolla en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

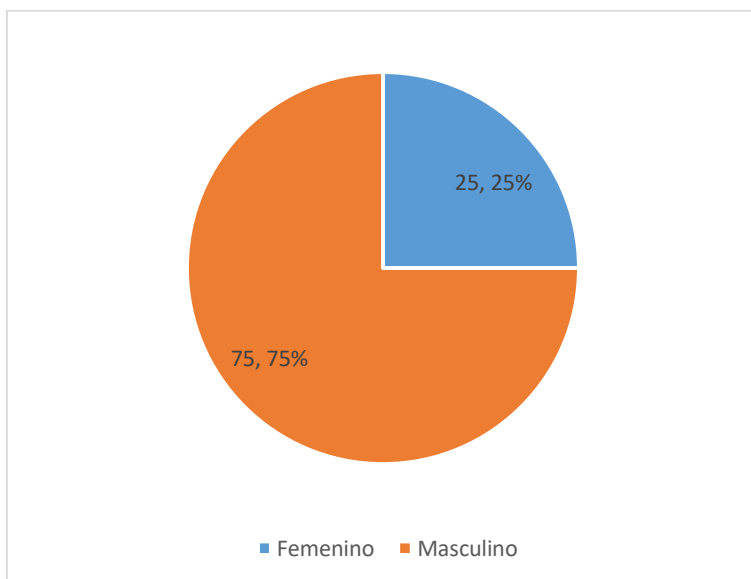
El presente capítulo da cuenta de los resultados obtenidos mediante trabajo de campo realizado entre los meses de febrero a noviembre de 2021. El instrumento de información empleado fue un cuestionario que se aplicó a usuarios o productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro. Dichos resultados y su posterior tratamiento, según el instrumental de lógica borrosa, permitirán el análisis de la información a partir de los objetivos de investigación y la validación de las hipótesis respectivas.

5.1 Presentación descriptiva de los resultados

La presentación descriptiva de los resultados constituye la sistematización del trabajo de campo a partir del cuestionario (Ver Anexos 3 y 4) y su aplicación a los usuarios de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro.

Se encuestó a 52 usuarios y/o productores pertenecientes a las localidades de Caramecuaró, La viña, San Miguel Tamacuaro, San Rafael Tecario y Tacámbaro; siendo 13 del sexo femenino (25%) y 39 del sexo masculino (75%) (Ver Figura 8).

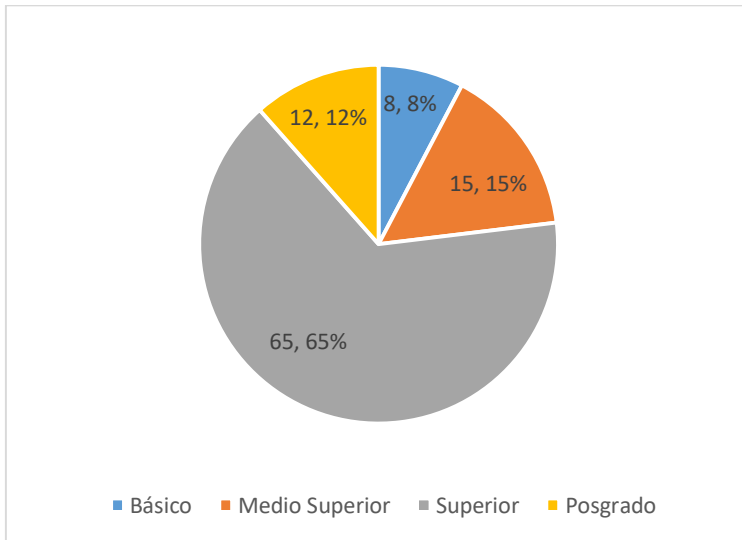
Figura 8: Porcentaje de encuestados según sexo.



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

En tanto su nivel de estudios según los niveles básico, medio superior, superior y posgrado fue como se observa en forma porcentual en la figura 9.

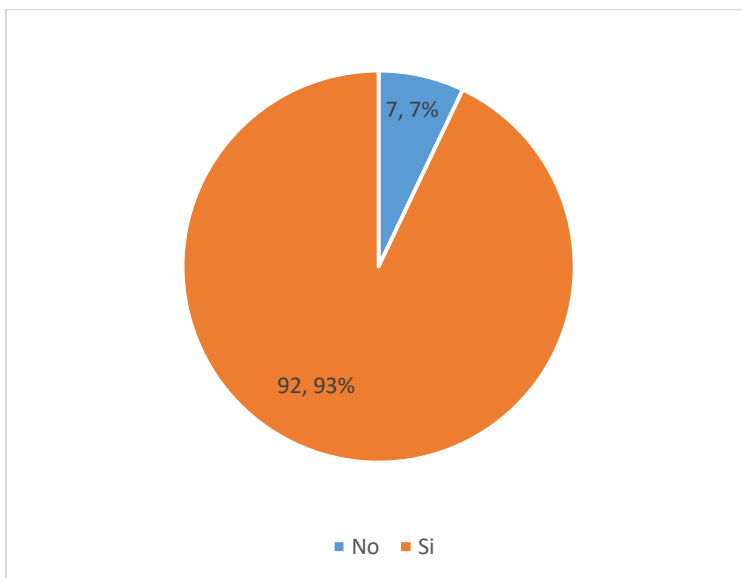
Figura 9: Porcentaje del nivel de estudios de los encuestados.



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

Con relación al conocimiento respecto a la problemática que vive el río Tacámbaro en términos de la disminución de su caudal y contaminación, el 8% de los encuestados manifestó no tener conocimiento en tanto el 93% de los encuestados manifestó sí conocer de la problemática (Ver Figura 10).

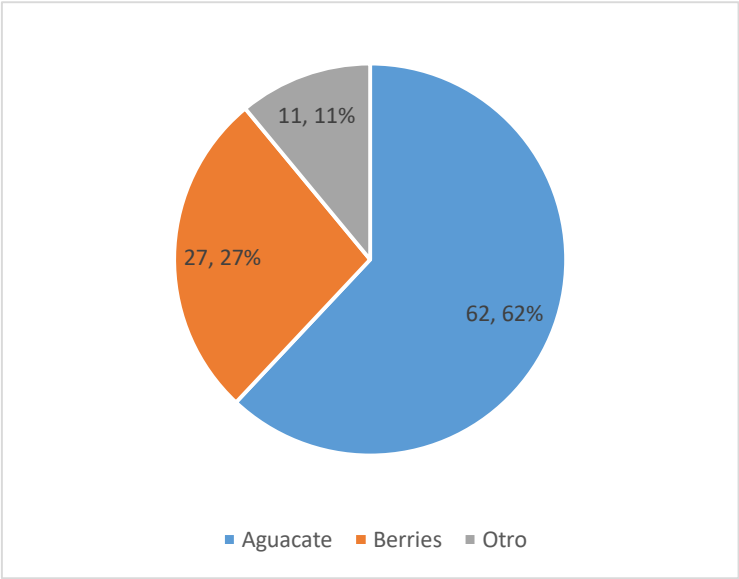
Figura 10: Conocimiento de la problemática del agua en el río Tacámbaro.



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

Los productores que utilizan el recurso hídrico de la región centro de la cuenca del río de Tacámbaro, siembran principalmente el aguacate, las berries y otros cultivos. Esto con una proporción del 63%, el 27% y el 11% respectivamente (Ver Figura 11).

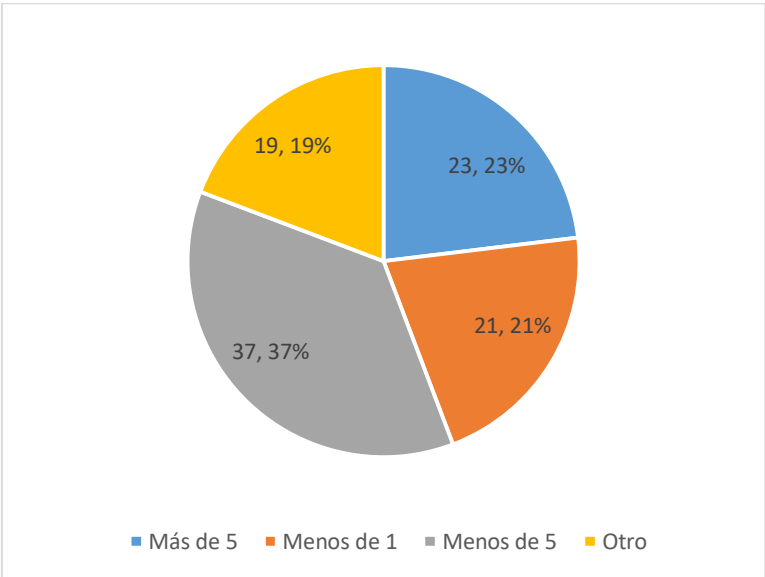
Figura 11: Porcentaje de cultivo sembrado.



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

Por su parte, el perfil de los usuarios de la cuenca del río Tacámbaro es de pequeños productores. Ya que sólo el 23% de los entrevistados manifestó poseer más de 5 hectáreas para el cultivo de bienes agrícolas (Ver Figura 12).

Figura 12: Hectáreas en posesión para el riego.



Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

Respecto al cuestionamiento de si han sufrido en sus cultivos por la disminución del caudal del río, el 56% de los encuestados contestó afirmativamente y el 44% negativamente. Mientras que las principales afectaciones han sido: falta de floración y aborto con un 23%, insuficiencia de agua con un 32% y contaminación y sequía con un 45%.

En resumen, hablamos de datos descriptivos que permiten configurar el perfil de los productores agrícolas o expertos y la situación que priva en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro. Es decir, nuestro grupo de expertos lo constituyen pequeños productores de aguacate y berries con estudios académicos básicos y con pleno conocimiento de la problemática del agua en el río Tacámbaro.

5.2 Valoración económica del agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro

En este apartado se realiza el ejercicio de valoración del agua en la región centro del río Tacámbaro. Se comienza por analizar la función de oferta de agua en la región centro de su cuenca. Posteriormente se procede al análisis de la función de demanda de agua en la región, a partir de cuatro funciones de agregación y sus ponderaciones, lo que permite la obtención de las funciones de demanda de agua: agregada, por género, por conocimiento de la problemática, por la opinión de quien resuelva la problemática, según los cuidados a realizar, por tipo de cultivo y por hectáreas de regadío.

De los resultados obtenidos a partir de las distintas funciones de demanda, se realiza el análisis social y económico de las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro para contrastar las hipótesis hechas inicialmente.

5.2.1 Análisis de la función de oferta de agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro

Dado que la oferta de agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro está dada a partir del pago de una cuota anual por hectárea que se realiza a la Asociación de Usuarios del río de Tacámbaro (AURT), establecemos que la misma es igual a dicho monto, es decir, \$1,500 pesos.

No obstante, y para fines de ponderar la Disposición a Pagar (DP) se realizó una escala que tomó los valores de 1, 500; 1, 700; 1, 900; 2, 100; 2, 300; 2, 500; 2, 700; 2, 900 y 3, 100 pesos.

5.2.2 Análisis de la función de demanda de agua en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro

Para establecer la función de demanda en la región, se utilizan cuatro funciones de agregación y sus respectivas ponderaciones que son:

1. Promedio.
2. OWA (Ordered Weighted Averaging).
3. AOWA (Ascending Ordered Weighted Averaging).
4. Probabilistic OWA.

Siendo sus ponderaciones las siguientes:

Para la función Promedio a cada experto se le asigna un peso $\omega_i = \frac{1}{N}$, donde N es el número total de expertos de la muestra.

Para las funciones OWA y AOWA se aplican dígitos crecientes normalizados, es decir, se asigna 1 al experto 1, 2 al experto 2, y así sucesivamente hasta el último (N). A continuación, se divide el dígito correspondiente entre la suma total.

Es decir, la suma de n elementos de una progresión aritmética de primer término $a_1 = 1$, de último término $a_N = N$ y de diferencia 1 es igual a

$$S = \frac{a_1 + a_n}{2} \cdot N = \frac{N \cdot (N + 1)}{2}$$

De forma sistematizada el tratamiento de las variables se realiza como se expresa en el siguiente cuadro.

Cuadro 13: Ponderación de las variables según peso otorgado por cada experto.

Experto	Dígito	Peso (ω_i)
1	1	$\omega_1 = \frac{2}{N \cdot (N+1)}$
2	2	$\omega_2 = \frac{4}{N \cdot (N+1)}$
3	3	$\omega_3 = \frac{6}{N \cdot (N+1)}$
...
N-1	N-1	$\omega_{N-1} = \frac{2 \cdot (N-1)}{N \cdot (N+1)}$
N	N	$\omega_N = \frac{2 \cdot N}{N \cdot (N+1)}$
Suma	$\frac{N \cdot (N+1)}{2}$	1

Fuente: Brotons, et. al., 2021.

Finalmente, para la función Probabilistic OWA se ha asignado un $\beta = 0,5$, y la probabilidad asignada a cada experto se ha obtenido normalizando la confianza que cada experto merecía al entrevistador, es decir dividiendo la confianza asignada a cada experto entre la suma total de confianzas (Ver Cuadro 14).

Cuadro 14: Función Probabilistic OWA.

Experto	Promedio	OWA	Probabilidad
1	0,0192	0,0377	0,0183
2	0,0192	0,0370	0,0149
3	0,0192	0,0363	0,0229
4	0,0192	0,0356	0,0229
5	0,0192	0,0348	0,0206
6	0,0192	0,0341	0,0229

7	0,0192	0,0334	0,0183
8	0,0192	0,0327	0,0206
9	0,0192	0,0319	0,0161
10	0,0192	0,0312	0,0229
11	0,0192	0,0305	0,0229
12	0,0192	0,0298	0,0172
13	0,0192	0,0290	0,0138
14	0,0192	0,0283	0,0149
15	0,0192	0,0276	0,0229
16	0,0192	0,0269	0,0206
17	0,0192	0,0261	0,0229
18	0,0192	0,0254	0,0183
19	0,0192	0,0247	0,0206
20	0,0192	0,0239	0,0161
21	0,0192	0,0232	0,0229
22	0,0192	0,0225	0,0229
23	0,0192	0,0218	0,0172
24	0,0192	0,0210	0,0138
25	0,0192	0,0203	0,0149
26	0,0192	0,0196	0,0229
27	0,0192	0,0189	0,0206
28	0,0192	0,0181	0,0161
29	0,0192	0,0174	0,0229
30	0,0192	0,0167	0,0229
31	0,0192	0,0160	0,0172
32	0,0192	0,0152	0,0138
33	0,0192	0,0145	0,0149
34	0,0192	0,0138	0,0229
35	0,0192	0,0131	0,0206
36	0,0192	0,0123	0,0229
37	0,0192	0,0116	0,0183

38	0,0192	0,0109	0,0206
39	0,0192	0,0102	0,0161
40	0,0192	0,0094	0,0138
41	0,0192	0,0087	0,0149
42	0,0192	0,0080	0,0229
43	0,0192	0,0073	0,0206
44	0,0192	0,0065	0,0229
45	0,0192	0,0058	0,0183
46	0,0192	0,0051	0,0206
47	0,0192	0,0044	0,0161
48	0,0192	0,0036	0,0229
49	0,0192	0,0029	0,0183
50	0,0192	0,0022	0,0161
51	0,0192	0,0015	0,0183
52	0,0192	0,0007	0,0183
Total	1,0000	1,0000	1,0000

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1 Función de demanda de agua

Los expertos han sido encuestados en base a su disposición a pagar los siguientes precios: 1, 500; 1, 700; 1, 900; 2, 100; 2, 300; 2, 500; 2, 700; 2, 900 y 3, 100 pesos por hectárea, para asegurar un suministro de agua suficiente y de calidad.

Las respuestas de los 52 expertos se resumen en el Cuadro 15, donde el valor uno indica que el experto está totalmente de acuerdo en pagar dicha cantidad y el valor cero que no está nada de acuerdo. Así mismo, la segunda columna del cuadro muestra el nivel de confianza de cada experto valorado de cero a uno.

Cuadro 15: Disposición a pagar por el suministro del agua.

Experto	Confianza	Disposición a pagar por hectárea (pesos)								
		1,500	1,700	1,900	2,100	2,300	2,500	2,700	2,900	3,100
1	0,80	1,0	1,0	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3
2	0,65	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
3	1,00	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
4	1,00	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
5	0,90	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,4	0,4	0,4
6	1,00	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
7	0,80	0,8	0,7	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
8	0,90	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4
9	0,70	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
10	1,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2
11	1,00	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,3
12	0,75	0,6	0,4	0,8	0,5	0,7	0,3	0,1	0,1	0,1
13	0,60	0,6	0,4	0,8	0,5	0,7	0,3	0,1	0,1	0,1
14	0,65	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
15	1,00	1,0	1,0	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3
16	0,90	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
17	1,00	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
18	0,80	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
19	0,90	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,4	0,4	0,4
20	0,70	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
21	1,00	0,8	0,7	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
22	1,00	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
23	0,75	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
24	0,60	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2
25	0,65	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,3
26	1,00	0,1	0,1	0,1	0,3	0,7	0,5	0,8	0,4	0,6
27	0,90	0,1	0,1	0,1	0,3	0,7	0,5	0,8	0,4	0,6
28	0,70	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

29	1,00	1,0	1,0	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3
30	1,00	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
31	0,75	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
32	0,60	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
33	0,65	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,4	0,4	0,4
34	1,00	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
35	0,90	0,8	0,7	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
36	1,00	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
37	0,80	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
38	0,90	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2
39	0,70	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,3
40	0,60	0,1	0,1	0,1	0,3	0,7	0,5	0,8	0,4	0,6
41	0,65	0,1	0,1	0,1	0,3	0,7	0,5	0,8	0,4	0,6
42	1,00	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
43	0,90	1,0	1,0	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3
44	1,00	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
45	0,80	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
46	0,90	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
47	0,70	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,4	0,4	0,4
48	1,00	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1
49	0,80	0,8	0,7	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
50	0,70	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4
51	0,80	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
52	0,80	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

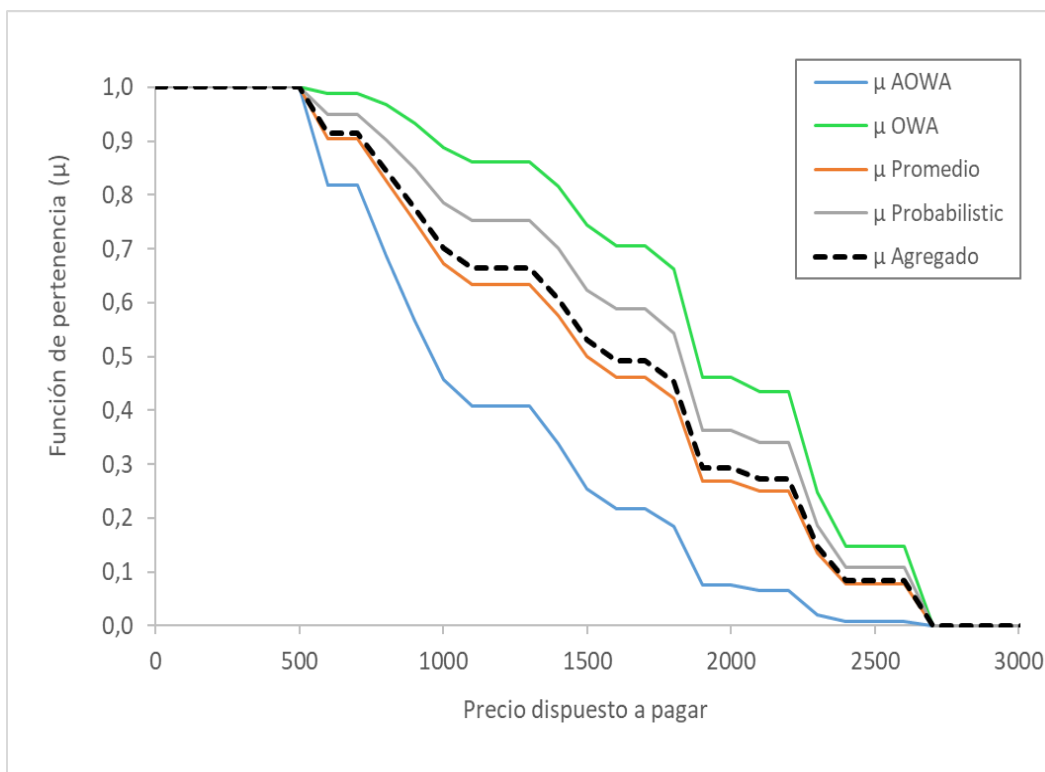
Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

5.2.2.2 Función de demanda agregada

Considerando la opinión de los 52 expertos, se obtiene la siguiente función de demanda agregada (Ver Figura 13). En ella se observa la evolución de la función de pertenencia para

cada precio. Se muestran la función de pertenencia para cada una de los cuatro agregadores y su promedio (μ agregado).

Figura 13: Función de demanda agregada.



Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

La función de demanda agregada permite establecer que las funciones son decrecientes para los cuatro agregadores hasta 2,700 pesos por hectárea. Donde la función de pertenencia de todos los agregadores alcanza el valor cero.

El Probabilistic OWA ofrece valores superiores al promedio; debido a que aquellos expertos que nos ofrecieron mayor confianza mostraron opiniones superiores. Los expertos están totalmente dispuestos a asumir precios inferiores o iguales a 500 pesos, ya que la función de pertenencia de todos los agregadores es igual 1.

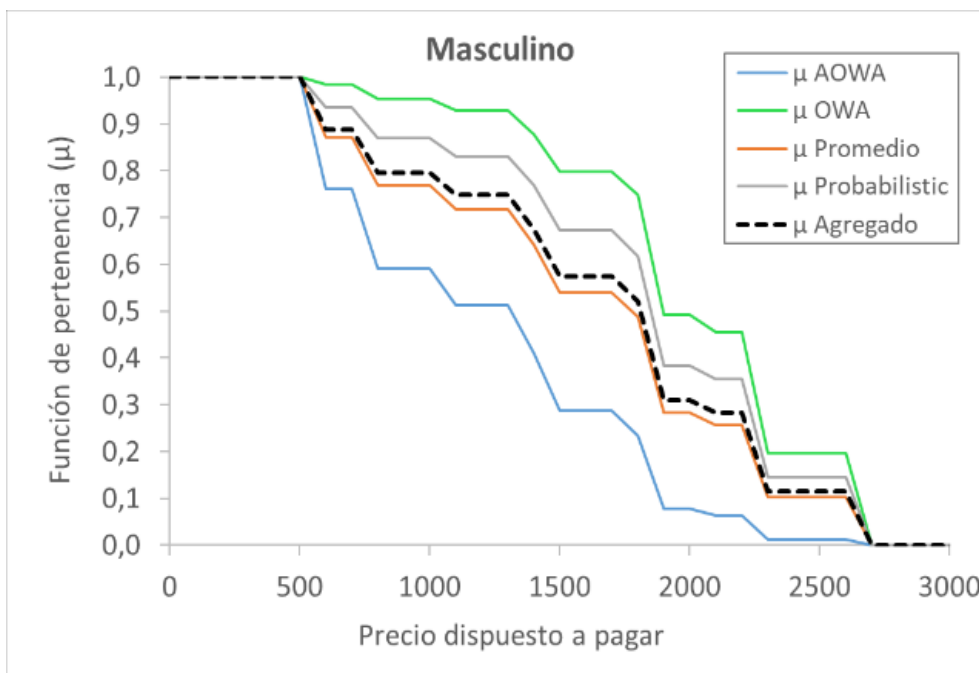
Bajo ningún concepto los expertos están dispuestos a asumir precios superiores a 2,700 pesos, ya que la función de pertenencia es cero. Por la propia construcción de los agregadores, el OWA es siempre superior al AOWA ya que en el primero se concede más importancia a las opiniones superiores. El valor agregado es superior a 0,5 para valores inferiores a 1,500 pesos.

5.2.2.3 Función de demanda por género

Respecto a la opinión que hacen los expertos por género (Ver Figuras 14 y 15) tenemos que el sexo masculino está dispuesto a aceptar precios inferiores a 500 pesos con máxima función de pertenencia; mientras que el sexo femenino está dispuesto a pagar precios inferiores a 800 pesos con máxima función de pertenencia.

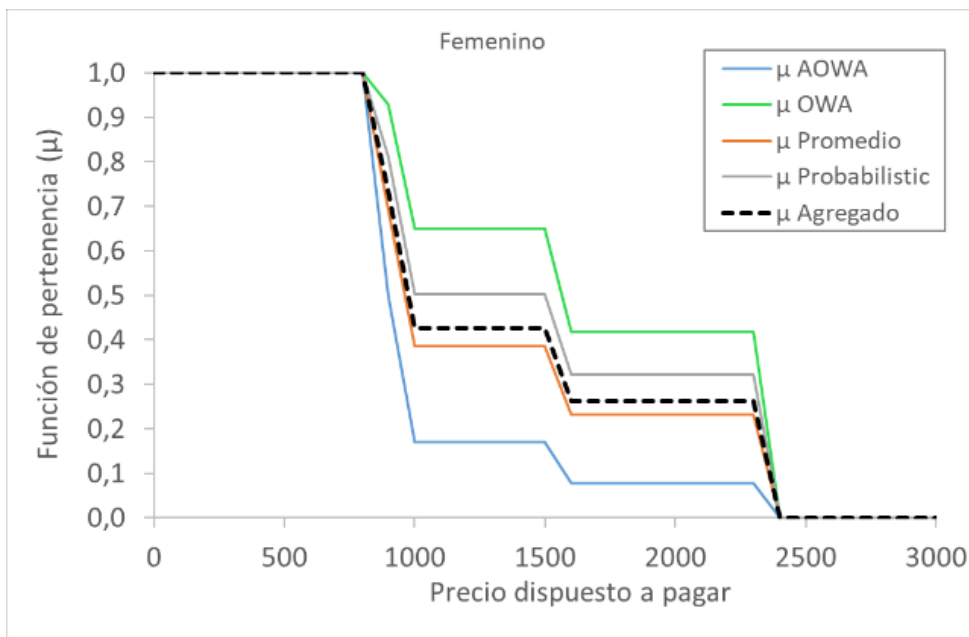
En relación con el precio máximo, el género masculino está dispuesto a pagar precios superiores a los 2,500 pesos; mientras el género femenino no está dispuesto a pagar precios superiores a esa cantidad.

Figura 14: Función de demanda por género masculino.



Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

Figura 15: Función de demanda por género femenino.



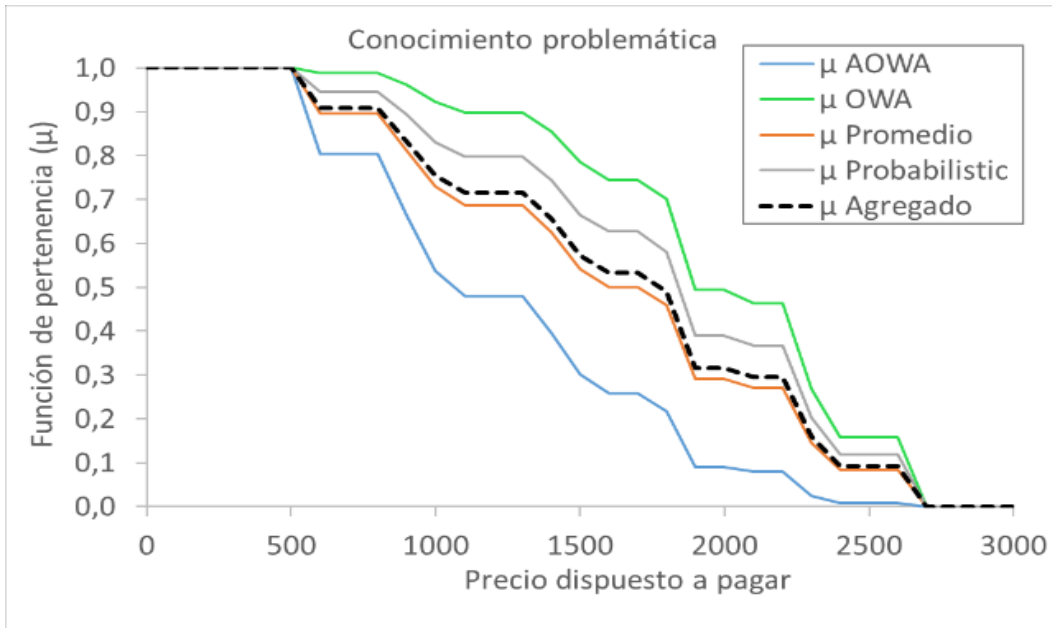
Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

5.2.2.4 Función de demanda por conocimiento de la problemática

La mayoría de los encuestados manifiestan conocer la problemática; estando dispuestos a pagar la cantidad de 500 pesos con máxima función de pertenencia y dispuestos a pagar hasta 2, 800 pesos por hectárea (ver Figura 16).

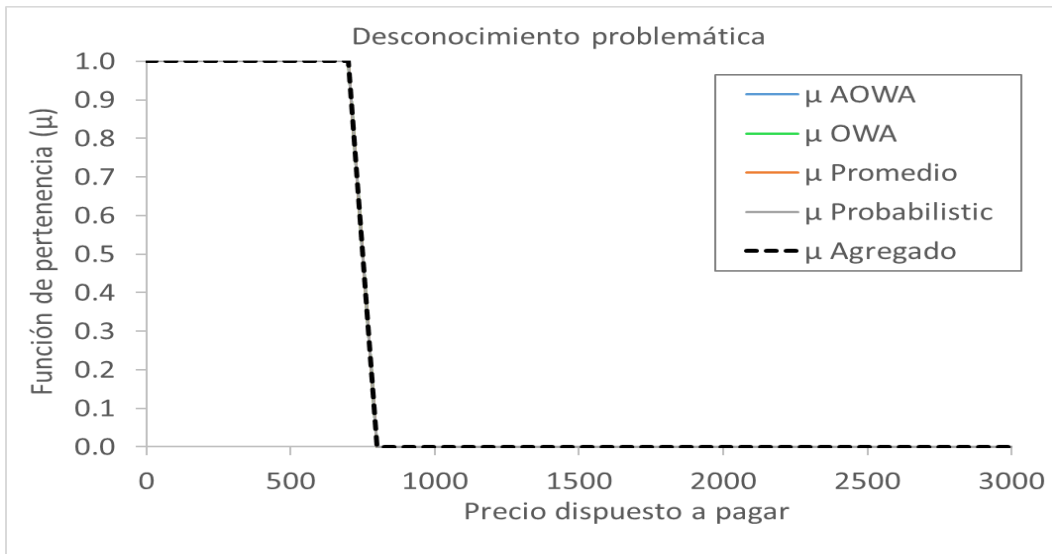
Mientras que los expertos que desconocen la problemática no están dispuestos a pagar más de 800 pesos por hectárea (ver Figura 17).

Figura 16: Expertos con conocimiento de la problemática.



Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

Figura 17: Expertos sin conocimiento de la problemática.

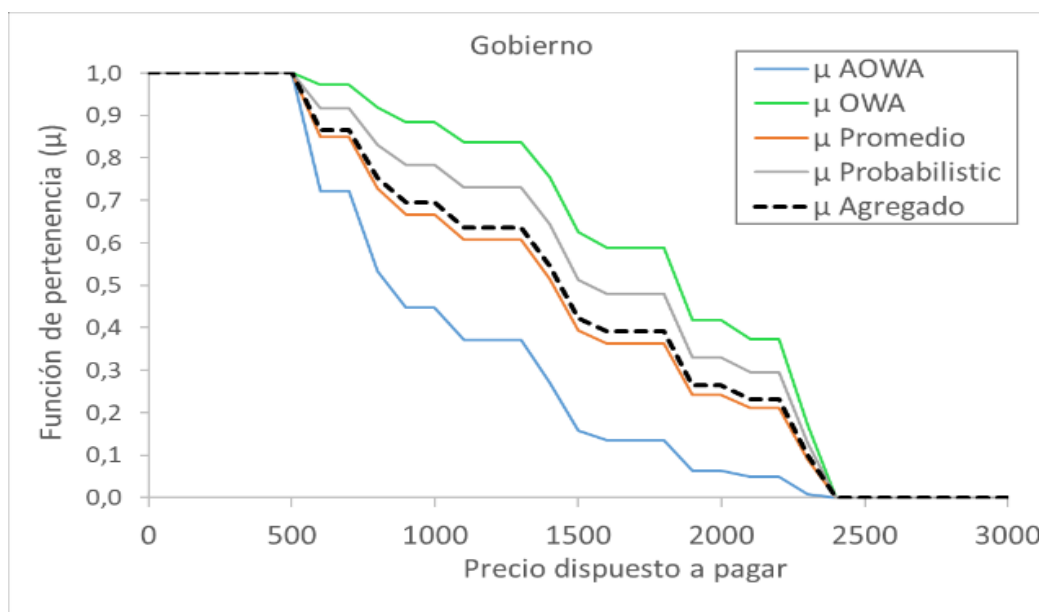


Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

5.2.2.5 Función de demanda según la opinión de que sea el gobierno o la sociedad quien resuelva la problemática

Los expertos que consideran que las medidas para solventar el actual problema del agua las ha de tomar la administración, están dispuestos a pagar menos por asegurarse suficiente agua de calidad (ver Figura 18).

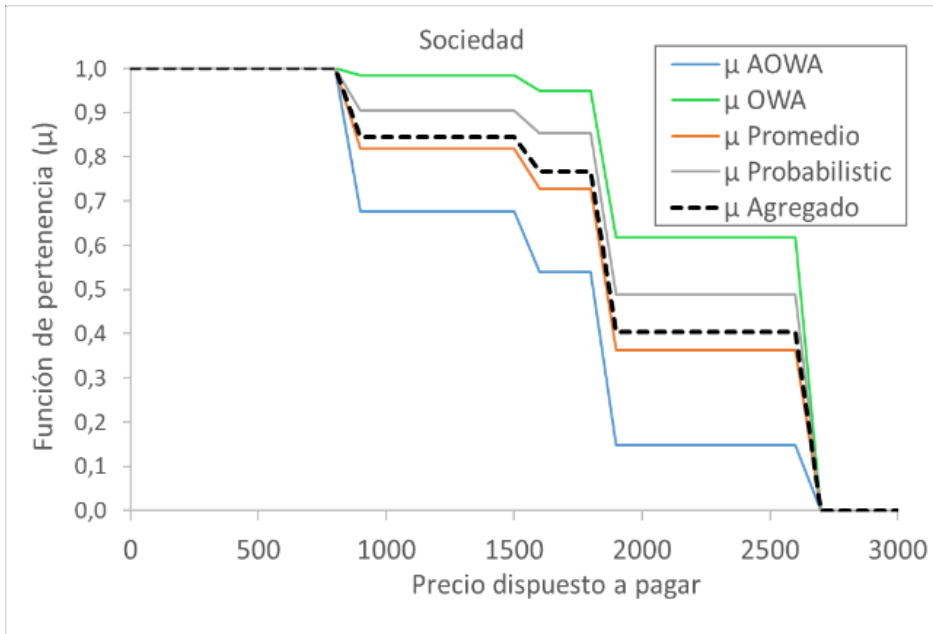
Figura 18: Expertos que opinan que el gobierno debe resolver la problemática.



Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

Los que consideran que estas medidas las tiene que llevar a cabo la sociedad, están dispuestos a pagar un precio superior. Para precios inferiores a 800 pesos presentan una función de pertenencia igual a uno, y además la función de pertenencia es superior 0,4 para valores inferiores a 2, 400 pesos por hectárea (ver Figura 19).

Figura 19: Expertos que opinan que la sociedad debe resolver la problemática.

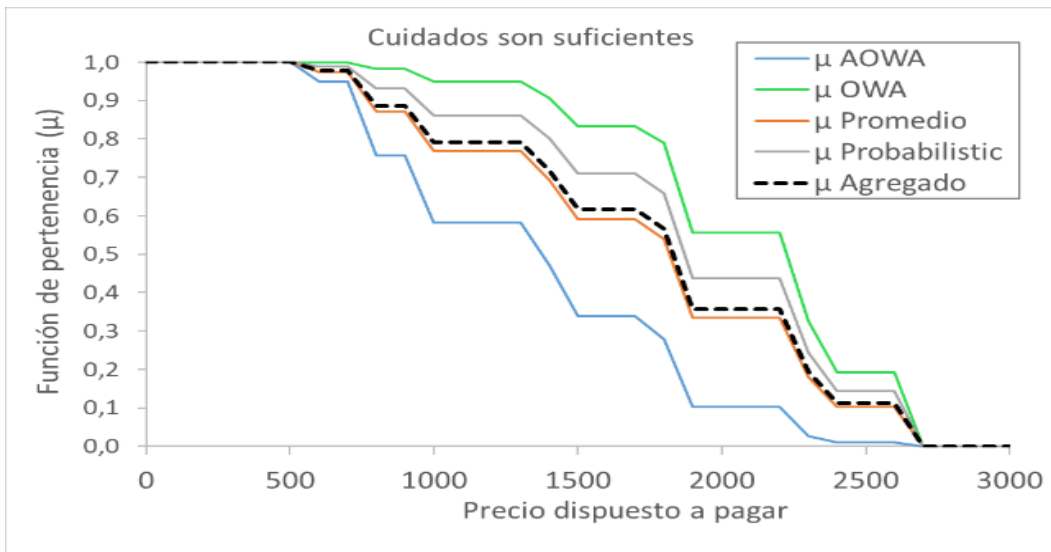


Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

5.2.2.6 Función de demanda según los cuidados a realizar

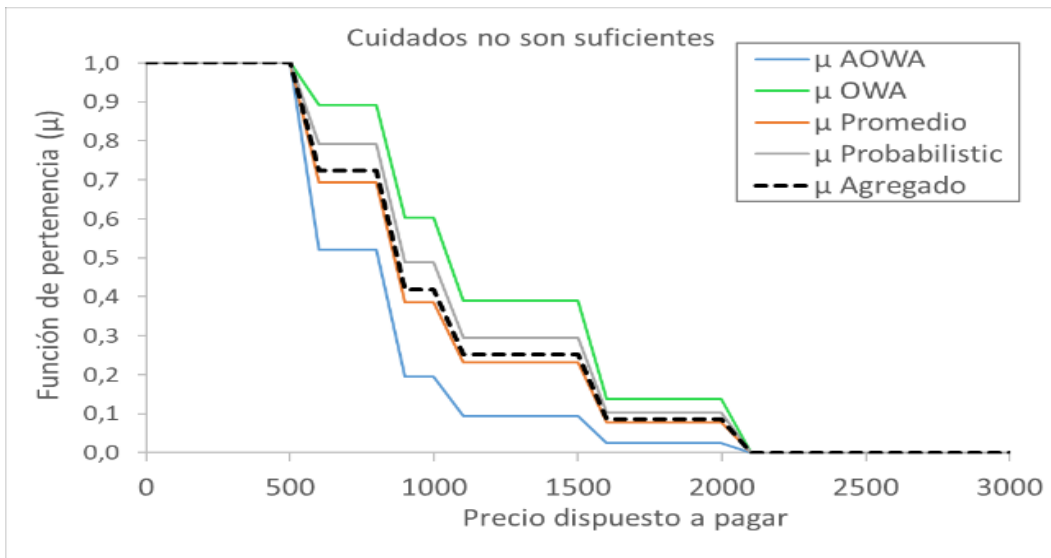
Los que consideran que los cuidados son suficientes, están dispuestos a pagar cantidades superiores, llegando hasta 2, 700 pesos por hectárea (ver Figura 20). Mientras que los que consideran que los cuidados no son suficientes están dispuestos a pagar hasta 2, 100 pesos (ver Figura 21).

Figura 20: Expertos que consideran que los cuidados son suficientes.



Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

Figura 21: Expertos que consideran que los cuidados no son suficientes.



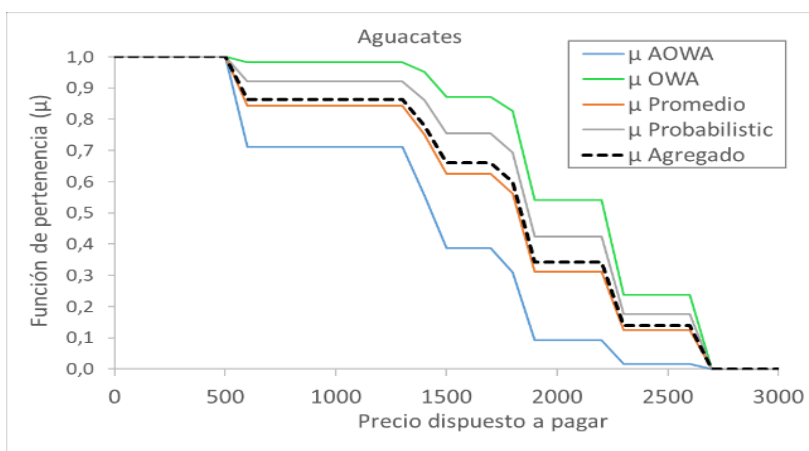
Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

5.2.2.7 Función de demanda por tipo de cultivo

Los productores de aguacate están dispuestos a ofrecer precios superiores, hasta por 2, 700 pesos (ver Figura 22). Mientras que los productores de berries, ofrecen un precio mínimo mayor, aunque la función de demanda cae de forma clara para precios superiores a 800 pesos (ver Figura 23).

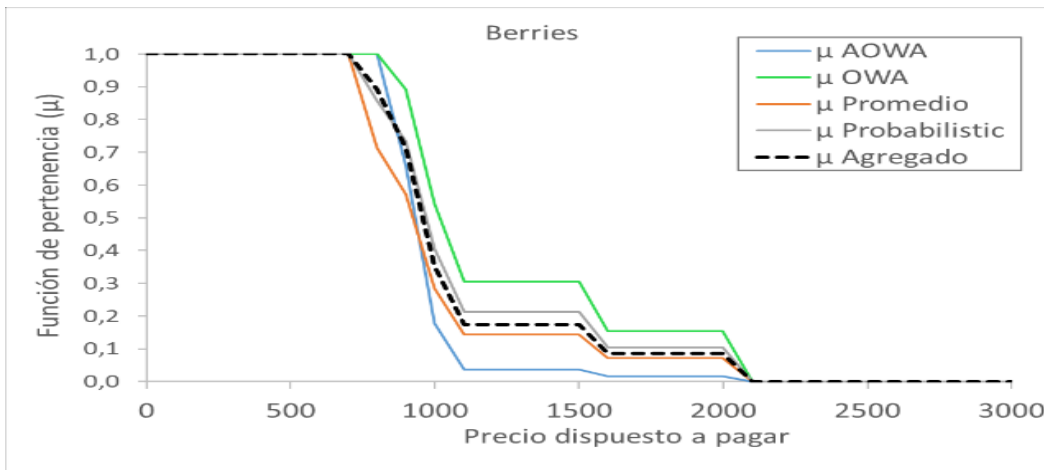
De hecho, para valores superiores a 1, 100 pesos la función de pertenencia es muy baja (0,17). Lo que indica la menor sensibilidad de la problemática para los expertos productores de berries frente a los expertos productores de aguacate.

Figura 22: Expertos productores de aguacate.



Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

Figura 23: Expertos productores de berries.



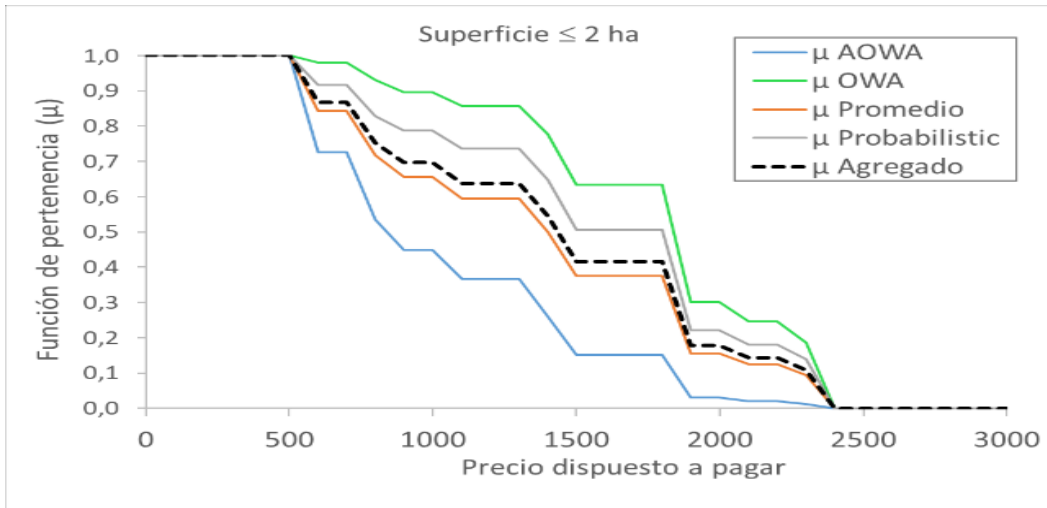
Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

5.2.2.8 Función de demanda por hectáreas de regadío

Los resultados de la DP por el suministro del agua de los pequeños productores frente a los que poseen mayor tierra para el regadío muestran, menor sensibilidad respecto al precio elegido para la demanda del agua.

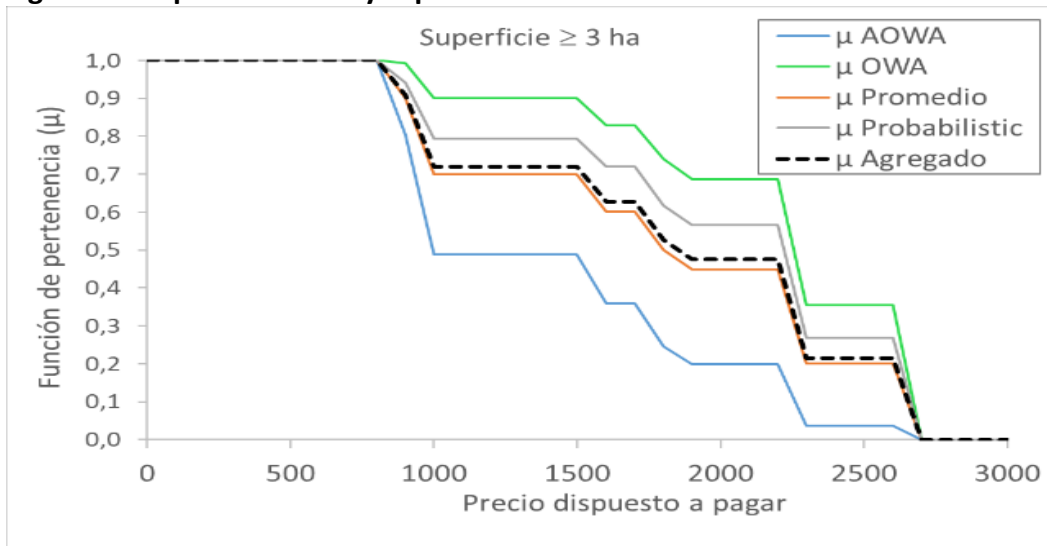
Esto debido a que los expertos con superficies de hasta 2 hectáreas, manifiestan una DP mínima de \$500 pesos por hectárea y una DP máxima de 2,400 pesos (ver Figura 24). Mientras que los expertos con mayor posesión de tierra para regadío establecen una DP máxima de 2,700 pesos frente a una DP mínima de 800 pesos por hectárea (ver Figura 25).

Figura 24: Expertos con menor posesión de cultivo.



Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

Figura 25: Expertos con mayor posesión de cultivo.



Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

5.3 Análisis social y económico de las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro

Resultado de la presentación descriptiva del trabajo de campo y de la valoración económica de las externalidades en la región de estudio, a continuación, se presenta el análisis social y económico de las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro.

Los primeros reactivos de análisis y que tuvieron como finalidad identificar el perfil de los expertos y la problemática de estudio, determinaron que nos encontramos en una región con tendencias a la disminución en el caudal y calidad del agua; donde el perfil de los productores agrícolas o expertos lo constituyen pequeños productores de aguacate y berries con estudios académicos básicos y con pleno conocimiento de la problemática del agua en el río Tacámbaro.

Por su parte, la valoración económica del agua y las externalidades indica que la demanda agregada del suministro del agua estableció rangos en la DP de los 500 a los 2,700 pesos por hectárea. Donde un análisis por género determina que el sexo masculino se dispone a pagar hasta 2,700 pesos como máximo y 500 pesos como mínimo; mientras que el sexo femenino pagaría hasta 2,500 pesos y 800 pesos como mínimo.

Respecto al conocimiento de la problemática se encontraron rangos en la DP que van de los 500 a los 2800 pesos. Estando los expertos que conocen la problemática dispuestos a pagar hasta 2800 pesos y 500 pesos como mínimo. Mientras que los expertos que no conocen la problemática se disponen a pagar hasta 800 pesos frente a 500 pesos como mínimo.

Los expertos que opinan que el gobierno debe resolver la problemática están dispuestos a pagar hasta 2,400 pesos por hectárea como máximo y 500 pesos como mínimo. Mientras los que opinan que la sociedad es quien tiene que resolver manifiestan una DP de 2,400 pesos como máximo y 800 pesos como mínimo.

Aquellos expertos que opinan que los cuidados son suficientes están dispuestos a pagar hasta 2,700 pesos frente a una DP de 500 pesos como mínimo. Mientras que los que opinan que los cuidados no son suficientes pagarían hasta 2,100 pesos por hectárea frente a 600 pesos por hectárea como mínimo.

En relación al tipo de cultivo que producen los expertos, los productores de aguacate pagarían hasta 2,700 pesos por hectárea y 500 pesos como mínimo; teniendo, por su parte, los productores de berries una DP de 2,100 pesos como máximo y 700 pesos como mínimo.

Finalmente, se observó que los productores con una mayor superficie de tierra presentan una mayor DP frente a los pequeños productores. Ya que los productores que tienen mayor posesión de tierra manifiestan una DP de 2, 700 pesos como máximo y 800 pesos como mínimo; mientras que los productores con menor posesión de tierra pagarían hasta 2, 400 pesos por hectárea y 500 pesos como mínimo.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de la valoración hecha.

Cuadro 16. Disposición a Pagar (DP) por el suministro de agua.

DP		Mayor DP (Pesos por hectárea)	Menor DP (Pesos por hectárea)	Promedio (Pesos por hectárea)
Por género	Masculino	2, 700	500	1, 600
	Femenino	2, 500	800	1, 650
Conocimiento de la problemática	Conoce	2, 800	500	1, 650
	No Conoce	800	500	650
Atención de la problemática	Sociedad	2, 400	800	1, 600
	Gobierno	2, 400	500	1, 450
Suficiencia en cuidados	Suficiente	2, 700	500	1, 600
	No suficiente	2, 100	600	1, 350
Tipo de cultivo	Aguacate	2, 700	500	1, 600
	Berries	2, 100	700	1, 400
Tamaño de superficie	Mayor	2, 700	800	1 750
	Menor	2, 400	500	1,450

Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta a los expertos.

De manera puntual y para los valores promedio, el **Cuadro 16** nos dice que las mujeres manifiestan una mayor DP; que las personas que conocen la problemática manifiestan una mayor DP frente a los que no conocen la problemática; que los expertos que creen que hay una suficiencia en los cuidados del agua de la cuenca manifiestan una mayor DP; que los expertos productores de aguacate manifiestan una mayor DP frente a los de berries y quienes poseen una mayor superficie de tierra para el cultivo, manifiestan una mayor DP.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La investigación “Valor económico del agua en la incertidumbre y el desarrollo en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro”, ha permitido llegar a una serie de diversas conclusiones de suma relevancia desde el punto de vista metodológico, teórico y social.

Metodológicamente se pudo determinar por la aplicación del método científico y el instrumental teórico empleado, el valor socioeconómico del agua y las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro y su impacto en el desarrollo regional. Esto, a partir de estimar la Disposición a Pagar (DP) de los expertos y/o productores para la realización de acciones para incrementar el caudal de la cuenca (Y_1) y evitar su contaminación (Y_2). Al igual que al revestir la problemática observada con la teoría del desarrollo y el desarrollo regional.

Formalmente se plantearon las variables dependientes como la DP para evitar la disminución del caudal y su contaminación (Y_g) en función del Conocimiento sobre la afectación ambiental (X_1), la Escolaridad (X_2), el Tipo de cultivo sembrado (X_3) y el Número de hectáreas en posesión para el riego (X_4). Lo que permitió demostrar que efectivamente son variables que sí influyen en el valor económico de la percepción a la problemática ambiental y sus repercusiones en el desarrollo económico de la cuenca.

Concretamente se sustenta el hecho de que las variables independientes influyen en la DP debido a que en los resultados obtenidos se observó que las personas que conocen la problemática manifiestan una mayor DP frente a los que no conocen la problemática; que los expertos que creen que hay una suficiencia en los cuidados del agua de la cuenca manifiestan una mayor DP; que los expertos productores de aguacate manifiestan una mayor DP frente a los de berries y quienes poseen una mayor superficie de tierra para el cultivo, manifiestan una mayor DP.

Siguiendo a la teoría del desarrollo regional, se identifican en las fuerzas centrípetas los elementos que permiten la convergencia de las variables del desarrollo; caso contrario a las fuerzas centrifugas. Por lo cual las condiciones climáticas y de recursos naturales favorables para el desempeño de la agricultura en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro constituyen los elementos centrípetos a potenciar; mientras que la disminución de caudal, su contaminación y la mala administración del recurso hídrico son aspectos que tienen que reducirse o eliminar.

En otras palabras, en la región centro de la cuenca del río de Tacámbaro, existe un proceso de desarrollo regional con una amenaza latente por las fuerzas centrifugas o externalidades que se manifiestan en la cuenca. Y donde la valoración económica del agua y las externalidades en un ambiente de incertidumbre ha permitido, a través de un ejercicio de valoración riguroso, contar con elementos que indican que la cuota anual que se solicita para cubrir gastos administrativos y de gestión, es aceptada por los expertos; más no es suficiente para contrarrestar las fuerzas centrifugas que amenazan la agricultura de la cuenca. Ante lo cual y gracias a los resultados obtenidos, se sugieren las siguientes recomendaciones para la gestión y beneficio de la cuenca; al igual que para la potenciación de las fuerzas centrípetas del desarrollo regional y disminución o abatimiento de los riesgos que supone la explotación del agua de la cuenca.

RECOMENDACIONES

“Valor económico del agua en la incertidumbre y el desarrollo en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro” es una investigación que ofrece el valor económico del uso del agua en la cuenca y otorga bases científicas para argumentar desde la teoría del desarrollo regional los riesgos y potencialidades en la cuenca.

Por lo cual y con base en sus resultados, se sugiere que la gestión en beneficio de la cuenca vaya direccionada en primer lugar a concientizar mayormente sobre el conocimiento de la problemática, la suficiencia de cuidados, la importancia del agua en el cultivo de las berries y la atención de la problemática por parte del gobierno. Ello y porque en ese orden se manifestó la menor Disposición a Pagar por el uso del agua de la cuenca.

Por lo cual la presente tesis doctoral hace evidente la necesidad de difundir con mayor intensidad desde los tres órganos de gobierno y la academia la problemática ambiental de la falta de cuidado y el uso desmedido del agua. Donde es indispensable enfatizar en la necesidad de una buena administración en el uso del agua; al igual que hacer partícipe de la divulgación de esta problemática a los expertos o usuarios del agua.

En otras palabras y gracias a este estudio, se tienen bases científicas para conocer a donde es que deben ir dirigidos los esfuerzos que se realicen desde la gestión en general y desde la academia y las políticas públicas en particular.

Bibliografía y documentos consultados

- Acevedo, V. (2002). Michoacán: Economía y regiones para el desarrollo. *Economía y Sociedad*, 7, 11, 179-212.
- Alarcón, P. (2020). Aguacate: desierto verde mexicano. *Diálogos ambientales*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 47-52.
- Alba, J. (2019). Modelado y sintonización de un controlador PID de un robot tipo puma de tres grados de libertad utilizando lógica difusa. Tesis de maestría. Universidad Nacional del Callao.
- Ávalos, L. (2017). Valoración económica del manejo de residuos peligrosos y su impacto en el desarrollo sustentable de la región Cuitzeo, Michoacán. Tesis Doctoral. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Ayala, D. y Abarca, F. (2014). Disposición a pagar por la restauración ambiental del río Lerma en la zona metropolitana de la Piedad Michoacán. *Economía, sociedad y territorio*.
- Ayala, D. y Guerrero, H. (2009). Análisis comparativo de prácticas agrícolas sustentables en comunidades campesinas e indígenas de la Meseta Purépecha, México. *REVIBEC-REVISTA IBEROAMERICANA DE ECONOMÍA ECOLÓGICA*, 29-39.
- Ayala, E. (1999). *Economía del sector público mexicano*. México, D. F., México: Esfinge.
- Azqueta, D. (2007). *Introducción a la economía ambiental*. Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Baeza Sanz, D., Martínez, F. y García, D. (2003). Variabilidad temporal de caudales: aplicación a la gestión de ríos regulados. *Ingeniería del agua*, 10(4), 469-478.
- Bárceñas, J., De la Tejera, B. y Santos, A. (2016). Transformaciones rur-urbanas en el municipio de Tacámbaro, Michoacán. *Economía y Sociedad*, 34, 137-156.

- Bárcenas, J. (2015). Transformaciones rur-urbanas y desarrollo rural en el municipio de Tacámbaro, Michoacán. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.
- Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona, España: Paidós.
- Biol, E., Karousakis, K., y Koundouri, P. (2006). Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application. *Science of the total environment*, 365(1-3), 105-122.
- Boisier, S. (2001). Desarrollo (local): ¿Dé qué estamos hablando? En O. Madoery, y Vázquez, A. *Transformaciones globales, Instituciones y Políticas de desarrollo local*. Rosario, España.
- Brotons, J., Sevilla, G. y Chávez, R. (2021). Assessment of Water Availabilities in The Tancítaro Area Through the Fuzzy Willingness to Pay. *7th International Conference on Fuzzy Logic Systems*. En prensa.
- Brotons, J. y Sansalvador, M. (2020). The relation between corporate social responsibility certification and financial performance: An empirical study in Spain. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27(3), 1465-1477.
- Burgos, A., Anaya y Cuevas, G. (2012). Impacto ecológico del Cultivo de Aguacate a nivel regional y de parcela en el Estado de Michoacán: Definición de una Tipología de Productores, Etapa II. Informe final, Fundación Produce Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, Michoacán.
- Cabrera, J. (2012). Calibración de modelos hidrológicos. *Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno El Niño, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Perú*.
- Carson, R. y Mitchell, R. (1993). *The Value of clean water: The public's willingness to pay for boatable, fishable, and swimmable quality water*. *Water Resources Research*, 29(7), 2445–2454.
- Córdova, J. y Rodríguez, I. (2015). *El ciclo hidrológico y su significación ecológica. Agua en Venezuela: Una riqueza escasa, Edition: Primera, 79-101*.
- Cristeche, E. y Penna, J. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. *Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales*, 3, 1-55.

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tacámbaro-Turicato (1611), Estado de Michoacán*. Subdirección general técnica. Gerencia de aguas subterráneas. Ciudad de México, México.
- CONAGUA (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tacámbaro-Turicato (1611), Estado de Michoacán*. Subdirección general técnica. Gerencia de aguas subterráneas. Ciudad de México, México.
- Cotler, H. (2010). *Las cuencas hidrográficas de México: Diagnóstico y priorización*. México, D. F., México: SEMARNAT. Instituto Nacional de Ecología. Fundación Gonzalo Río Arronte.
- De la Tejera, B. y Santos, A. (Coord.). (2012). Diagnóstico Sectorial Estado de Michoacán: Una aproximación multidimensional para el análisis participativo y el diseño de políticas sectoriales orientadas al desarrollo rural: Subsector agrícola en el entorno socio-económico nacional, de la población y recursos naturales. Informe Final Primera Etapa al Fondo de Fomento Agropecuario del Estado de Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo.
- Delgadillo, J. (2004). Desarrollo regional y nueva función del estado en la organización del territorio. *Planeación territorial, políticas públicas y desarrollo regional en México*. 13-35.
- Duarte, O. (1999). Sistemas de lógica difusa: fundamentos. *Ingeniería e Investigación*, (42), 22-30.
- D'Negri, C. y De Vito, E. (2006). Introducción al razonamiento aproximado: lógica difusa. *Revista Americana de Medicina Respiratoria*, 6(3), 126-136.
- Ferrán, A. y Balestri, L. (2017). Evaluación económica de impactos ambientales: bases teóricas y técnicas de valoración más utilizadas. *Ciencia Veterinaria*, 3(1), 94-112.
- Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Pitman Series in Business and Public Policy.
- Fujita, M., Krugman, P. y Venables, A. (2000). Economía espacial. Las ciudades, las regiones y el comercio internacional, Ariel, Economía, 363 p., España.
- Furtado, C. (1999). *Teoría y política del desarrollo económico*. México: Siglo XXI Editores.
- Gasca, J. (2009). *Geografía Regional. La región, la regionalización y el desarrollo regional en México*. Universidad Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, D. F.

GEMO (Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo) (2015). *Plan de desarrollo integral del Estado de Michoacán 2015-2021*. Michoacán, México.

GEMO y SEPLADE (Secretaría de Planeación y Desarrollo Estatal) (2004). Nueva Regionalización para la Planeación y Desarrollo del Estado de Michoacán. Morelia, Michoacán, México: Gobierno del Estado de Michoacán.

Gil, J. (2000). Génesis de una teoría de la incertidumbre. *Encuentros multidisciplinares*.

Gil Lafuente, A. y Paula, L. (2011). La gestión de los grupos de interés: una reflexión sobre los desafíos a los que se enfrentan las empresas en la búsqueda de la sostenibilidad empresarial. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 11, 71-90.

González, M. (2013). La Lógica "fuzzy" y su aplicación en la limitación de Recursos. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Valencia.

Gracia, R., Yagüez, P., López, M. y Casanovas. (2007). *Guía práctica de economía de la empresa II: áreas de gestión y producción (teoría y ejercicios)*, Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona.

Guadarrama, R., Kido, J., Roldan, G. y Salas, M. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1-10.

Guillén, J., Lomelí, R. y González, A. (2016). *Organización de usuarios en las unidades de riego en México*. Jiutepec, Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Gutiérrez, C. (2014). El crecimiento de las regiones y el paradigma del desarrollo divergente. Un marco teórico. *Economía, Población y Desarrollo. Cuadernos de Trabajo de la UACJ*, (24).

Gutiérrez, E. y González, E. (2010). *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable*. Monterrey, Nuevo León, México: Siglo XXI Editores.

Gutiérrez, V. (2014). *Liderando el desarrollo sostenible de las ciudades*. Banco Interamericano de Desarrollo. Instituto Interamericano para el Desarrollo Económico y Social.

Hanemann, Michael. (1994). Valuing the Environment through Contingent Valuation. *Journal of Economic Perspectives*, 8 (4): 19-43.

- HACTM (Honorable Ayuntamiento de Constitucional de Tacámbaro Michoacán) (2019). Plan municipal de desarrollo 2018-2021. Periódico oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo. Tomo CLXXII, Núm. 73.
- (24 de junio de 2019a). Ayuntamiento y Jurisdicción sanitaria inician acciones para que Tacámbaro sea certificado como municipio saludable. Recuperado el 11 de febrero de 2021 de <https://tacambaro.gob.mx/?p=7305>
- (2019b). *Plan municipal de desarrollo 2018-2021*. Periódico Oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo. Tomo CLXXII, Núm. 73.
- (2016). *Plan municipal de desarrollo 2015-2018*. Periódico Oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo. Tomo CLXIV, Núm. 33.
- (2015). Plan de desarrollo municipal 2015-2018. Periódico oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo. Tomo CLXIV, Núm. 33.
- (2005). *Plan de desarrollo municipal 2005-2007*. Periódico Oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo. Tomo CLXIV, Núm. 33.
- Hernández, C. (2014). *Vulnerabilidad agrícola de la franja aguacatera del estado de Michoacán ante el impacto del cambio climático*. Tesis doctoral. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Quinta edición. México, DF: McGraw-Hill.
- Herrera, E., Herrera, J. y Verdegay, A. (1995) Sequential Selection Process in Group Decision Making with a Linguistic Assessment Approach, *Information Sciences* 85, 223-239.
- Herrera, H. (2011). Evaluación del desempeño municipal. *Propuesta metodológica para los municipios semi-urbanos del Estado de Michoacán*. México: INAP, AC.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) (2017). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2021). Panorama sociodemográfico de Michoacán de Ocampo: Censo de Población y Vivienda 2020. INEGI, México.

- (2020). Censo General de Población y Vivienda 2020.
- (2010). XIII Censo General de Población y Vivienda 2010.
- (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tacámbaro, Michoacán de Ocampo. Clave geoestadística 16082.
- (2005). II Censo de Población y Vivienda 2005.
- (2000). XII Censo General de Población y Vivienda. 2000.
- (1996). Tacámbaro estado de Michoacán. Cuaderno estadístico municipal. INEGI, México.
- (1995). I Censo de Población y Vivienda 1995.
- (1990). XI Censo General de Población y Vivienda. 1990.
- (1980). X Censo de Población y Vivienda. 1980.
- Kaufmann, A., Gil, J. y Terceño, A. (1994). Mathematics for economic and business management. *Ed. Foro Científico, Barcelona, Spain.*
- Kaufmann, A. y Gil, A. (1988). *Modelos para la investigación de efectos olvidados.* Milladoiro.
- Kaufmann, A., Gil, A. y Pirla, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas.* Milladoiro.
- Kido, M. y Kido, A. (2007). Análisis comparativo de costos para el manejo y uso de suelo en la cuenca alta del río Cacaluta en Oaxaca, México. *Agrociencia, 41(3), 355-362.*
- Krugman, P. (1992). Geografía y comercio. Antoni Bosch, 152 p., España.
- Labandeira, I., León, C. y Vázquez, M. (2007). *Economía ambiental.* Madrid, España: Prentice Hall.
- LAGCM (Ley del agua y gestión de cuecas para estado de Michoacán de Ocampo) (2018). Periódico Oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo.
- LAN (Ley de Aguas Nacionales) (2020). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación.

- Lara, A., Solari, M., Prieto, M. y Peña, M. (2012). Reconstrucción de la cobertura de la vegetación y uso del suelo hacia 1550 y sus cambios a 2007 en la ecorregión de los bosques valdivianos lluviosos de Chile (35º-43º 30 S). *Bosque (Valdivia)*, 33(1), 13-23.
- Lazzari, L., Machado, E. y Pérez, R. (2000). Los conjuntos borrosos: una introducción. *Cuadernos del CIMBAGE*, (2).
- López, R. (2021). Redes de innovación en las empresas exportadoras de berries ubicadas en Michoacán hacia los Estados Unidos de Norteamérica. Tesis Doctoral. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Macías, L. (2012). El constitucionalismo ambiental en la nueva Constitución de Ecuador. Un reto a la tradición constitucional. *Iuris dictio*, 12(14).
- Massolo, L. (2015). *Introducción a las herramientas de gestión ambiental*. Argentina: Editorial de la Universidad De la Plata.
- Merigó, J. (2009). Nuevas Extensiones a los Operadores OWA y su Aplicación en los Métodos de Decisión. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.
- Morales, G. (2002). Introducción a la lógica difusa. *Centro de Investigación y Estudios Avanzados. IPN. México*.
- Ojeda, W., Jiménez, S., Marcial, M, y Iñiguez, M. (2019). Las unidades de riego de México: situación y problemática. Quinto congreso Nacional de Riego y Drenaje. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Ortiz, C. y García, J. (2010). Ejes fundamentales para la discusión teórica sobre desarrollo sustentable. *Inceptum*. V, 9, 365-380.
- (2011). Ambiente, desarrollo y conflictos sociales: una aproximación y reflexiones sobre sus causantes. *Inceptum*. VI, 11, 399-412.
- Ortiz, C. y Ortega, P. (2016). Retomando fundamentos y paradigmas para el tránsito de la crisis ambiental hacia sociedades sustentables. *Sociedad y Ambiente*. 4, 10, 113-131.
- Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes*. México, D. F., México: Fondo de Cultura Económica.

- Ossana, N. A. (2011). Biomarcadores de contaminación acuática: estudios en los ríos Luján y Reconquista. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- Palau, A. (2003). Régimen ambiental de caudales: estado del arte. *Madrid: Universidad Politécnica de Madrid*.
- Peche, R. (2006). Valoración cualitativa de impactos ambientales mediante lógica borrosa. *Gestión y ambiente, 9(3)*, 99-113.
- Peche, R., y Rodríguez, E. (2009). Environmental impact assessment procedure: A new approach based on fuzzy logic. *Environmental Impact Assessment Review, 29(5)*, 275-283.
- Perroux, F. (1970). *Note on the concept of growth poles*. Regional economics: theory and practice, David McKee, Robert Dean, William Leathy (ed.), The Free Press, Collier-Macmillan Limited, p. 93-103, Estados Unidos.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2008). *Informe sobre Desarrollo Humano Michoacán 2007*. México D.F., México.
- Preston, P. (1999). *Una introducción a la teoría del desarrollo*. México: Siglo XXI Editores.
- Ramírez, N. (2016). Determinación de Cadmio en los ríos Guayas, Daule y Babahoyo mediante el estudio de concentraciones en agua, sedimento y en el caracol manzana Pomacea canaliculata. Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil.
- Rico, M. y Tinto, J. (2010). Herramientas con base en subconjuntos borrosos. Propuesta procedimental para aplicar expertizaje y recuperar efectos olvidados en la información contable. *Actualidad Contable Faces, 13(21)*, 127-146.
- Rodas, A. (2019). Amebas testadas como instrumento limnológico de reconstrucción trófica pasada para la gestión de sistemas hídricos. Estudio de caso: Laguna de Chichoj.
- Ruíz, G. (2020). Balance hídrico y producción de aguacate. Dimensiones del desarrollo sustentable en Tancítaro, Michoacán, 2005-2020. Tesis Doctoral. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Sánchez, F. (2011). Apuntes de hidrología e hidrogeología. *Universidad de Salamanca-Departamento de Geología*.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2016). Atlas del agua en México 2016. Ciudad de México, México.
- Secretaría de Planeación y Desarrollo Estatal (SEPLADE) (2006). Carpeta municipal de Tacámbaro. Gobierno del estado de Michoacán. Dirección de estadística.
- Solow, R. (1956). *A contribution to the theory of economic growth*. Quarterly Journal of Economics, vol. 70, núm. 1, págs. 65-94.
- Stiglitz, J. (2000). *La economía del sector público*. España: Antoni Bosch Editor.
- Sunkel, O. y Paz, P. 1994. *El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo*. México: Siglo XXI Editores.
- Swan, T. (1956). *Economic growth and capital accumulation*. Economic Record, vol. 32, págs. 334-361.
- Terceño, A., Brotons, J. y Trigueros, J. (2009). Evaluación de las necesidades hídricas en España. *Ingeniería hidráulica en México*, 24(4).
- Torres, Z. y Navarro, J. (2017). *Conceptos y principios fundamentales de epistemología y metodología*. Morelia, Michoacán, México. UMSNSH, ININEE.
- Wu, H. (2005). Statistical hypotheses testing for fuzzy data. *Information Sciences*, 175(1-2), 30-56.
- Yager, R. (1998). On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multicriteria Decision-making", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 18, no. 1, pp. 183-190.
- Zadeh, L. (1996). Fuzzy sets. In *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A Zadeh* (pp. 394-432).
- (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets and systems*, 1(1), 3-28.

Anexos

Anexo 1: Matriz de congruencia metodológica

Planteamiento del problema	Objetivos	Hipótesis	Identificación de variables	
			Dependientes	Independientes
Pregunta central	Objetivo central	Hipótesis central		
¿Cuál es el valor socioeconómico de las externalidades en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro y su impacto en el desarrollo regional?	Determinar el valor socioeconómico de las externalidades de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro y su impacto en el desarrollo regional.	Las externalidades presentes en la región centro de la cuenca del río Tacámbaro manifiestas en la disminución del caudal y su contaminación generan costos ambientales que impactan en la actividad económica y social de la cuenca, trayendo consigo efectos negativos en el desarrollo de la región.	Disposición a pagar para evitar la disminución del caudal de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro (Y ₁) Disposición a pagar para evitar la contaminación de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro (Y ₂)	Conocimiento sobre la afectación ambiental (X ₁) Escolaridad (X ₂) Tipo de cultivo sembrado (X ₃) Número de hectáreas en posesión para el riego (X ₄)
Preguntas específicas	Objetivo específico	Hipótesis específicas		
¿Cuál es la Disposición a Pagar de los productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro para la realización de acciones que incrementen el caudal de la cuenca?	Estimar la Disposición a Pagar de los productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro para la realización de acciones que incrementen el caudal de la cuenca.	La Disposición a Pagar por parte de los productores de la región centro de la cuenca del río Tacámbaro para evitar la disminución de su caudal depende del conocimiento sobre la afectación ambiental, escolaridad, tipo de cultivo sembrado y el número de hectáreas en posesión para el riego.		

<p>¿Cuál es la Disposición a Pagar de los productores de la región centro del río Tacámbaro por evitar la contaminación de la cuenca?</p>	<p>Estimar la Disposición a Pagar de los productores de la región centro del río Tacámbaro por evitar la contaminación de la cuenca.</p>	<p>La Disposición a Pagar por parte de los productores de la región centro del río Tacámbaro para evitar la contaminación del río depende del conocimiento sobre la afectación ambiental, escolaridad, tipo de cultivo sembrado y el número de hectáreas en posesión para el riego.</p>		
<p>¿Cuál es el impacto económico por la disminución del caudal y sus consecuencias en el desarrollo regional?</p>	<p>Precisar los impactos que se generan en el desarrollo regional del municipio por la disminución del agua en la cuenca.</p>	<p>La disminución del caudal y contaminación del agua de la región centro del río Tacámbaro trae consigo afectaciones ambientales que impactan negativamente en la actividad económica del municipio, trayendo consecuencias que impactan en disminuciones de la productividad agrícola y el agotamiento de los recursos naturales; lo que pone en entredicho el desarrollo regional de la cuenca.</p>		

Anexo 2: Superficie sembrada y valor de los principales productos agrícolas en la región Tierra Caliente

Principales cultivos por Superficie Sembrada en Carácuaro, 2020.

Cultivo	Superficie Sembrada Hectáreas	Porcentaje %
Ajonjolí	42	1.05
Chile verde	82.97	2.08
Maíz grano	3,332.76	83.66
Mango	45.2	1.13
Papaya	9	0.23
Sandía	56.94	1.43
Sorgo forrajero	14.68	0.37
Sorgo grano	399.98	10.04
Total	3983.53	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Valor de la producción de los Principales cultivos en Carácuaro, 2020.

Cultivo	Valor de la Producción Miles de pesos	Porcentaje %
Ajonjolí	400	0.81
Chile verde	1,387.50	2.80
Maíz grano	31,442.64	63.37
Mango	1,413.56	2.85
Papaya	1,195.01	2.41
Sandía	5,988.77	12.07
Sorgo forrajero	370.5	0.75
Sorgo grano	7,416.65	14.95
Total	49614.63	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Principales cultivos por Superficie Sembrada en Huetamo, 2020.

Cultivo	Superficie Sembrada Hectáreas	Porcentaje %
Ajonjolí	2,000.00	11.81
Chile verde	21.48	0.13
Frijol	6	0.04
Limón	40	0.24
Maíz grano	6,079.24	35.90
Mango	102	0.60
Melón	1,609.09	9.50
Nopalitos	35	0.21
Papaya	95	0.56
Plátano	2	0.01
Sandía	128.11	0.76
Sorgo forrajero	3,805.88	22.48
Sorgo grano	3,000.00	17.72
Jitomate	8	0.05
Total	16,931.80	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Valor de la producción de los Principales cultivos en Huetamo, 2020.

Cultivo	Valor de la Producción Miles de pesos	Porcentaje %
Ajonjolí	16,310.00	3.06
Chile verde	958.3	0.18
Frijol	46.42	0.01
Limón	2,132.00	0.40
Maíz grano	32,974.01	6.19
Mango	4,050.09	0.76
Melón	328,336.28	61.62
Nopalitos	11,553.59	2.17
Papaya	43,317.77	8.13
Plátano	82	0.02
Sandía	14,176.81	2.66
Sorgo forrajero	43,889.73	8.24
Sorgo grano	34,520.61	6.48
Jitomate	460.5	0.09
Total	532,808.11	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Principales cultivos por Superficie Sembrada en Madero, 2020.

Cultivo	Superficie Sembrada Hectáreas	Porcentaje %
Agave	283	4.94
Aguacate	1,665.00	29.06
Avena forrajera	60	1.05
Durazno	33	0.58
Guayaba	23	0.40
Maíz grano	3,665.05	63.97
Total	5729.05	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Valor de la producción de los Principales cultivos en Madero, 2020.

Cultivo	Valor de la Producción Miles de pesos	Porcentaje %
Agave	20,393.20	5.87
Aguacate	272,399.86	78.47
Avena forrajera	684.36	0.20
Durazno	2,108.40	0.61
Guayaba	722.92	0.21
Maíz grano	50,829.71	14.64
Total	347,138.45	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Principales cultivos por Superficie Sembrada en Nocupétaro, 2020.

Cultivo	Superficie Sembrada Hectáreas	Porcentaje %
Aguacate	6	0.25
Frijol	55.11	2.32
Maíz grano	1,571.63	66.06
Mango	14.5	0.61
Papaya	30	1.26
Sandía	37.28	1.57
Sorgo forrajero	398.15	16.73
Sorgo grano	266.57	11.20
Total	2379.24	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Valor de la producción de los Principales cultivos en Nocupétaro, 2020.

Cultivo	Valor de la Producción Miles de pesos	Porcentaje %
Aguacate	1,117.90	3.23
Frijol	915.68	2.65
Maíz grano	15,504.00	44.80
Mango	415.22	1.20
Papaya	4,239.75	12.25
Sandía	4,094.06	11.83
Sorgo forrajero	4,626.87	13.37
Sorgo grano	3,696.22	10.68
Total	34,609.70	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Principales cultivos por Superficie Sembrada en San Lucas, 2020.

Cultivo	Superficie Sembrada Hectáreas	Porcentaje %
Ajonjolí	260	3.66
Chile verde	31.05	0.44
Limón	150	2.11
Maíz grano	3,390.60	47.69
Mango	1,257.00	17.68
Melón	122.45	1.72
Papaya	55	0.77
Sandía	49.52	0.70
Sorgo forrajero	45.67	0.64
Sorgo grano	1,600.00	22.50
Jitomate	148.33	2.09
Total	7109.62	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Valor de la producción de los Principales cultivos en San Lucas, 2020.

Cultivo	Valor de la Producción Miles de pesos	Porcentaje %
Ajonjolí	2,618.00	1.35
Chile verde	2,592.00	1.34
Limón	9,087.00	4.68
Maíz grano	36,240.68	18.68
Mango	63,690.95	32.83
Melón	20,479.65	10.56
Papaya	20,604.71	10.62
Sandía	4,808.64	2.48
Sorgo forrajero	894.02	0.46
Sorgo grano	21,133.11	10.89
Jitomate	11,839.00	6.10
Total	193,987.76	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Principales cultivos por Superficie Sembrada en Tacámbaro, 2020.

Cultivo	Superficie Sembrada Hectáreas	Porcentaje %
Aguacate	17,110.00	67.14
Caña de azúcar	2556	10.03
Maíz grano	2326.7	9.13
Tomate rojo	602.97	2.37
Zarzamora	1194	4.69
Otros Cultivos	1,695.56	6.65
Total	25,485.23	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Valor de la producción de los Principales cultivos en Tacámbaro, 2020.

Cultivo	Valor de la Producción Miles de pesos	Porcentaje %
Aguacate	3,420,976.30	78.47
Caña de azúcar (ton)	180,039.43	4.12
Maíz grano	34,182.50	0.78
Tomate rojo	149,154.92	3.42
Zarzamora	497,507.42	11.41
Otros Cultivos	77,659.95	1.78
Total	4,359,520.52	100

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Principales cultivos por Superficie Sembrada en Turicato, 2020.

Cultivo	Superficie Sembrada Hectáreas	Porcentaje %
Aguacate	6,347.00	44.16
Ajonjolí	31.5	0.22
Avena forrajera	10.33	0.07
Calabacita	11.4	0.08
Caña de azúcar	1,420.00	9.88
Chile verde	28.06	0.20
Elote	13.11	0.09
Frijol	359.77	2.50
Guayaba	14	0.10

Limón	12	0.08
Maíz grano	4,823.40	33.56
Mango	187	1.30
Papaya	5	0.03
Pepino	27.5	0.19
Sorgo grano	867	6.03
Jitomate	118.07	0.82
Zarzamora	98	0.68
Total	14,373.14	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Valor de la producción de los Principales cultivos en Turicato, 2020.

Cultivo	Valor de la Producción Miles de pesos	Porcentaje %
Aguacate	1,272,760.17	82.63
Ajonjolí	439.06	0.03
Avena forrajera	94.11	0.01
Calabacita	616.83	0.04
Caña de azúcar	99,092.36	6.43
Chile verde	2,695.27	0.17
Elote	781.7	0.05
Frijol	5,386.02	0.35
Guayaba	714.13	0.05
Limón	819.8	0.05
Maíz grano	70,133.59	4.55
Mango	11,143.96	0.72
Papaya	875.25	0.06
Pepino	3,805.27	0.25
Sorgo grano	14,224.04	0.92
Jitomate	26,515.98	1.72
Zarzamora	30,146.07	1.96
Total	1,540,243.61	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP, 2020.

Anexo 3: Cuestionario (Prueba piloto)

Introducción: Buenos días/tardes mi nombre es _____ y nos encontramos haciendo un estudio académico para el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San con relación a la disminución del caudal y la contaminación del río Tacámbaro. Este estudio tendrá como objetivo obtener el valor monetario que el río tiene para sus usuarios y de este modo contar con información importante para realizar acciones, ante las instancias correspondientes, que permitan mejorar el caudal del río y evitar su contaminación. De antemano le agradezco y manifiesto que la información que Usted me provea será de carácter confidencial y únicamente utilizada para fines académicos.

Localidad	Fecha	Folio
Nombre	Sexo	Edad

Sección 1: Variables independientes

1. ¿Conoce usted sobre la problemática que vive el río Tacámbaro en términos de disminución de caudal y contaminación?

Sí		No	
----	--	----	--

2. ¿Considera importante la realización de acciones para evitar la disminución del caudal y su contaminación?

Etiquetas lingüísticas	μ_j
1 Totalmente en desacuerdo	0.00
2: Fuertemente en desacuerdo	0.20
3: En Desacuerdo	0.40
4: Neutral	0.60
5: A favor	0.80
6: Muy a favor	1.00

3. ¿Quién considera que debe llevar a cabo estas acciones?

Gobierno		Sociedad		Otro	
----------	--	----------	--	------	--

4. ¿Es suficiente lo que se hace en materia de cuidados del agua del río Tacámbaro?

Etiquetas lingüísticas	μ_j
1 Totalmente en desacuerdo	0.00
2: Fuertemente en desacuerdo	0.20
3: En Desacuerdo	0.40
4: Neutral	0.60
5: A favor	0.80
6: Muy a favor	1.00

5. ¿Cuál es su último grado de estudios?

Básico		Medio Superior		Superior		Otro	
--------	--	----------------	--	----------	--	------	--

6. ¿Cuál es el principal cultivo que Usted siembra?

Aguacate		Berries (Zarzamora, arándano, etc.)		Otro (¿cuál?)	
----------	--	-------------------------------------	--	---------------	--

7. ¿Cuántas hectáreas son las que posee para el riego?

Menos de 1		Menos de 5		Más de 5	
------------	--	------------	--	----------	--

8. ¿Ha sufrido en sus cultivos por la disminución del caudal de río?

Sí		No	
----	--	----	--

9. ¿Ha sufrido afectaciones en sus cultivos?

Sí (pasa a 10)		No (pasa a 11)	
----------------	--	----------------	--

10. De qué tipo _____

11. ¿La disminución en productividad de los cultivos ha sido por la disminución del caudal de río?

Etiquetas lingüísticas	μ_j
1 Totalmente en desacuerdo	0.00
2: Fuertemente en desacuerdo	0.20
3: En Desacuerdo	0.40
4: Neutral	0.60
5: A favor	0.80
6: Muy a favor	1.00

12. ¿Ha sufrido en sus cultivos por la contaminación del agua?

Sí (pasa a 12)		No (pasa a 13)	
----------------	--	----------------	--

13. De qué tipo _____

14. ¿La contaminación del agua se debe por el exceso de agroquímicos y aguas negras vertidas sin tratamiento previo?

Etiquetas lingüísticas	μ_j
1 Totalmente en desacuerdo	0.00
2: Fuertemente en desacuerdo	0.20
3: En Desacuerdo	0.40
4: Neutral	0.60
5: A favor	0.80
6: Muy a favor	1.00

Sección 2: Variables dependientes

Entendiendo que muchas de las cuestiones descritas necesitan ineludiblemente la aplicación de recursos:

15. ¿Estaría dispuesto Usted a contribuir con alguna cuota para realizar acciones que ayuden a evitar la contaminación del río?

Etiquetas lingüísticas	μ_j
1 Totalmente en desacuerdo	0.00
2: Fuertemente en desacuerdo	0.20
3: En Desacuerdo	0.40
4: Neutral	0.60
5: A favor	0.80
6: Muy a favor	1.00

16. Suponiendo que la mejora del caudal y su descontaminación necesita acciones de tipo administrativas, de vigilancia, construcción de infraestructura y que el costo de las mismas se cubriría a través de un recibo de cobro mensual ¿estaría dispuesto Usted a contribuir?

Sí		No (pasa a la 18)	
----	--	-------------------	--

17. De acuerdo a sus posibilidades económicas ¿con cuánto podría contribuir por metro cúbico consumido para hacer el pago de las mejoras descritas?

\$.010	\$.015	\$.025	\$.030	\$.035
--------	--------	--------	--------	--------

18. ¿Con cuánto es con lo que contribuiría? _____

19. ¿Por qué razón es que Usted no contribuiría con la cuota para realizar las acciones de mejora del río?

Es muy alta	
No me corresponde a mi	
Corresponde al gobierno	
Otro	

Anexo 4: Cuestionario valoración contingente y lógica borrosa

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

ININEE Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional

Folio _____

Introducción: Buenos días/tardes mi nombre es _____ y nos encontramos haciendo un estudio académico para el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo con relación a la disminución del caudal y la contaminación del río Tacámbaro. Este estudio tendrá como objetivo obtener el valor monetario que el río tiene para sus usuarios y de este modo contar con información importante para realizar acciones, ante las instancias correspondientes, que permitan mejorar el caudal del río y evitar su contaminación. De antemano le agradezco y manifiesto que la información que Usted me provea será de carácter confidencial y utilizada exclusivamente para fines académicos.

Fecha _____

Nombre		Nivel de estudios		Edad	
Localidad				Sexo	

VARIABLES INDEPENDIENTES

1. ¿Conoce usted sobre la problemática que vive el río Tacámbaro en términos de disminución del caudal y contaminación?

Sí		No	
----	--	----	--

2. ¿Pudiera indicarme según la siguiente escala si está de acuerdo en realizar acciones para evitar la disminución del caudal y su contaminación?

1. Totalmente en desacuerdo	2. Fuertemente en desacuerdo	3. En Desacuerdo	4. Neutral	5. Estoy a favor	6. Muy a favor

3. ¿Quién considera que debe llevar a cabo estas acciones?

Gobierno	Sociedad	Otro

4. ¿Según la siguiente escala está usted de acuerdo en que es suficiente lo que se hace en materia de cuidados del agua del río Tacámbaro?

1. Totalmente en desacuerdo	2. Fuertemente en desacuerdo	3. En Desacuerdo	4. Neutral	5. Estoy a favor	6. Muy a favor

5. ¿Cuál es el principal cultivo que Usted siembra?

Aguacate	Berries (zarzamora, arándano, etc.)	Otro

6. ¿Cuántas hectáreas son las que posee para el riego?

Menos de 1	Menos de 5	Más de 5	Otro

7. ¿Ha sufrido en sus cultivos por la disminución del caudal de río?

Sí	No (pase a la pregunta 9)

8. ¿Qué tipo de afectaciones son las que ha sufrido?

--

9. ¿Qué tan de acuerdo está en que la disminución en la productividad de los cultivos ha sido por la disminución del caudal de río?

1. Totalmente en desacuerdo	2. Fuertemente en desacuerdo	3. En Desacuerdo	4. Neutral	5. Estoy a favor	6. Muy a favor

10. ¿Ha sufrido en sus cultivos por la contaminación del agua?

Sí		No (pase a la pregunta 12)	
----	--	----------------------------	--

11. ¿De qué forma es que ha afectado la contaminación del agua?

--

12. ¿Qué tan de acuerdo está en que la contaminación del agua se debe por el exceso de agroquímicos y aguas negras vertidas sin tratamiento previo?

1. Totalmente en desacuerdo	2. Fuertemente en desacuerdo	3. En Desacuerdo	4. Neutral	5. Estoy a favor	6. Muy a favor

VARIABLES DEPENDIENTES

13. Entendiendo que las acciones de mejora del caudal implican gastos administrativos, de vigilancia y construcción de infraestructura ¿qué tan de acuerdo estaría Usted en contribuir con alguna cuota para realizar acciones que ayuden a evitar la contaminación del río?

1. Totalmente en desacuerdo	2. Fuertemente en desacuerdo	3. En Desacuerdo	4. Neutral	5. Estoy a favor	6. Muy a favor

14. De acuerdo a las siguientes cuotas de pago anual de agua por hectárea y a la escala de 1 al 10 ¿cuál cree que sea la cantidad adecuada para hacer el pago de las mejoras descritas?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
\$ 1, 500										
\$ 1, 700										
\$ 1, 900										
\$ 1, 200										
\$ 2, 300										
\$ 2, 500										
\$ 2, 700										
\$ 2, 900										
\$ 3, 100										

Anexo 5: Oficios de solicitud de información



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL

Oficio No.: DCDR-407/2021
ASUNTO: CARTA DE PRESENTACIÓN PARA
ALUMNO DEL DCDR-ININEE-UMSNH

A QUIEN CORRESPONDA PRESENTE.

Por este medio le solicito de la manera más atenta tenga a bien brindarle al alumno M.C. Jorge Leonardo Bárcenas Comejo (con matrícula 0315495E) del Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional (DCDR) del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), las facilidades para realizar su trabajo de campo o aplicación de instrumentos de investigación.

Esta solicitud se debe a que el alumno M.C. Jorge Leonardo Bárcenas Comejo, que actualmente cursa el quinto semestre del DCDR, se encuentra realizando la investigación de tesis titulada "*Externalidades y Desarrollo Regional en la cuenca del río Tacámbaro*". Por lo que, es necesario realizar el trabajo de campo aplicando los instrumentos de investigación a fin de obtener la información de los agentes sociales involucrados en su objeto de estudio, y con ello estar en condiciones de avanzar con los estudios de doctorado correspondientes. Los datos proporcionados serán utilizados exclusivamente con fines académicos, de esta forma, los resultados derivados del estudio de posgrado contribuirán al desarrollo de las comunidades estudiadas con una visión netamente académica.

Sin otro asunto que tratar por el momento y agradeciendo la atención brindada a la presente, quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

Atentamente
Morelia, Mich., a 16 de febrero de 2021

DR. FRANCISCO JAVIER AYVAR CAMPOS
COORDINADOR DE LA DCDR DEL ININEE DE LA UMSNH
EDIFICIO ININEE, CIUDAD UNIVERSITARIA, MORELIA, MICHOACÁN
TELS. (443) 3-16-61-31 EXT. 102, EMAIL fayvar@umich.mx

C.c.p. Dirección
Archivo.



ING. FANNY MARELY AYALA PEREZ
GERENTE GENERAL
LA BONITA FRESH
PRESENTE

Por este medio le solicito de la manera más atenta tenga a bien brindarle al alumno M.C. Jorge Leonardo Bárcenas Comejo (con matrícula 0315495E) del Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional (DCDR) del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), las facilidades para realizar su trabajo de campo o aplicación de instrumentos de investigación.

Esta solicitud se debe a que el alumno M.C. Jorge Leonardo Bárcenas Comejo, que actualmente cursa el quinto semestre del DCDR, se encuentra realizando la investigación de tesis titulada "*Externalidades y Desarrollo Regional en la cuenca del río Tacámbaro*". Por lo que, es necesario realizar el trabajo de campo aplicando los instrumentos de investigación a fin de obtener la información de los agentes sociales involucrados en su objeto de estudio, y con ello estar en condiciones de avanzar con los estudios de doctorado correspondientes. Los datos proporcionados serán utilizados exclusivamente con fines académicos, de esta forma, los resultados derivados del estudio de posgrado contribuirán al desarrollo de las comunidades estudiadas con una visión netamente académica.

Sin otro asunto que tratar por el momento y agradeciendo la atención brindada a la presente, quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

Atentamente
Morelia, Mich., a 04 de noviembre de 2021

DR. FRANCISCO JAVIER AYVAR CAMPOS
COORDINADOR DE LA DCDR DEL ININEE DE LA UMSNH
EDIFICIO ININEE, CIUDAD UNIVERSITARIA, MORELIA, MICHOACÁN
TELS. (443) 3-16-51-31 EXT. 102, EMAIL francisco.ayvar@umich.mx



C.c.p. Dirección
Archivo.

Anexo 6: Infografía

Trabajo de campo durante los meses de febrero y marzo de 2021.





(In memoriam por muerte de Covid). Fernando Díaz Mondragón

Trabajo de campo durante los meses octubre y noviembre de 2021.

