



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LAS COMUNIDADES DE SAN PEDRO Y EL HUARUMBO MIXTEPEC, JUQUILA, OAXACA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL

PRESENTA

BERNARDO BORJA GARCIA

DIRECTOR

M.C. CELESTINO SANDOVAL GARCIA

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA. 2015.

Dedicatoria

A mis padres y a mis hermanos, con gratitud por su cariño, sacrificios y apoyo incondicional.

Las palabras se las lleva el viento, la escritura prevalece, deja huella, deja recuerdo.
(El autor).

Agradecimientos

Al director de la tesis M. en C. Celestino Sandoval García por su amistad y por haber dirigido esta investigación.

A los revisores que por su seriedad, responsabilidad, conocimientos y rigor académico enriquecieron este trabajo: Dr. Edgar I. Sánchez Bernal, M. en C. Gricelda Valera Venegas, M. en C. Edgar Valencia Rojas y M. en C. Floriana Hernández Martínez.

Con mucho afecto al Lic. Anastacio Rodríguez León, por su invaluable amistad, por los conocimientos y momentos compartidos.

Con cariño a Pilar por su apoyo incondicional en diferentes situaciones.

A todas las personas que me brindaron su amistad, y a todos los que hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

Nunca es demasiado el agradecimiento, sin embargo, solo les puedo decir, muchas gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
III. HIPOTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 La relación del bosque y el agua en la cuenca	5
4.2 El agua potable y la población	5
4.3 Cultura hídrica en México.....	7
4.4 Sistema de abastecimiento de agua	8
4.5 Planificación sostenible en el uso del agua.....	8
4.6 El bosque y el agua.....	9
4.7 La agricultura, la ganadería y el agua	10
4.8 El agua como recurso integrador de la cuenca	11
4.9 Gestión de los recursos hídricos	12
4.10 El cambio climático y el recurso agua	13
4.11 Precipitación y el balance hídrico	14
4.12 Oferta hídrica.....	15
4.13 Oferta hídrica y sus limitantes	16
4.14 Demanda de agua.....	17
4.15 Oferta y demanda del recurso hídrico para consumo humano.....	18
4.16 Vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua.....	18
4.17 Eficiencia de conducción de agua para consumo humano	19
4.18 Monitoreo sobre el sistema hídrico.....	20

V. MATERIALES Y MÉTODOS	21
5.1 Ubicación del área de estudio	21
5.2 Descripción del área de estudio	23
5.2.1 Clima.....	23
5.2.2 Vegetación	23
5.2.3 Hidrología.....	24
5.2.4 Topografía y orografía.....	24
5.2.5 Características socioeconómicas.....	24
5.3 Determinación de la oferta de agua para consumo humano en las comunidades de San Pedro y El Huarumbo, Municipio de San Pedro Mixtepec	25
5.3.1 Aforo volumétrico	25
5.3.2 Aforo con flotador.....	26
5.3.3 Determinación de la oferta de agua aprovechada del río.....	30
5.4 Estimación la demanda actual y proyectada de agua para consumo humano en las comunidades de San Pedro y El Huarumbo Mixtepec, Juquila, Oaxaca.....	31
5.4.1 Cálculo del consumo <i>per cápita</i> de agua	31
5.4.2 Determinación del tamaño de la muestra.....	32
5.4.3 Cálculo de la demanda actual de agua	33
5.4.4 Cálculo de la demanda proyectada.....	33
5.5 Evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas que suministraron agua potable a las comunidades de San Pedro y el Huarumbo Mixtepec, Juquila Oaxaca	34
5.6 Determinación de la eficiencia de conducción de los sistemas que suministran agua potable a las comunidades de San Pedro y El Huarumbo Mixtepec, Juquila Oaxaca.....	36
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.....	38
6.1 Oferta de agua para consumo humano en la comunidad de San Pedro Mixtepec.....	38
6.1.1 Determinación de la oferta de agua de manantial.....	38
6.1.2 Determinación de la oferta total del agua del río San Pedro	40
6.1.3 Determinación de la oferta de agua aprovechada del río.....	43
6.2 Oferta de agua para consumo humano en la comunidad de El Huarumbo Mixtepec	45
6.2.1 Determinación de la oferta de agua de manantial.....	45

6.3 Oferta <i>per cápita</i> en cada una de las comunidades	46
6.4 Demanda actual y proyectada de agua para consumo humano en las comunidades de San Pedro y El Huarumbo Mixtepec, Juquila, Oaxaca	51
6.4.1 Consumo <i>per cápita</i> de agua	51
6.4.2 Cálculo de la demanda actual de agua	52
6.4.3 Cálculo de la demanda proyectada.....	54
6.5 Análisis de vulnerabilidad y eficiencia de conducción de los sistemas que suministran de agua potable a las comunidades de San Pedro y El Huarumbo Mixtepec, Juquila, Oaxaca	57
6.5.1 Evaluación de la vulnerabilidad.....	57
6.5.2 Vulnerabilidad del sistema de agua de manantial para la comunidad de San Pedro Mixtepec	58
6.5.3 Vulnerabilidad del sistema de agua de río para la comunidad de San Pedro Mixtepec.....	62
6.5.4. Vulnerabilidad del sistema de agua de manantial para la comunidad de El Huarumbo Mixtepec	64
6.5.5 Comparación de los tres sistemas	68
6.5.6 Medidas para reducir la vulnerabilidad del recurso hídrico	69
6.6 Eficiencia de conducción en dos sistemas de agua para consumo humano.....	70
6.6.1 Eficiencia de conducción del sistema hídrico de manantial de la comunidad San Pedro Mixtepec.....	71
6.6.2 Eficiencia de conducción del sistema de la comunidad El Huarumbo Mixtepec	72
VII. CONCLUSIONES	74
VIII. RECOMENDACIONES	75
IX. LITERATURA CITADA.....	76
IX. ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Componentes del sistema para evaluar la vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano.....	35
Tabla II. Caracterización y valoración.....	35
Tabla III. Escala de valoración.....	36
Tabla IV. Determinación de la oferta mínima aprovechada.....	39
Tabla V. Cálculo de la velocidad de la corriente.....	41
Tabla VI. Determinación del área del cauce.....	42
Tabla VII. Determinación de la oferta aprovechada.....	44
Tabla VIII. Determinación de la oferta mínima.....	45
Tabla IX. Oferta <i>per cápita</i> del caudal mínimo para las comunidades de San Pedro y El Huarumbo Mixtepec.....	46
Tabla X. Oferta del caudal promedio para las comunidades de San Pedro y El Huarumbo Mixtepec.....	48
Tabla XI. Oferta de agua por habitante por día para el año 2018.....	56
Tabla XII. Peso relativo de cada componente en el escenario con ponderación.....	58
Tabla XIII. Vulnerabilidad del sistema sin ponderación.....	59
Tabla XIV. Vulnerabilidad del sistema con ponderación.....	59
Tabla XV. Vulnerabilidad del sistema sin ponderación.....	62
Tabla XVI. Vulnerabilidad del sistema con ponderación.....	63
Tabla XVII. Vulnerabilidad del sistema sin ponderación.....	65
Tabla XVIII. Vulnerabilidad del sistema con ponderación.....	66
Tabla XIX. Vulnerabilidad de los componentes en los tres sistemas analizados.....	68
Tabla XX. Mediciones en el sistema de agua de San Pedro Mixtepec.....	71
Tabla XXI. Mediciones en el sistema de agua de El Huarumbo Mixtepec.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.	22
Figura 2. Aforo volumétrico.....	25
Figura 3. Determinación de la velocidad superficial.	28
Figura 4. Cálculo del área en cada parte.....	29
Figura 5. Tanque de captación de agua ubicado en la orilla del río.	30
Figura 6. Entradas de agua al tanque de captación.	31
Figura 7. Medición del volumen consumido.....	32
Figura 8. Tanque de captación de agua.	38
Figura 9. Tanque de almacenamiento de agua.	39
Figura 10. Determinación de la velocidad de la corriente.	41
Figura 11. Medición de la profundidad del cauce.	42
Figura 12. Encauce de la corriente hacia el tanque de captación.	45
Figura 13. Oferta de agua para consumo humano en tres sistemas de abastecimiento.	49
Figura 14. Oferta total de la microcuenca.....	50
Figura 15. Comparación de la oferta y la demanda <i>per cápita</i> por día.	52
Figura 16. Tendencia de crecimiento poblacional.	55
Figura 17. Medidas para reducir la vulnerabilidad en los sistemas hídricos.	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Oferta del caudal.....	26
Ecuación 2. Oferta total del cauce.....	27
Ecuación 3. Velocidad superficial.....	27
Ecuación 4. Cálculo del área total de la sección del canal.....	28
Ecuación 5. Cálculo del área en cada parte de los extremos.....	29
Ecuación 6. Cálculo del área total de cada uno de los extremos.....	29
Ecuación 7. Consumo <i>per cápita</i> por día.....	32
Ecuación 8. Determinación del número de familias a encuestar.....	33
Ecuación 9. Cálculo de la demanda actual de agua.....	33
Ecuación10. Cálculo de la población futura.....	34
Ecuación11. Determinación de la eficiencia de conducción.....	37
Ecuación12. Ecuación de Ostle.....	37
Ecuación13. Oferta total del cauce.....	42

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en las comunidades de San Pedro y El Huarumbo Mixtepec, Juquila, Oaxaca, con el objetivo de determinar la oferta y la demanda actual y proyectada de agua para consumo humano, así como la vulnerabilidad y la eficiencia de conducción en los sistemas hídricos de ambas comunidades.

Se realizaron aforos volumétricos y por flotador durante un período de tiempo de doce meses considerando la época de estiaje y la época de lluvias. Se determinó el consumo *per cápita* de agua y a través del método aritmético se determinó el incremento poblacional y la demanda proyectada. Para evaluar la vulnerabilidad de los sistemas se empleó la metodología propuesta por Mendoza (2008), y se realizaron recorridos de campo sobre la línea de conducción, así mismo se aplicaron entrevistas semiestructuradas para conocer la percepción de los usuarios sobre el uso y manejo del agua para consumo humano.

El aforo mínimo en ambas comunidades se presentó en el mes de mayo del 2013. La comunidad de San Pedro Mixtepec tiene ofertas de 502 y 365 litros por habitante por día. Para la comunidad de El Huarumbo Mixtepec la oferta es de 144 litros por habitante por día. La demanda *per cápita* por día fue de 218 y 167 litros en cada comunidad. En los sistemas de San Pedro Mixtepec la oferta si satisface la demanda actual; sin embargo, en El Huarumbo Mixtepec la oferta no satisface la demanda actual, solo se oferta el 85% del consumo *per cápita*. Considerando el incremento poblacional los sistemas que se abastecen de manantial serán los primeros en presentar conflictos de oferta y demanda. Un sistema presentó vulnerabilidad de 74% considerada como alta y los otros presentaron vulnerabilidad de 50 y 48% respectivamente, consideradas vulnerabilidad media. En los tres sistemas el componente manejo de agua post-uso fue el que presentó vulnerabilidad muy alta, seguido del componente línea de conducción, lo cual se pudo constatar al determinar la eficiencia de conducción. Para la comunidad de San Pedro Mixtepec la eficiencia es del 74% lo cual indica que diariamente se pierde un volumen de 1.3 L/s y para El Huarumbo Mixtepec la eficiencia es del 66% lo que representa una pérdida diaria de 0.6 L/s.

Palabras claves: Aforo, oferta, demanda, vulnerabilidad, eficiencia, comunidad.

ABSTRACT

The present study was conducted in the communities of San Pedro and El Huarumbo Mixtepec, Juquila, Oaxaca, and aimed to determine the current and projected demand for water for human consumption, the vulnerability of the system, and the efficiency of the water supply itself.

Volumetric and float gauge was carried out for a period of 12 months during the dry and rainy seasons, this determined the consumption of water per capita and using the arithmetic method the increase in population and the projected demand were determined, to assess the vulnerability of the system field tours and observations were conducted and semi-structured interviews were given to study the consumers perceptions on the use and management of water for human consumption.

The minimum capacity rose in both communities during the month of May 2013, in San Pedro Mixtepec the offers were 502 and 365 litres per inhabitant per day, for the community of El Huarumbo Mixtepec the offers were 144litres per inhabitant per day, the per capita per day demands for both communities were 218 and 167 litres respectively; demonstrating that the current system offers in San Pedro Mixtepec met the community's current demands, however, in El Huarumbo Mixtepec the offer did not reach current demands, providing only 85% of the per capita consumption; considering the population increase the systems that supply the springs will be the first to present supply and demand conflicts. The system showing 74% is considered highly vulnerable,two others showing 50% and 48% are considered average. In the three systems the component handling of water post-use showed very high vulnerability, next the line transport component, which was used to confirm the efficiency of the water, for the community of San Pedro Mixtepec was at 74% indicating that daily lose is at a volume of 1.3 L/s, for El Huarumbo Mixtepec, efficiency is at 66% showing a daily loss of 0.6 L/s.

Key words: capacity, offer, demand, vulnerability, efficiency, community.