



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Filosofía y Letras
División de Estudios de Posgrado
Posgrado en Geografía

**ESTIMACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL
EN EL PICO DE TANCITARO, MICHOACÁN:
Oferta, Demanda y Escenarios de Disponibilidad.**

T E S I S

Que para obtener el Grado Académico de:

DOCTOR EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A :

JOSÉ DE JESÚS ALFONSO FUENTES JUNCO

DIRECTOR DE TESIS

DR. GERARDO BOCCO VERDINELLI

Fuentes Junco J., 2011. Estimación del Recurso Hídrico Superficial en el Pico de Tancitaro, Michoacán: Oferta, Demanda y Escenarios de Disponibilidad. Facultad de Filosofía y Letras, División de Estudios de Posgrado, Posgrado en Geografía, UNAM, Morelia, Mich. 144 p.

PREFACIO

Este escrito se compone de 11 apartados incluyendo el índice; dos resúmenes, uno en español y otro en inglés; la introducción; seis capítulos; la bibliografía y los anexos.

La introducción toca el tema del agua superficial, su importancia en el mundo así como para México y el impacto del cambio climático en la oferta y demanda del recurso hídrico. Se incluye en este apartado la justificación y los objetivos de la tesis.

El Capítulo 1 trata toda la descripción y análisis del medio físico y social del Tancítaro y termina con un breve análisis del funcionamiento socio-ambiental tocando la relación del hombre que ahí habita con su entorno. El Capítulo 2 presenta una descripción detallada de los métodos y materiales empleados en el desarrollo del trabajo: desde la obtención de la morfometría de cuencas, pasando por el cálculo del balance hídrico y la generación de los tres escenarios de disponibilidad de agua en el Pico de Tancítaro. El Capítulo 3 desarrolla los aspectos relativos a la oferta de agua superficial. Aquí se muestran y analizan los datos que tienen que ver con la producción de agua superficial en el Tancítaro aunque también se hace referencia a la producción de agua subterránea en el Pico de Tancítaro. El Capítulo 4 da continuidad al escrito mostrando el análisis de la demanda de agua. Es necesario decir que en este proyecto solo se hace mención a una parte de dicha demanda: la generada por la población de la zona de estudio y la que demandan los cultivos de aguacate, a la postre, prácticamente el único cultivo de riego en la región. El Capítulo 5 toca el tema de los escenarios de disponibilidad tomando para el modelo, algunas premisas como la cobertura, la población y un modelo simple de expansión del aguacate y el maíz –los principales cultivos-. Es en realidad un capítulo de análisis y discusión de resultados. El Capítulo 6 aborda las conclusiones de este proyecto doctoral y hace referencia al hecho de que la oferta de agua superficial es mayor a la demanda y se elaboran algunas conclusiones a partir de este hecho.

Finalmente, la tesis presenta la bibliografía y los anexos. Cabe decir, que dentro del texto se han puesto los anexos más importantes, pero se ha agregado a este texto un CD con información relevante generada en paralelo con este estudio o bien por otros autores pero que constituye un acervo importante para el conocimiento de la sociedad michoacana y del país en general de una de las zonas naturales más importantes del occidente de nuestro territorio.

Para terminar, es conveniente señalar que gran parte de los datos aquí generados junto con los obtenidos por el autor en la realización de dos tesis de maestría y la participación en varios proyectos con otros colegas del Ex Departamento de Ecología y Recursos Naturales (hoy Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM en el Campus Morelia) y que datan del año 1998, permitieron el desarrollo de procesos como el cambio de categoría del Parque Nacional Pico de Tancítaro (hoy Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro) entre 1999 y 2006; la generación del Programa Operativo de la Montaña Prioritaria Pico de Tancítaro (elaborado para CONAFOR) en 2008; así como el desarrollo de las primeras fases del ordenamiento ecológico del municipio de Tancítaro (Caracterización y Diagnóstico) en el 2010, y la colaboración directa en la generación del que será el Plan de Manejo de la ANP del Tancítaro para este 2011.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE CUADROS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN	15
<i>Importancia del agua en el Mundo</i>	15
<i>El agua en el mundo, implicaciones de la oferta y la demanda</i>	17
<i>Impacto del cambio climático en la oferta y demanda de agua.</i>	19
<i>Perfil hidrológico de México, la oferta y demanda nacionales.</i>	23
<i>Disponibilidad de datos y enfoques de estudio</i>	27
Objetivos e hipótesis	31
<i>Objetivo general</i>	32
<i>Objetivos particulares</i>	32
CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO Y SOCIAL.....	33
El entorno ambiental del Tancitaro	33
El medio físico	35
<i>Geología</i>	35
<i>Geomorfología</i>	38
El medio biótico	47
El entorno social del Tancitaro	49
<i>El funcionamiento socio-ambiental</i>	50
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	57
Morfometría de cuencas.....	57
<i>Índice de alargamiento o elongación (Ia)</i>	58
<i>Coeficiente de forma (Kf)</i>	58
<i>Coeficiente de compacidad (Kc)</i>	59
<i>Densidad de drenaje</i>	59
<i>Altura media</i>	60
<i>Coeficiente de masividad (Km)</i>	61
<i>Curva hipsométrica</i>	61
Balance hídrico	62

<i>Análisis hidro-meteorológico</i>	65
<i>Evapotranspiración potencial (ETP)</i>	66
<i>Escurrimiento y Precipitación Efectiva (Pef)</i>	66
<i>Retención de humedad en el suelo</i>	67
<i>Cálculo del almacenamiento real de humedad</i>	67
<i>Déficit de Agua Mensual</i>	68
<i>Excedente de agua Mensual</i>	68
Aforos de ríos y manantiales.....	69
Oferta de agua superficial.....	72
Demanda social de agua.....	72
Escenarios de disponibilidad de agua.....	73
<i>Escenario pesimista</i>	73
<i>Escenario optimista</i>	74
CAPÍTULO 3. OFERTA DE AGUA SUPERFICIAL.....	75
Características de la precipitación.....	75
Características de la Evapotranspiración.....	79
Características del escurrimiento.....	80
<i>Aportaciones anuales de manantiales y corrientes principales en las cuencas del Tancitaro...</i>	81
Morfometría de cuencas.....	85
<i>Cuenca Apo</i>	86
<i>Cuenca Chondo</i>	87
<i>Cuenca Chuanito</i>	89
<i>Cuenca Rodada</i>	90
<i>Cuenca Cutío</i>	91
<i>Cuenca El Chivo</i>	93
<i>Cuenca Hoyicazuela</i>	94
<i>Cuenca Huandiestacato</i>	95
<i>Cuenca La Culebra</i>	97
<i>Cuenca La Gringa</i>	98
<i>Unidad hidrológica Lavas del Parícutín</i>	100
<i>Cuenca Nureto</i>	101
<i>Cuenca San Francisco</i>	102
<i>Cuenca Tancítaro</i>	104
<i>Cuenca Zacándaro</i>	106
<i>Cuenca Zirimóndiro</i>	107
Balance hídrico comparado.....	109

<i>Balance Hídrico Anual</i>	109
<i>Distribución espacial del déficit y del excedente de agua</i>	110
<i>Déficit y excedente de agua anual</i>	110
<i>Comparación del balance hídrico superficial estimado de los años 1996 y 2003</i>	111
CAPÍTULO 4. DEMANDA DE AGUA.....	118
Necesidades de agua según cultivos	118
Necesidades de agua según uso doméstico rural y urbano	119
CAPÍTULO 5. ESCENARIOS (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS).....	124
Modelo de oferta y demanda actual	124
Modelo pesimista de demanda de agua.....	125
Modelo optimista de demanda de agua.....	128
Consideraciones respecto a la estimación del recurso hídrico bajo un esquema de manejo y conservación del parque nacional	132
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
La oferta y demanda de agua	135
BIBLIOGRAFÍA	137
ANEXOS	145
Importancia socio-ambiental del Tancitaro.....	145

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CANTIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO Y SU COMPARACIÓN CON LA POBLACIÓN MUNDIAL (FAO, 2003).	18
CUADRO 2. PROBLEMAS DEL AGUA EN MÉXICO Y EL MUNDO.	19
CUADRO 3. BALANCE HÍDRICO DE LA REPÚBLICA MEXICANA.	24
CUADRO 4. BALANCE HÍDRICO POR REGIONES.	25
CUADRO 5. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL TANCÍTARO.	34
CUADRO 6. GEOLOGÍA DEL DISTRITO VOLCÁNICO DE TANCÍTARO.	37
CUADRO 7. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DEL TANCÍTARO.	38
CUADRO 7. CONTINUACIÓN. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DEL TANCÍTARO.	39
CUADRO 8. VALORES DE COMPACIDAD DE CUENCAS.	59
CUADRO 9. HOJA DE CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA MEDIANTE AFORO DE ARROYOS CON MOLINETE.	70
CUADRO 10. DATOS DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO.	76
CUADRO 11. VOLÚMEN DE PRECIPITACIÓN ANUAL POR CUENCA EN METROS CÚBICOS.	78
CUADRO 12. PRECIPITACIÓN, EVAPOTRANSPIRACIÓN Y AGUA DISPONIBLE POR CUENCA EN EL PICO DE TANCÍTARO.	80
CUADRO 13. ESCURRIMIENTO ANUAL EN MM POR CUENCA.	81
CUADRO 14. VOLUMEN DE AGUA ESTIMADO EN MANANTIALES Y RÍOS.	82
CUADRO 15. VOLUMEN DE MANANTIALES POR CUENCA SEGÚN PERIODO DE LLUVIAS Y SECAS	84
CUADRO 16. GASTO EN LITROS POR SEGUNDO (LPS) DE CADA MANANTIAL Y SALIDA DE CUENCA.	85
CUADRO 17. CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL TANCÍTARO.	86
CUADRO 18. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA APO.	87
CUADRO 19. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA CHONDO.	88
CUADRO 20. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA CHUANITO.	90
CUADRO 21. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA RODADA.	91
CUADRO 22A. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA CUTÍO.	92
CUADRO 22B. CONTINUACIÓN. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA CUTÍO.	93
CUADRO 23. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA EL CHIVO.	94
CUADRO 24. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA HOYICAZUELA.	95
CUADRO 25. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA HUANDIESTACATO.	97
CUADRO 26. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA LA CULEBRA.	98
CUADRO 27. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA LA GRINGA.	99
CUADRO 28. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA UNIDAD HIDROLÓGICA LAVAS DEL PARICUTÍN.	101
CUADRO 29. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA NURETO.	102
CUADRO 30. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA SAN FRANCISCO.	103
CUADRO 31. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA TANCÍTARO.	105
CUADRO 32. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA ZACÁNDARO.	107
CUADRO 33. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA ZIRIMÓNDIRO.	109
CUADRO 34. CLASES DE EXCEDENTE Y DÉFICIT DE AGUA PARA RECLASIFICACIÓN DE LOS MAPAS DE VALORES RESPECTIVOS.	110
CUADRO 35. VALOR DEL VOLUMEN DE AGUA EN LOS ACUÍFEROS REGIONALES DE LA ZONA DE ESTUDIO Y APORTE DE VOLUMEN DE AGUA DEL TANCÍTARO SEGÚN SUPERFICIE OCUPADA POR LOS ACUÍFEROS.	116
CUADRO 36. COBERTURA VEGETAL DEL PICO DE TANCÍTARO PARA EL AÑO 2005	118
CUADRO 37. CONSUMO DE AGUA POR HABITANTE AL AÑO Y DIARIO, EN LOS AÑOS 1999 Y 2000 EN CUATRO CIUDADES DE LA REGIÓN DEL TANCÍTARO.	120
CUADRO 38. CONSUMO DOMÉSTICO DE AGUA PER CÁPITA DIARIO ESTIMADO SEGÚN CNA (1994).	120
CUADRO 39. CONSUMO DE AGUA ESTIMADO (DEMANDA) EN 2000 PARA DOS LOCALIDADES EN EL PICO DE TANCÍTARO, A PARTIR DEL RANGO TÉRMICO Y EL NIVEL DE SALARIO, DE ACUERDO CON CNA (1994).	121
CUADRO 40. DEMANDA TOTAL DOMÉSTICA DE AGUA, EN METROS CÚBICOS POR DÍA POR CUENCA Y TOTAL DEL TANCÍTARO POR DÍA, PARA LOS AÑOS 1990, 2000, 2005 Y 2010 EN EL TANCÍTARO.	122
CUADRO 41. DEMANDA DE AGUA EN EL PICO DE TANCÍTARO PARA USO DOMÉSTICO Y AGRÍCOLA EN EL 2010.	123
CUADRO 42. OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACTUAL PARA EL PICO DE TANCÍTARO.	125
CUADRO 43. TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL 200-2005.	129
CUADRO 44. COMPARATIVO DE ESCENARIOS DE VOLUMEN DE DEMANDA DE AGUA DOMÉSTICA POR CUENCAS PARA EL PICO DE TANCÍTARO, MICH.	131

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISPONIBILIDAD DE AGUA DULCE EN EL MUNDO.....	17
FIGURA 2. TENDENCIA DE LAS LLUVIAS EN PERIODOS ESCOGIDOS PARA CUATRO ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS CERCANAS AL PICO DE TANCÍTARO.	21
FIGURA 3. GRÁFICAS QUE MUESTRAN TENDENCIA AL RETRASO DE LLUVIAS PARA EL MES DE MAYO, EN ESTACIONES SELECCIONADAS CERCANAS A TANCÍTARO. EL RETRASO SE MANIFIESTA POR EL REGISTRO EN 0 MM DE LLUVIA.	22
FIGURA 4. COMPARACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES Y ANUALES (EN MM) PARA CUATRO ESTACIONES ESCOGIDAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA.	24
FIG. 5. BALANCE HIDROLÓGICO DE MÉXICO.....	26
FIGURA 6 DISPONIBILIDAD NATURAL MEDIA DE AGUA EN MÉXICO (CNA, 2008).....	27
FIGURA 7. MAPA DE LA REPÚBLICA MEXICANA MOSTRANDO LA LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS EN EL PAÍS.	28
FIGURA 8. ESTACIÓN HIDROMÉTRICA MÁS CERCANA AL PICO DE TANCÍTARO.	30
FIGURA 9. LOCALIZACIÓN DEL PICO DE TANCÍTARO EN EL CONTEXTO DE MUNICIPIOS, CUENCAS Y PARQUE NACIONAL EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.	33
FIGURA 10. CLIMAS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO	35
FIGURA 11. MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEL PICO DE TANCÍTARO, MICHOACÁN.	40
FIGURA 12. ROCAS ANDESÍTICAS «LAJEADAS» POR INFLUENCIA PERIGLACIAR EN LA SUPERFICIE CUMBRAL DEL TANCÍTARO.	41
FIGURA 13. VALLE EN “V”. EL BOSQUE ABIERTO ES DE PINUS HARTWEGII CON PASTOS MONTANOS.	42
FIGURA 14. VALLE EN “U”. LAS LADERAS SON PRONUNCIADAS CON FRECUENTES ESCARPES Y FORMA TENDIENTE A LA CONCAVIDAD AFECTADAS POR PROCESOS PERIGLACIARES.	43
FIGURA 15. VISTA DE UNA LADERA EXTERNA DEL TANCÍTARO.	43
FIGURA 16. ESTRUCTURA VOLCÁNICA MONOGENÉTICA TÍPICA.	44
FIGURA 17. LADERAS DE DERRAMES LÁVICOS EN TORNO AL CERRO PRIETO.	45
FIGURA 18. PIEDEMONTE CON CULTIVOS ANUALES Y BOSQUE DE ABIES MUY PERTURBADO.	46
FIGURA 19. ESPECIES DE FLORA Y FAUNA DEL TANCÍTARO BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA 059-ECOL-2001.	48
FIGURA 20. ESPECIES DE ANIMALES, NÚMERO DE ENDEMISMOS POR GRUPO Y PORCENTAJE DEL TOTAL.	49
FIGURA 21. MAPA DE SITIOS SOCIALES Y TENENCIA DE LA TIERRA EN EL PARQUE NACIONAL PICO DE TANCÍTARO.	51
FIGURA 23. ESQUEMA DE LA ORGANIZACIÓN SOCIAL PARA LA TOMA DE DECISIONES.	55
FIGURA 24. OBTENCIÓN DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS EN SIG.	57
FIGURA 25. PASOS PARA OBTENER DOS MAPAS SINTÉTICOS DEL BALANCE HÍDRICO ANUAL: EL DE EXCEDENTE Y EL DE DÉFICIT DE AGUA.	63
FIGURA 26. LOCALIZACIÓN DE CUENCAS Y MANANTIALES AFORADOS EN EL PICO DE TANCÍTARO.	71
FIGURA 27. PORCENTAJE DE PRECIPITACIÓN PARA CADA ESTACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN LAS TEMPORADAS DE SECAS Y LLUVIAS.	77
FIGURA 28. RELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON LA ALTITUD PARA ESTACIONES CERCANAS AL PICO DE TANCÍTARO.	78
FIGURA 29. LOCALIZACIÓN DE MANANTIALES Y SALIDAS DE CUENCA PARA AFORAMIENTO.	83
FIGURA 30. VOLUMEN DE MANANTIALES POR CUENCA POR PERIODO DE LLUVIAS Y ANUAL	84
FIGURA 31. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE APO.	86
FIGURA 32. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE CHONDO.	88
FIGURA 33. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE CHUANITO.	89
FIGURA 34. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE CUENCA RODADA.	91
FIGURA 35. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE RÍO CUTIO.	92
FIGURA 36. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE RÍO CHIVO.	93
FIGURA 37. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE HOYICAZUELA.	95
FIGURA 38. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE HUANDIESTACATO.	96
FIGURA 39. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA CULEBRA.	98
FIGURA 40. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA GRINGA.	99
FIGURA 41. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LAS LAVAS DEL PARICUTÍN.	100
FIGURA 42. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE NURETO.	101
FIGURA 43. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE SAN FRANCISCO.	103
FIGURA 44. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE TANCÍTARO.	104
FIGURA 45. CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE ZACÁNDARO.	106

FIGURA 46 CUENCA Y PERFIL LONGITUDINAL DE ZIRIMÓNDIRO.....	108
FIGURA 47. EXCEDENTE DE AGUA EN EL TANCÍTARO PARA LOS AÑOS 1996 Y 2003.....	112
FIGURA 48. COMPARACIÓN DE LA SUPERFICIE CON EXCEDENTES DE AGUA ENTRE 1996 Y 2003. VALORES EN PORCENTAJE DE SUPERFICIE.....	112
FIGURA 49. MAPAS DE DÉFICIT DE AGUA PARA EL AÑO 1996 Y 2003.	114
FIGURA 50. COMPARACIÓN DE LA SUPERFICIE CON DÉFICIT DE AGUA EN EL TANCÍTARO, PARA LOS AÑOS 1996 Y 2003. VALORES EN PORCENTAJE DE SUPERFICIE.....	115
FIGURA 51. ACUÍFEROS REGIONALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	117
FIGURA 52. MAPA POTENCIAL DE MAÍZ EN EL TANCÍTARO. EL MAIZ SE APRECIA EN COLOR AMARILLO.....	126
FIGURA 53. MAPA POTENCIAL DE AGUACATE EN EL TANCÍTARO PARA EL AÑO 2026. EL AGUACATE SE APRECIA EN COLOR NARANJA.....	127
FIGURA 54. MAPA POTENCIAL DE AGUACATE Y MAÍZ EN EL TANCÍTARO PARA EL AÑO 2026.....	128
FIGURA 55. MAPA DE COBERTURA POTENCIAL DE BOSQUE CERRADO EN EL TANCÍTARO PARA EL AÑO 2026.....	130

RESUMEN

Resumen

Este trabajo se centra en el análisis geográfico de la oferta y demanda de agua superficial en el Pico de Tancítaro, localizado al oeste del Estado de Michoacán y el cual es un estratovolcán y la montaña más alta del Estado. En México, el monitoreo y evaluación del recurso hídrico a través de registros históricos es aún incipiente e insuficiente ya que los datos existentes se encuentran incompletos o son insuficientes dificultando de esta forma la planeación y el manejo de dicho recurso. Debido a lo anterior y aunado a una infraestructura de registro escasa o en malas condiciones, es que se ha recurrido desde siempre a la estimación del recurso agua mediante métodos indirectos que nos permitan conocer su volumen y los procesos inherentes a dicho recurso. Parte de los supuestos de este estudio es que es posible realizar diagnósticos y plantear escenarios sobre el potencial de los recursos en general y del agua en particular, mediante estimaciones que pueden ser controladas a través de metodologías múltiples que involucren un análisis multicriterio y multifactorial. Este estudio estimó el recurso hídrico a partir de un enfoque conceptual más práctico pero también en cuanto a la incorporación de herramientas múltiples de diagnóstico que abarcan el ámbito social inclusive, siendo éste un tema poco incorporado en este tipo de trabajos.

Objetivo general

Estimar la disponibilidad del agua superficial en el Pico de Tancítaro y formular escenarios de disponibilidad en función de la demanda social.

Métodos

Se midieron los volúmenes de arroyos en las salidas de las cuencas presentes en el Tancítaro utilizando un molinete de copas y mediante la técnica del flotador; asimismo, se midieron directamente los volúmenes de manantiales mediante recipientes preparados para ello. Las mediciones se realizaron en la estación de lluvias y en la de secas durante dos años y medio. El consumo de agua doméstico y para riego se estimó a partir de datos existentes. Con el objeto de comparar los volúmenes de agua superficial, se realizaron mapas morfométricos de cada cuenca y se modeló el balance de agua para el Tancítaro mediante herramientas de SIG. Finalmente, con todos estos insumos, se modelaron tres escenarios para la oferta y demanda de agua en el SIG: escenario actual, escenario pesimista y escenario optimista con un horizonte de 30 años.

Resultados

La oferta de agua del Tancítaro se estima en un volumen de agua cercano a los 43.1 millones de m³ por año, de los cuales aproximadamente 15.3 millones provienen de los manantiales y 27.7 de los ríos. También, de acuerdo con datos pre-existentes de la Comisión Nacional del Agua (CNA), la cantidad aportada por los acuíferos asciende a 48.5 millones de m³. El modelo de balance de agua superficial estima que el Tancítaro es deficitario de agua prácticamente todo el año a excepción de los meses lluviosos (Agosto-Septiembre).

Conclusiones

De acuerdo a los datos obtenidos, aparentemente la oferta de agua superficial en el Tancítaro, por ahora excede a la demanda, indicando de esta forma, que el problema de agua en Tancítaro tiene que ver más con la administración del agua que con una escasez dada por la cantidad de asentamientos humanos. Es decir, que el uso y manejo actual del recurso es deficiente, lo que conduce a prever en el mediano plazo una crisis de agua superficial que podría agravarse debido a la ausencia de políticas estatales y municipales para el uso sustentable del agua.

Finalmente, este trabajo confirma que el uso de datos existente combinados con datos tomados en campo permiten estimar la oferta y demanda de agua proveyendo de información significativa para el manejo adecuado de este recurso natural.

ABSTRACT

Summary

The thesis focused on the analysis of supply and demand of surface water in Tancítaro Peak, located in western Michoacan, Mexico. In Mexico, water monitoring and assessment using historical records is incipient and insufficient, existing data are incomplete or not available and difficult for management and environmental planning. The low and erratic data and infrastructure, have led to studies of water resource estimate using indirect methods to understand behavior and amount. This study estimated the water resources with a more practical conceptual approach incorporating multiple diagnostic tools that encompass the social environment, which is a subject rarely treated in such studies. The study contributes to water management by analyzing the lack of balance between supply and demand of water contributing to the scientific discussion of geographic analysis and suggests the possibility to set scenarios about the potential of water resources, with estimates that can be controlled with multiple methodologies involving multiple criteria and multivariate analysis with a view to management and water management.

General objective.

Estimate the availability of surface water in Tancítaro and formulate scenarios for the satisfaction of social water demand in time.

Methods

Measured outputs of basin, springs, water volume using cups pinwheel for the first and direct measurement with container for the rest. This work was performed during dry and rainy seasons for each river and spring for two years and a half. Domestic water and irrigation use pre-existing data were obtained. Morphometric maps in basins and surface water balance were developed in a GIS to compare with volumes of water supply. Finally, scenarios were modeled for supply and demand for water from GIS data processing.

Results

Surface water supply of the Tancítaro is estimated at 43,1 million cubic meters per year, of which 15.3 million relates to the production of springs and 27.7 to the rivers. Also, according to pre-existing data (Comisión Nacional del Agua or CNA), groundwater amounted to 48.5 million cubic meters. Modeling water balance indicates the territory of the Tancítaro deficit almost throughout the year except the rainiest months of August and September.

Conclusions

In Tancítaro, water supply exceeds demand. This indicates the problem of water scarcity lays in the planning of availability and use. Forms of consumption and current management of water sources indicate that the Tancítaro could have a water surface crisis in the mid future due to lack of water because current uses are inadequate and there is no State or municipal policy which satisfies the sustainable use of water. This work confirms that the use of existing data combined with data taken in field allows estimating the supply and demand of water and their proper analysis, providing significant information for the management of this natural resource.