



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores,  
Unidad Morelia

**Índice sobre prosperidad de agua en la  
comunidad de Tumbisca, Michoacán**

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

P R E S E N T A:

**Erick Giovanni Navarro Cárdenas**

DIRECTOR DE TESIS: Dr. José de Jesús Alfonso Fuentes Junco

MORELIA, MICHOACÁN.

Mayo, 2016

*"Tesis apoyada por el Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación  
del Estado de Michoacán".*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA  
SECRETARÍA GENERAL  
SERVICIOS ESCOLARES

DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ  
DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR, UNAM  
PRESENTE.

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la **sesión extraordinaria 13** del H. Consejo Técnico de la ENES Unidad Morelia celebrada, el día **10 de diciembre del 2015**, acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el Examen Profesional del alumno **Erick Giovanni Navarro Cárdenas** con número de cuenta **409043198**, con la tesis titulada: "**Índice sobre prosperidad de agua en la comunidad de Tumbisca, Michoacán**". Bajo la dirección como Tutor del **Dr. José de Jesús Alfonso Fuentes Junco**.

Presidente: Dra. Alicia Castillo Álvarez  
Secretario: Dr. José de Jesús Alfonso Fuentes Junco  
Vocal: Dr. Manuel Eduardo Mendoza Cantú  
Suplente: Dr. Ernesto Vicente Vega Peña  
Suplente: Mtra. Carla Noemí Suárez Reyes

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Morelia, Michoacán a, 10 de diciembre del 2015.

  
DRA. DIANA TAMARA MARTÍNEZ RUIZ  
SECRETARÍA GENERAL

## **Agradecimientos Institucionales**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser la principal y máxima casa de estudios en México. A la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, por abrirme las puertas y ser mi cuna como universitario. Al Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, así como la Escuela Nacional de Estudios Superiores, unidad Morelia, por darme formación como Universitario durante los últimos cinco años y medio. A todos los docentes que fueron parte de mi formación académica, especialmente aquellos que demostraron su compromiso con la Licenciatura en Ciencias Ambientales en su proceso de crecimiento. Agradezco al Dr. José de Jesús Fuentes Junco, por su apoyo y paciencia como director de tesis. Expreso mi gratitud a los miembros del jurado: Dra. Alicia Castillo Álvarez, Dr. Manuel Eduardo Mendoza Cantú, Dr. Ernesto Vicente Vega Peña y Mtra. Carla Noemí Suárez Reyes, por sus valiosos comentarios y aportes para la conclusión del presente trabajo. Agradezco al Lic. Alejandro Rebollar Villagómez y su equipo de trabajo, por su valiosa labor en el departamento de servicios escolares. A los trabajadores y administrativos del campus Morelia, por darle funcionamiento diario a nuestro entorno de trabajo. Por último agradezco al entonces Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación de Michoacán, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo financiero otorgado para la conclusión del presente trabajo.

## **Dedicatoria**

A mis padres por todo el apoyo y formación que me han brindado, desde que era un pequeño y curioso niño hasta el presente, gracias por siempre estar respaldando mi crecimiento como ser humano, espero que en mi nueva etapa como profesionista pueda sembrar y cosechar los frutos de su esfuerzo, los amo eternamente. A mi hermano Edgar por ser mi compañero y amigo, gracias por tu apoyo y sabes que cuentas conmigo. A mi hermana Ari, gracias por llenar de luz mi vida con tu alegría, te quiero mucho. A mis abuelos Carlos (q.e.p.d.), Chela, Polo y Helena (q.e.p.d.), por haber dado vida a nuestras familias, por siempre quererme y cuidarme cuando fue necesario. Agradezco a mi madrina Guille por su gran cariño, atención y apoyo desde que era un bebé en brazos, qué bendición es conocerte. A mis tíos Daniel, Luz Elena y Luis Enrique, por todos sus consejos, cariño y experiencias que hemos compartido, igualmente a sus parejas Paty, Marcos y Andrea respectivamente, por acompañar y ser parte de la familia. A mis tíos Carlos y Paquita, Germán (q.e.p.d.) y Vicky, Beto y Rocío, Jorge e Isabel, así como Fernando (q.e.p.d.) y Laura; por todas las alegrías y momentos en familia que hemos podido vivir, igualmente a todos mis tíos y primos de las Familias Navarro, Cárdenas y Loreda, por ser compañeros de juego, fiestas y vida, los extraño y los quiero mucho. A Gaby y la familia Zavaleta Padilla, por ser mi tercera familia, quererme y aceptarme desde que era un chamaco, de verdad que ustedes son maravillosos, gracias.

Agradezco a todos mis compañeros de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, por haber compartido horas de estudio, convivencias, prácticas, juegos, charlas y demás momentos, convirtiéndonos en una auténtica familia. Alexis, Mau, Erika, Chango, Rich Vélez, Gonzalo, Spin, Zuri, Nahly, Gaby, Adri, David, Jorge, Itzel, así como toda la generación 2010, también agradezco los buenos ratos al buen Itza, Chente, Migue, Román, Rich, así como toda la bandita de “antaño” jaja. A mis compas Isra, Rubén y Séptimo, gracias por tantos ratos compartidos, también Yessi, Abril, Ana, Vane Marín, Yotzin y todo el club gatuno. A toda la comunidad de la UNAM, campus Morelia, en las distintas licenciaturas y posgrados, sería muy extenso mencionar a todos, pero fue un placer compartir mi tiempo con ustedes. A toda la bandita de Irekua, de ayer y hoy, especialmente a Juan Carlos, siempre recordaré las experiencias vividas en tan especial casa, agradezco también a la familia Corona, por recibirme y ser tan amables conmigo en mis visitas a su bello pueblo y rancherías.

Me siento enormemente agradecido con los habitantes de la colonia Emiliano Zapata, por aceptarme como un habitante más y hacer más amena mi estancia en Michoacán, disfrutando tardes y noches de música, historias, cervezas y buena compañía, ¡Viva Zapata! Espero poder visitarlos con frecuencia.

A mis camaradas de México, que a pesar del tiempo y la distancia siempre serán parte de mi vida, especialmente a la bandita de la UVM, el CEL y Cencalli, el club de las bicis en llamas, así como todos los maestros, compañeros, trabajadores, banda chida y espontánea que ha compartido algo de su tiempo conmigo, de alguna manera cada ser que se cruza en nuestro camino deja una huella o algo que nos transforma.

Quiero dedicar el presente trabajo al ejido de Tumbisca, Michoacán, especialmente a la localidad principal; a sus niños y niñas, jóvenes y adultos. Por haberme permitido conocer su realidad, compartir anécdotas e historias, ratos de trabajo y otros tantos de fiesta, sus dolores y tristezas, así como sus alegrías. Agradezco al señor José Cruz, por haberme compartido su sabiduría y experiencia, por permitirme ser un asistente en el trabajo, pero también por ser un buen amigo. A los profesores Nahúm y Sigfrido, por su entrega, dedicación y optimismo, por transportarme rumbo a Tumbisca cuando era necesario, por las pláticas, relatos y momentos compartidos, hacen falta más maestros como ustedes. También a la profesora Toña y el profesor Jorge, por su apoyo y buen trato durante mi estancia, así como a las señoras de la cocina comunitaria, que con sus ricos platillos ponían un toque hogareño a los días en Tumbisca.

Por último quiero hacer dos dedicatorias especiales, la primera es en nombre de todos los que se han adelantado de esta vida, su recuerdo sigue presente y debemos entender que a pesar del dolor, todos vamos para allá. Para finalizar dedico mi trabajo al pueblo Mexicano, que en el día a día lucha por vivir mejor, porque no es sencillo aguantar tanto como lo hace México y su gente, gracias a ustedes mi educación y la de miles de Universitarios es posible, pienso que debemos tenerlo presente y sentirnos orgullos, pero a la vez comprometidos, así que este trabajo va por ustedes y por un mejor futuro.

“Por mi raza hablará el espíritu”

Gracias infinitas.

Erick Giovanni Navarro Cárdenas, 25 de abril de 2016.

# Contenido

<b>Resumen</b> .....	IV
<b>Abstract</b> .....	V
<b>Introducción</b> .....	1
a) El Agua, fundamental para la vida.....	3
b) El ciclo hidrológico.....	3
c) Usos del agua e impactos del manejo inadecuado .....	4
d) La relación entre agua y desarrollo.....	5
e) Agua y pobreza en el contexto rural .....	7
<b>Preguntas de Investigación</b> .....	10
<b>Objetivos</b> .....	10
<b>Justificación</b> .....	11
<b>Antecedentes</b> .....	11
<b>Contexto general del agua en México</b> .....	13
<b>Primer Capítulo: Base teórica y conceptual</b> .....	17
<b>1.1. Historia general y evolución de los indicadores e índices de la relación entre Agua y desarrollo</b> .....	17
1.1.1. El índice sobre pobreza de agua (Water Poverty Index) .....	18
1.1.2. Índice participativo sobre pobreza de agua .....	20
1.1.3. El Índice sobre prosperidad de agua (Water Prosperity Index).....	21
<b>1.2. Método: Construcción del índice sobre prosperidad de agua</b> .....	22
1.2.1. Componente Recursos .....	23
1.2.2. Componente Acceso .....	25
1.2.3. Componente Capacidad .....	26
1.2.4. Componente Uso .....	28
1.2.5. Componente Ambiente.....	28
1.2.6. Cálculo del índice y agregación de los componentes .....	29
<b>1.3. Sitio de estudio</b> .....	31
1.3.1. Características Ambientales.....	32
<b>Segundo Capítulo: Resultados y Análisis</b> .....	38
<b>2.1. Componente Recursos</b> .....	39
2.1.1. Subcomponente R1: Conocimiento de la precipitación media anual .....	39

2.1.2. Subcomponente R2: Evaluación cuantitativa de la variabilidad de los recursos hídricos .....	39
2.1.3. Subcomponente R3: Conocimiento de la calidad del agua. ....	41
2.1.4. Valor para el componente recursos.....	41
<b>2.2. Componente Acceso .....</b>	<b>42</b>
2.2.1. Subcomponente A1: Acceso al agua potable limpia. ....	42
2.2.2. Subcomponente A2: Hogares por fuente.....	43
2.2.3. Subcomponente A3: Ausencia de conflictos por acceso al agua.....	44
2.2.4. Sub componente A4: Acceso a una sanidad adecuada. ....	44
2.2.5. Valor para el componente Acceso. ....	44
<b>2.3. Componente Capacidad. ....</b>	<b>45</b>
2.3.1. Subcomponente C1: Herramientas de trabajo propias.....	45
2.3.2. Subcomponente C2: Hogares con apoyos económicos. ....	46
2.3.3. Subcomponente C3: Organización sobre manejo del Agua. ....	46
2.3.4. Subcomponente C4: Enfermedades a causa de mala calidad en el Agua. ....	46
2.3.5. Subcomponente C5: Alfabetización. ....	47
2.3.6. Subcomponente C6: Escolaridad.....	47
2.3.7. Valor para el componente Capacidad. ....	47
<b>2.4. Componente Uso .....</b>	<b>48</b>
2.4.1. Subcomponente U1: Uso agrícola del agua.....	48
2.4.2. Subcomponente U2: Uso pecuario del agua.....	48
2.4.3. Valor para el componente Uso. ....	48
<b>2.5. Componente Ambiente .....</b>	<b>49</b>
2.5.1. Subcomponente E1: Uso de recursos naturales.....	49
2.5.2. Sub componente E2: Pérdida de cultivos .....	50
2.5.3. Subcomponente E3: Potencial de erosión hídrica .....	50
2.5.4. Subcomponente E4: Cobertura forestal .....	51
2.5.5. Valor para el componente Ambiente (Environment).....	52
<b>2.6. Valor del Índice sobre Prosperidad de Agua en la localidad de Tumbisca .</b>	<b>53</b>
<b>2.7. Análisis de Datos. ....</b>	<b>54</b>
2.7.1. Componente Recursos. ....	54
2.7.2. Componente Acceso. ....	55
2.7.3. Componente Capacidad.....	56
2.7.4. Componente Uso. ....	57
2.7.5. Componente Ambiente.....	58
2.7.6. Índice sobre prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca.....	59



<b>Tercer Capítulo: Utilidad del Índice de prosperidad de Agua.</b> .....	61
<b>3.1. Discusión</b> .....	61
3.1.1. El IPA+ en la localidad de Tumbisca. ....	61
3.1.2. ¿Pobreza o prosperidad de agua?.....	64
<b>3.2. Propuestas</b> .....	68
3.2.1. Identificación de áreas para atención.....	68
3.2.2. Recomendaciones generales. ....	70
<b>3.3. Perspectivas Finales</b> .....	73
3.3.1. Objetivos planteados vs resultados obtenidos. ....	73
3.3.2. Conclusiones.....	75
3.3.3. El proceso de investigación y el papel de los científicos ambientales .....	76
<b>Referencias y trabajos citados</b> .....	77
<b>Anexos</b> .....	82
<b>Anexo Fotográfico</b> .....	90

## **Resumen**

El índice sobre prosperidad de agua (IPA+) es una plataforma de trabajo, utilizada para estudiar la relación entre el agua y el desarrollo dentro de un territorio, integra información de distintas fuentes y naturalezas, agrupándola en 5 componentes principales: Recursos, Acceso, Capacidad, Uso y Ambiente. Cada componente incluye un conjunto de subcomponentes, también llamados indicadores, mismos que son valorizados en un rango de 0 a 100, dependiendo del desempeño de cada indicador. Los valores de cada indicador son integrados en el cálculo del índice, obteniendo una cifra final que busca representar la relación entre agua y desarrollo en un territorio determinado.

En el presente estudio se desarrolló el índice sobre prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca; un pequeño asentamiento rural cercano a Morelia, capital del estado mexicano de Michoacán. El resultado del índice obtuvo un valor numérico de 61.17, el cual es considerado de intermedio a alto, lo cual describe que existe una relación positiva entre los recursos hídricos, el acceso que se tiene a los mismos, la capacidad de manejarlos, el uso que se les da y el ambiente donde ocurre el manejo. A su vez, con ayuda del IPA+ fue posible identificar las áreas de oportunidad y mejora en la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca.

## **Abstract**

The Water Prosperity Index (WPI+) is a framework used to study the water and development relationship in a specific territory. It is constructed by information from diverse sources, which is classified inside five main components: Resources, Access, Capacity, Use and Environment. Each component includes many sub components, also called indicators, which must be valorized on a 0-100 range, depending on the indicator's performance. Every value is integrated when the index is calculated, obtaining a final number that represents the water and development relationship.

The present study developed the water prosperity index for Tumbisca; a small rural settlement close to Morelia, main city and capital of Mexico's state of Michoacan. The main result for the index was 61.17, which is considered as medium-high, also it describes a positive relationship between hydric resources, the access and capacity to manage them, the uses and the environment where the management occurs. Also the main opportunity and attention areas were identified, in order to help improving the water and development relationship in Tumbisca.

## Introducción

El agua; más que importante para el desarrollo de la vida, es indispensable; sería difícil imaginar al planeta tierra sin su presencia y se estima que dos terceras partes de la superficie terrestre se encuentran cubiertas con agua, aproximadamente 97.5 % de esa agua es marina, mientras que el otro 2.5% es agua dulce; dentro de esa pequeña porción el 68.9% se encuentra en glaciares y extensiones cubiertas de nieve, 29.9% son aguas subterráneas, 0.9% corresponde a otros tipos de almacenes y solo el 0.3% en ríos y lagos está disponible para el consumo humano en forma renovable (Shiklomanov, 1998) (ver figura 1). (United Nations World Water Assessment Programme, 2015) . Por lo tanto es importante poner atención a los procesos que permiten a la humanidad tener acceso al agua dulce en cantidad y con calidad.

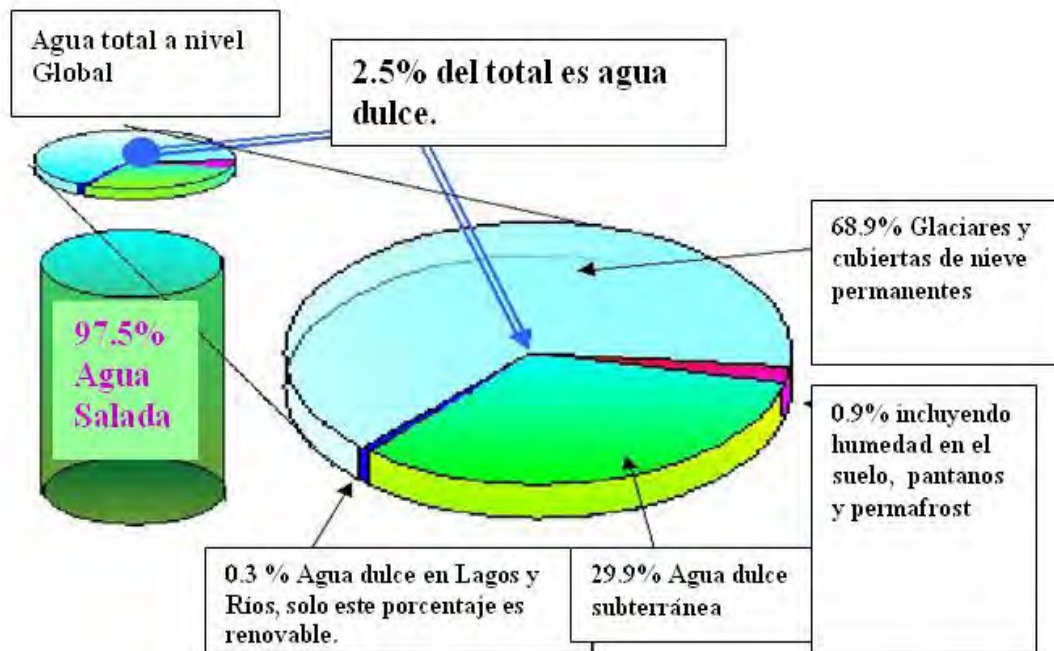


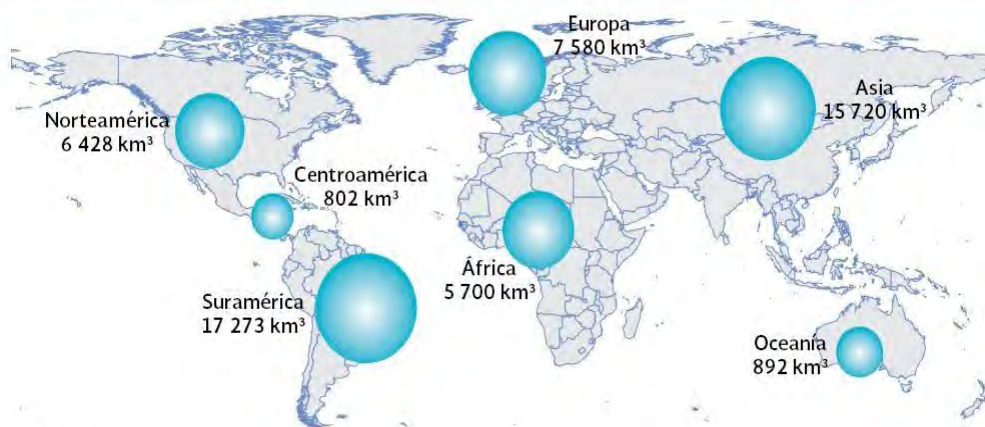
Figura 1: "El agua en el mundo", Modificada de Shiklomanov, 1998

Durante el desarrollo de la historia humana anterior a la época moderna, el impacto a los sistemas hídricos era mínimo y local, su carácter renovable y de auto purificación permitió

desarrollar una concepción errónea del agua, como si fuese un recurso “infinito”. A partir de la revolución industrial originada en Europa a finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, como consecuencia de la constante expansión industrial y tecnológica que continúa hasta la fecha, las sociedades humanas han aumentado exponencialmente su población, así como la apropiación y transformación de diferentes recursos, entre ellos el agua potable para el consumo humano y el agua destinada para usos productivos. Ya en el siglo XX, la población humana se incrementó aproximadamente tres veces y en consecuencia el uso de agua aumentó en promedio seis veces por habitante. (Rijsberman, 2006).

Actualmente se sabe que el agua dulce disponible es limitada, además de tener una distribución variable y heterogénea (ver figura 2), por ende, es relevante estudiar el manejo de tan esencial recurso en los distintos niveles y escalas desde donde puede ser abordado el tema, en busca de mejorar las condiciones actuales y asegurar el acceso al agua potable en calidad y cantidad para las presentes y futuras generaciones humanas, todo ello, sin comprometer el agua que es necesaria para la existencia de todos los seres vivos en la tierra y el funcionamiento de los ecosistemas.

### Reservas de agua dulce en el mundo por región<sup>1</sup>



**Nota:**

<sup>1</sup> Para algunas regiones los valores no comprenden al 100% de los países que las conforman: África (98% de los países); Centroamérica (81% de los países); Europa (85% de los países) y Oceanía (31% de los países).

**Fuente:**

FAO-Aquastat. Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO. Disponible en: [www.fao.org/nr/water/aquastat/data/](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/). Fecha de consulta: octubre de 2012.

**Figura 2: “Reservas de agua dulce en el mundo, por región”. Modificada de Semarnat 2012.**

### **a) El Agua, fundamental para la vida.**

Además de su evidente importancia y presencia en los procesos que permiten la existencia de la vida en el planeta tierra, el agua es usada en casi todos los ámbitos de la vida humana; desde la supervivencia misma, la alimentación, la higiene personal y de los ambientes cotidianos. En procesos productivos de todo tipo, desde la agricultura, actividades industriales, en el sector de servicios, hasta el agua usada con fines recreativos y espirituales, el agua es indispensable para el funcionamiento de las sociedades humanas, ya sea de forma directa o indirecta. (United Nations World Water Assessment Programme, 2015).

El agua puede ser valorada desde distintas perspectivas; ya sea como una necesidad básica para la existencia de toda vida acuática y terrestre, como elemento cultural y de vida cotidiana, como un bien económico necesario para los procesos productivos y hasta como una mercancía más, como en el caso del agua embotellada para consumo humano.

Por ser fundamental para la existencia de la vida y las sociedades humanas, el agua, su disponibilidad, acceso, manejo y distribución son temas prioritarios en las agendas internacionales, nacionales, regionales y locales. Lo anterior puede observarse en la realización de foros del agua y en la inclusión del tema en las reuniones sobre Cambio Climático (IPCC, 2014; capítulo 3), el Foro Mundial del Agua (UNESCO, 2015) y hasta en foros económicos como el de Davós en Suiza y su iniciativa mundial del agua dentro del apartado sobre recursos naturales y ambiente (World Economic Forum, 2016).

### **b) El ciclo hidrológico.**

El ciclo hidrológico global es un modelo conceptual que busca explicar el constante movimiento del agua, así como la interacción entre la hidrósfera, la atmósfera, la superficie terrestre, los suelos y los mantos acuíferos. El agua presenta distintas características físicas y químicas a través de sus fases, dependiendo de las condiciones ambientales donde ocurren los procesos hidrológicos (USGS, 2015).

Durante su movimiento el agua puede encontrarse en estado sólido, líquido y gaseoso. Además por ser un solvente universal y un fluido que puede acumular grandes fuerzas físicas, en estado líquido transporta distintos compuestos y elementos químicos en su paso por ríos, escurrimientos, flujos y corrientes.

Los fenómenos explicados por el modelo del ciclo hidrológico existen independientemente de la presencia humana en la tierra, aunque es de considerar que los anteriores pueden ser modificados por la forma en que las sociedades humanas manejan el agua y los recursos naturales que utilizan. Un ejemplo es la deforestación, la cual al remover la cobertura vegetal reduce la evapotranspiración, disminuyendo la cantidad de agua que fluye del suelo a la atmósfera (Bala, et al., 2007).

### **c) Usos del agua e impactos del manejo inadecuado**

Tomando en cuenta que el 2.5% de agua en el mundo corresponde a agua dulce, de la cual se estima que solo una pequeña porción está disponible para el uso humano, incluso ese pequeño porcentaje representa una cantidad considerable de agua, misma que es capaz de sostener la agricultura mundial (principal uso en cuanto a cantidad), el abastecimiento de agua potable doméstico y comercial, el agua utilizada en la industria y el agua utilizada con otros fines. Sin embargo el agua no se distribuye equitativamente entre la población humana, situación que ocurre con otros recursos económicos estratégicos como son las tierras, minerales, recursos energéticos, recursos alimenticios y pesqueros (Westing, 1986).

Lamentablemente aún existen seres humanos que no tienen un acceso seguro y constante a alguna fuente de agua potable, debido a condiciones de escasez física en su oferta (la cantidad de agua disponible es muy baja), o a condiciones de tipo social, económico o político (incapacidad de construir, administrar o mantener sistemas de extracción, distribución y purificación), o cuando las fuentes de agua presentan problemas de variabilidad o eventos extremos (inundaciones, sequías) o problemas en la calidad de agua; situaciones que representan un severo problema de salud pública y cuya solución es sin duda un reto global prioritario, además el consumo del agua dulce sigue incrementándose,

provocando que el balance entre demanda y recursos finitos tenga una tendencia negativa (United Nations World Water Assessment Programme, 2015).

En muchos casos los cauces naturales del agua son modificados o sobreexplotados, alterando el equilibrio ecológico en distintas escalas, o su uso está condicionado para grupos con intereses particulares que priorizan las ganancias económicas y monetarias, por encima del derecho universal de los pueblos y su gente a tener agua potable en cantidad y con calidad (Barkin, 1998).

También sucede que las fuentes, corrientes o almacenes de agua son contaminados por sustancias químicas presentes en las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales; por ejemplo, en la industria minera existen casos donde cuerpos de agua son contaminados con metales pesados como son el Cobre, Arsénico, Aluminio, Cadmio, Cromo, Fierro, Manganeso y Plomo, mismos que son nocivos para la salud (Jarüp, 2003) (CNN México, 2014).

También existen problemas de contaminación originada por el uso excesivo de pesticidas, herbicidas y fertilizantes de origen sintético, mismos que aunque han ayudado a elevar la producción global de alimentos, tienen múltiples efectos negativos en los ecosistemas acuáticos y en la salud humana (Avalos, 2009).

#### **d) La relación entre Agua y desarrollo.**

Existe una relación entre el acceso al agua con calidad y cantidad suficiente, la salud y el bienestar, la soberanía alimentaria y producción de alimentos, el desarrollo económico, así como el mantenimiento y función de los ecosistemas; por lo tanto cuando se busca implementar estrategias que mejoren las condiciones de un territorio y sus habitantes, es primordial conocer el estado de los recursos hídricos y su relación con el desarrollo integral (prosperidad) o su ausencia (pobreza) (United Nations World Water Assessment Programme, 2015).



La pobreza tiene distintas dimensiones de análisis, así como definiciones. Se entiende como la ausencia de capacidad para satisfacer las necesidades básicas de un individuo o grupo humano, de forma generalizada se tomaba el ingreso monetario como una medida simple de pobreza, actualmente se propone abordar la pobreza como un fenómeno de múltiples causas y efectos, utilizando el término de Pobreza Multidimensional (Bourguignon & Ckkravarty, 2003).

El acceso al agua está vinculado con la pobreza, reducir la pobreza a través del manejo del agua es un marco de trabajo útil en favor de los pobres, permitiendo la introducción de temas interrelacionados; como son la gobernanza, calidad del agua, acceso, oportunidades de vida, construcción de capacidades y empoderamiento, manejo y prevención de desastres relacionados al agua, así como el manejo de los ecosistemas (United Nations World Water Assessment Programme, 2015).

Una manera de definir la pobreza de agua es la siguiente: “La pobreza de agua es la situación de estrés o escases de los recursos hídricos (Institucionales, sociales, económicos, políticos y/o de aspectos físicos), que exceden las necesidades individuales básicas de salud, prosperidad y una vida segura...” (Sternlieb & Laituri, 2010).

La pobreza de agua es un concepto diferente a la mera escasez física del agua “...Cuando la cantidad tomada de las fuentes existentes es tan grande que se suscitan conflictos entre el abastecimiento de agua para las necesidades humanas, las ecosistémicas, las de los sistemas de producción y de las demandas potenciales” (Costa Posada et al., 2005), otro concepto distinto es el de “estrés hídrico” o del grado de presión sobre los recursos hídricos; el cual se considera alto cuando la demanda sobrepasa el 50% de la oferta hídrica de una fuente abastecedora (Infante Romero & Ortíz, 2008).

El presente estudio se enfoca en la relación entre la disponibilidad natural, el acceso y manejo del agua, con el desarrollo (Prosperidad) o su ausencia (Pobreza.). Es decir, la forma en que el acceso al agua; considerando la cantidad y calidad, las condiciones de sanidad e higiene, la capacidad de organización, manejo y mantenimiento de los sistemas

que distribuyen el agua, los distintos usos del líquido, así como la relación con el ambiente donde ocurre el manejo; pueden o no ayudar a mejorar las condiciones en la calidad de vida de un grupo humano en determinado territorio.

**e) Agua y pobreza en el contexto rural.**

Existe una relación entre el desarrollo de las comunidades rurales, la presencia o ausencia de pobreza y un adecuado acceso al agua para sus distintos usos. La conexión pareciera ser evidente, ya que se necesita del agua para sobrevivir y tener una salud adecuada y por ende la capacidad de trabajar o realizar actividades. En la producción agrícola es indispensable para los cultivos de auto consumo o producción comercial, en el funcionamiento de pequeñas industrias y negocios, actividades artesanales, así como en el sector de servicios y turismo.

También el agua es necesaria para asegurar un ambiente sano y funcional, ya que los ecosistemas y los seres vivos que en ellos habitan, necesitan una cantidad específica de agua para su existencia y funcionamiento. (IHP, 2016)

Sin embargo la compleja relación entre agua y desarrollo rural aún tiene mucho por ser estudiada, ya que también existen casos donde incluso teniendo un acceso adecuado al agua en cantidad y calidad, no se logra erradicar la pobreza; lo anterior puede relacionarse con otros factores de tipo político, económico o cultural. (Kommenic et al., 2009).

Es importante mencionar que en el contexto de globalización actual, la expansión urbana, agrícola e industrial, el crecimiento en la competencia por el uso del agua, así como el creciente deterioro ambiental que implica sobreexplotación y/o contaminación de los sistemas hídricos, son fenómenos que ejercen presión sobre las comunidades rurales y los ecosistemas con mejores grados de conservación, mismos que proveen de servicios ambientales, entre ellos el agua que es fundamental para el soporte de la vida en el planeta y en nuestras sociedades.

Es necesario que en los contextos rurales se busque un equilibrio entre los capitales Natural (Recursos naturales y servicios ambientales), Humano (Habilidades, conocimientos, bienestar físico y salud), Social (Organizaciones, redes y relaciones sociales), Financiero (Dinero, créditos/deudas, ahorros) y Físico (Infraestructura, tecnología, bienes materiales) mismos que deben distribuirse de una forma equitativa, para lograr el desarrollo de las comunidades y formas de sustento para sus habitantes. (Scoones, 1998);(Sullivan *et al.*, 2003).

El fondo monetario internacional realizó una revisión sobre la pobreza rural dentro de los países en vías de desarrollo, en dicho trabajo resalta la importancia sobre el derecho de los campesinos a tener tierra y agua con calidad, así como acceso a los servicios de salud, educación e infraestructura básica (FMI, 2001).

El Centro Internacional de Agua y Sanidad elaboró una síntesis sobre distintos trabajos realizados en el planeta, que buscan mejorar el abasto de agua potable contextos rurales (International Water and Sanitation Centre, 2004), en su informe hablan sobre la importancia del manejo comunitario, el apoyo gubernamental, académico y de organizaciones no gubernamentales, en busca de lograr reducir en un 50% la proporción de la población sin acceso al agua potable de calidad, así como erradicar la pobreza a nivel mundial, siendo ambos parte de los objetivos de desarrollo del milenio establecidos por la Organización de las Naciones Unidas en su declaración del milenio. (ONU, 2000), así como en los recientemente planteados objetivos para el desarrollo sustentable en sus metas 6 y 1 respectivamente (PNUD, 2016)

Poder lograr tales objetivos cobra vital importancia en los contextos rurales, principalmente en países con niveles de desarrollo industrial bajos y medios, con porcentajes de población rural importantes o donde existen altos niveles de pobreza rural, por ejemplo en México.

Especialmente en las poblaciones rurales, la falta de acceso al agua en cantidad y calidad complica la capacidad de poder combatir la pobreza, debido a la profunda conexión entre

acceso al agua y salud, es necesario tener agua en cantidad suficiente y calidad para sus distintos usos, ya sea para beber, tener higiene personal, preparación y cocción de alimentos, agua destinada a fines productivos que puedan ayudar a tener fuentes de ingresos y trabajo, de tal forma que se puedan generar oportunidades para mejorar la calidad de vida. (Wilk & Jonsson, 2013)

¿Es posible que una comunidad no alcance la prosperidad, aun teniendo una alta disponibilidad de agua? O en caso contrario ¿Se pueden lograr niveles altos de desarrollo en situaciones de estrés hídrico? ¿Cuáles otros aspectos tienen un papel en la relación entre agua y desarrollo?

Por otro lado es importante tener en cuenta que existen distintas condiciones en relación al manejo del agua, mismas que pueden variar en función de las características ambientales específicas de cada territorio.

Es importante mencionar que para poder abordar el manejo del agua, los estudios deben hacerse de forma integrada, considerando aspectos ecológicos, económicos, sociales, culturales y políticos. (Oswald Spring *et al.*, 2009).

Una forma que existe de aproximarse a la relación entre agua y desarrollo es mediante el uso de indicadores, que permitan generar información proveniente de fuentes con distintas naturalezas y orígenes.

El presente trabajo de tesis busca conocer de manera general los aspectos relacionados al manejo del agua y su relación con un desarrollo próspero, o en caso contrario con la pobreza en la localidad rural de Tumbisca, Michoacán. Para ello se utiliza como base teórica el índice sobre prosperidad de agua; cuyo origen conceptual, estructura, así como el método de aplicación son explicados en el primer capítulo. Los resultados y análisis de su aplicación en la localidad de Tumbisca son desarrollados en el segundo capítulo. Cerrando en el tercer capítulo con una discusión y reflexión de la utilidad del índice aplicado en escala local, así como propuestas y aprendizajes para futuros trabajos relacionados al tema.

## **Preguntas de Investigación**

**General:** ¿Cómo es la relación entre el agua y el desarrollo en la localidad de Tumbisca, Michoacán?

### **Particulares:**

- ¿Es posible construir el índice sobre prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca, Michoacán?
- ¿Cuáles son los temas prioritarios para mejorar la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca?
- ¿Puede el índice sobre prosperidad de agua aportar información útil para mejorar la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca?

## **Objetivos.**

**General:** Identificar de forma general la situación actual sobre la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca.

### **Particulares:**

- Construir el índice sobre prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca, utilizando información actual y local.
- Identificar los temas prioritarios de mejora en la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca, con base en los resultados del Índice.
- Proporcionar información que pueda ser útil en la toma de decisiones sobre el manejo del agua y en la mejora de la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca.

## **Justificación**

El índice sobre pobreza/prosperidad de agua es una herramienta que puede ayudar a describir el estado general de la relación entre agua y desarrollo en un territorio, además su uso se ha incrementado en los últimos años, desde que fue propuesto como índice de pobreza de agua (IPA) en el 2002. Busca poder aportar al conocimiento sobre el manejo de los recursos hídricos en distintos niveles y escalas, incluyendo las localidades rurales, así como proporcionar información útil en la toma de decisiones respecto a las áreas de mejora en la relación entre agua y desarrollo.

El desarrollo de la presente investigación no es aislado, existen trabajos previos realizados en el sitio de estudio, mismos que son parte de un proceso que lleva tiempo en construcción, por lo tanto con los objetivos planteados se espera poder aportar información y conocimiento que pueda ser útil, en busca de mejorar el entendimiento de la realidad ambiental en Tumbisca.

## **Antecedentes**

El presente trabajo forma parte de un esfuerzo conjunto de investigación y colaboración, protagonizada por la población del ejido de Tumbisca en el estado Mexicano de Michoacán, así como un grupo de investigadores, docentes y estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M).

En el año 2005 se estableció contacto entre el ejido de Tumbisca, Michoacán y la U.N.A.M. campus Morelia, en vista de elaborar un Ordenamiento Territorial Comunitario (OTC), mismo que involucró académicos, estudiantes, la asamblea ejidal y población en general, generando un proceso de participación en la toma de decisiones sobre las aptitudes del territorio para realizar actividades de manejo, conservación o aprovechamiento de los recursos naturales.

A partir de que se elaboró el ordenamiento, se estableció el vínculo entre la asamblea y el equipo de trabajo de la UNAM; la información que se obtuvo en el proceso es muy valiosa, ya que se caracterizaron los principales atributos del territorio, como son: Fisiografía, tipos de suelos, tipos de cobertura, actividades económicas, aptitudes de uso del suelo, diversidad de especies, fuentes de agua, potencial de erosión hídrica, entre otros. (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008).

Posteriormente, se establecieron las prioridades a realizar en la implementación del ordenamiento, dentro de las cuales se encuentra la protección y mantenimiento de las fuentes de agua.

A partir del año 2010 se comenzó con la implementación del OTC, con el apoyo de la Unidad de Sistemas de Información Geográfica, perteneciente al entonces Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la U.N.A.M campus Morelia (Actualmente Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad). Se gestionaron recursos financieros provenientes de distintas organizaciones donantes, entre ellas el servicio de pesca y vida silvestre de E.U.A, fundación Gonzalo Río Arronte, así como fundación Alstom; mismos que permitieran implementar proyectos comunitarios productivos como el de ecoturismo, reforestación, huertos familiares o bien tecnologías tales como los sistemas de captación y almacenamiento de aguas pluviales, sistemas para el tratamiento de aguas residuales, así como sanitarios secos.

También se realizó una tesis de licenciatura sobre la percepción de la degradación de paisaje (De la Torre, 2013), así como una tesis de maestría sobre el empoderamiento, reapropiación del territorio y planeación del uso del suelo (Suárez Reyes, 2013).

Utilizando el IPA+ como plataforma de trabajo se busca contribuir al conjunto de esfuerzos por avanzar en la implementación del OTC, puede ser útil para describir el estado general de los recursos hídricos, su manejo y aprovechamiento, buscando identificar áreas de oportunidad y mejora en el desarrollo local.

El presente trabajo es novedoso a nivel nacional, pues para el índice de pobreza de agua (antecedente del índice de prosperidad de agua), solo se conocen dos publicaciones en las que ha sido desarrollado en México; la primer publicación corresponde el estudio realizado a nivel municipal en Ciudad Juárez, Chihuahua (Herrera Castelazo et al., 2007) y la segunda publicación registrada corresponde al estudio desarrollado a nivel regional, en el Valle de San Luis Potosí. (López Álvarez *et al.*, 2013). El presente trabajo propone trabajar con el índice de prosperidad de agua a nivel localidad, del cual no se tiene registro que haya sido abordado en México con anterioridad.

### **Contexto general del agua en México.**

El territorio de la República Mexicana se puede distinguir hidrológicamente en función de sus características geográficas generales, utilizando a la cuenca hidrológica (delimitación espacial de la superficie donde existen escurrimientos y corrientes que comparten un drenaje común) como unidad administrativa, por lo que podemos ubicar 13 regiones hidrológicas-administrativas principales (CONAGUA, 2012), mismas que pueden ser clasificadas en función del drenaje de sus aguas; vertiente del pacífico, vertiente del golfo, aguas del valle de México, cuencas centrales del norte y península de Yucatán. (Semarnat, 2012).

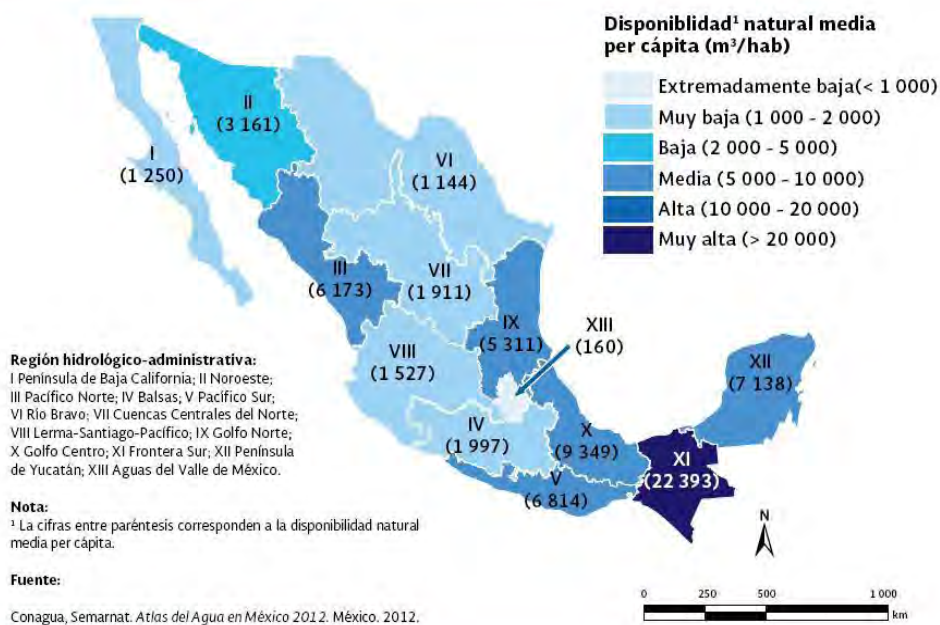
Dentro de las distintas regiones hidrológicas-administrativas, podemos encontrar una amplitud en rangos de disponibilidad, dependiendo de las características ambientales, tanto naturales como sociales, ya que los valores de precipitación abarcan desde muy bajos (menor a 200 mm anuales en algunas zonas desérticas en los estados de Chihuahua, Sonora, Baja California y Baja California Sur). Hasta muy altos (superiores a los 2000 mm anuales en algunas regiones de Tabasco, Veracruz y Chiapas). Además de que la demanda de consumo de agua, también varía en función de las características económicas y demográficas de cada zona.

Un indicador general es la disponibilidad natural media per cápita, que puede ser calculada como el total de agua disponible en un año, dividida entre el número de



habitantes de un territorio. Se considera que cuando la disponibilidad media es menor a 1000 metros cúbicos por habitante al año, es extremadamente baja y cuando es de 20,000 metros cúbicos por habitante al año es muy alta. Es posible observar los valores estimados en 2010 para cada región hidrológica-administrativa en México, el sitio de estudio de la presente investigación se ubica en la región IV Balsas, que presenta una disponibilidad muy baja, cercana a baja (1997 m<sup>3</sup>/habitante al año) (*Ver figura 3*). (Semarnat, 2012).

### Disponibilidad natural media per cápita por región hidrológico-administrativa, 2010



**Figura 3.** “Disponibilidad natural media por región hidrológica-administrativa”, tomada de Semarnat (2012).

Con el crecimiento poblacional y el fenómeno de migración del campo a la ciudad, México ha transformado drásticamente el estado de la disponibilidad media per cápita, la disponibilidad media de agua por habitante se ha reducido en un 66% en 50 años, de 11 500 m<sup>3</sup> anuales en 1955 a 3 822 m<sup>3</sup> en 2005. Y en tan sólo 5 años, su reducción ha sido del 22 %, 4 900 m<sup>3</sup> en el 2000 y 3 822 m<sup>3</sup> en el 2005. (González, 2010)

El total de agua extraída de los acuíferos nacionales, se estimó en 80.3 kilómetros cúbicos anuales para el año de 2010, los cuales de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales se utilizaron de la siguiente forma: La mayor parte del agua que se extrae en el país se destina a las actividades agropecuarias. En 2010 cerca del 77% se utilizó para el riego de 6.5 millones de hectáreas (cerca de la cuarta parte de la superficie sembrada), así como para las actividades pecuarias y acuícolas. Le siguió el uso para abastecimiento público, con 14% del volumen total de agua extraída, el industrial y la generación de energía eléctrica con 9%. (Semarnat, 2012).

La estructura legal que fundamenta el uso del agua en México se remonta a la Constitución de 1917, donde se establece que sus acuíferos son propiedad de la nación, también otorga al estado la capacidad de administrar, explotar y asignar los usos requeridos para las distintas actividades productivas y cotidianas.

A raíz del proceso de reforma agraria en el país (1932-1994), se dio una repartición muy amplia de tierra, siendo que casi el 40% de la tierra fue distribuida a ejidos y comunidades, incluyendo algunos distritos de riego, sin embargo la mayoría de estas tierras se encontraban en sitios no aptos para el cultivo, no obstante en ese periodo los campesinos lograron incrementar su producción, particularmente con el sistema de maíz de temporal para el autoconsumo y sustento familiar. Pero las políticas públicas fueron orientadas a privilegiar a un grupo de aristocracia rural, favoreciendo el uso del agua para la producción comercial y de exportación, así como el uso ganadero e industrial; los anteriores fenómenos aunados a la creciente urbanización, dieron como resultado que las obras públicas e instituciones encargadas del agua tuvieran poco impacto en mejorar las condiciones de acceso y uso del recurso hídrico en el medio rural. (Barkin, 1998).

Aunque también se ha tenido un avance desde el punto de vista jurídico e institucional, pues contamos con un organismo federal encargado de la Gestión del Agua (CONAGUA) Leyes, Normas Oficiales (NOM's) y reglamentos. También se otorgó a los municipios la capacidad de manejar y administrar los sistemas de agua potable para uso doméstico y comercial, mientras que en los distritos y unidades de riego se otorgó la administración a los usuarios, en cuanto a los ejidos, se estipula que tienen libertad de usar el agua en

función de su reglamento interno, así como las necesidades de los asentamientos humanos, siempre y cuando se encuentre dentro de lo dispuesto por la ley, es decir que tengan concesiones otorgadas para el aprovechamiento de las aguas nacionales. (DOF, 1992, 2014)

Otro avance es la formación de organismos, consejos, comisiones y comités de cuenca a distintos niveles hidrológicos, se definen como órganos colegiados de integración mixta, que fungen como instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre “la Comisión”, incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica (DOF, 1992, 2014).

Aún con los avances y logros en el sector hidrológico, en la práctica todavía existen poblaciones que realizan su aprovechamiento del agua de una forma poco reglamentada o informal, lo cual puede ser ambivalente, pues en algunos casos representa una forma de autosuficiencia, otorgando a las comunidades la capacidad de manejar su territorio y recursos, mientras que en otros puede ser vehículo de despojo al no existir un fundamento legal que les ampare, facilitando el uso y aprovechamiento del agua de las comunidades y poblaciones por grupos e intereses ajenos a ellas, quienes en algunos casos buscan el agua para otros tipos de usos, opuestos a los intereses del bien común. (Barkin, 1998)

En localidades aledañas a las grandes ciudades del país la creciente demanda por el uso del agua afecta directamente a las zonas rurales, ya sea a través de macro obras de infraestructura, como lo son: presas, pozos profundos, desvíos de corrientes, sistemas de extracción, bombeo y distribución, por ejemplo el sistema Cutzamala que abastece a la ciudad de México (Tirel, 2006), o de manera más local, el manantial de la Mintzita en Morelia. También existe contaminación resultante de los desechos de las ciudades, los desarrollos turísticos a gran escala, las zonas industriales y agrícolas intensivas.

## **Primer Capítulo: Base teórica y conceptual.**

### **1.1.-Historia general y evolución de los indicadores e índices de la relación entre Agua y desarrollo.**

Los índices son herramientas que permiten integrar información de distintas naturalezas y fuentes, aglomerándola en una cifra final que pretende simplificar o hacer entendible la complejidad de un fenómeno, su uso se ha incrementado en los últimos años especialmente en contextos políticos, pues permiten monitorear el avance o retroceso en temas de interés común para el desarrollo de las naciones, estados, provincias, municipios y demás niveles de organización política. Un claro ejemplo en México, es el desarrollo del Programa Nacional Hídrico (DOF, 2014), mismo que busca alcanzar objetivos en plazos establecidos, valiéndose del uso de indicadores para medir el avance y los resultados de su implementación.

Existen varios tipos de indicadores que han sido desarrollados para poder aproximarse a la realidad ambiental del planeta y las sociedades humanas, un notable ejemplo es el índice de desarrollo humano, utilizado ampliamente a escala nacional y regional, mismo que integra la información disponible en áreas ligadas al desarrollo humano, como son: Salud, educación, economía y derechos humanos. Otros índices como el índice de sustentabilidad ambiental, han sido desarrollados desde que la Organización de las Naciones Unidas estableció las metas de desarrollo del milenio (ONU, 2000). Desde entonces surgió la necesidad de obtener información sobre los avances realizados en materia de combate a la pobreza y el logro de las metas de desarrollo a nivel mundial.

Sternlieb & Laituri (2010) hacen una revisión de los distintos índices e indicadores ambientales desarrollados para monitorear la situación global del medio ambiente, el progreso realizado en la búsqueda de mejorar la relación entre agua y desarrollo, así como erradicar la pobreza. En su trabajo, resaltan la importancia de las agencias donadoras de recursos financieros, distintas organizaciones civiles, gobiernos y académicos relacionados

con el tema, reconocen que se ha avanzado en desarrollar indicadores que permitan monitorear el impacto de las políticas aplicadas para ayudar a mejorar las condiciones en países con bajos niveles de acceso al agua potable, pero aún hace falta vincular las escalas más locales (la gente de las comunidades) con los científicos, gobiernos y agencias internacionales encargadas de las políticas de asistencia en el sector. (Sternlieb & Laituri, 2010)

No obstante los avances obtenidos, los índices también tienen desventajas reconocidas; pueden tener una visión estática, datos insuficientes o de baja calidad, dificultades al combinar temas diferentes, pérdida o distorsión de la información después de la agregación, a menudo no son transparentes o los métodos de cálculo y sus supuestos son ocultos. (Molle & Mollinga, 2003); (Wilk & Jonsson, 2013).

#### **1.1.1.-El índice sobre pobreza de agua (Water Poverty Index).**

Desarrollado por Sullivan (2001) (2002) así como Lawrence, Meig, & Sullivan (2002). El índice surgió como el resultado de un conjunto de experiencias académicas a nivel internacional, principalmente de académicos europeos, interesados en el tema de la relación entre la falta de acceso al agua potable y la pobreza, mayoritariamente en países de los llamados “en vías de desarrollo”. Los autores del índice, pretendían encontrar una manera de integrar y analizar la información sobre desarrollo, con aspectos relacionados al manejo del agua, utilizando cifras existentes.

Proponen considerar cinco componentes principales que describen la situación de la relación entre agua y desarrollo en un territorio definido. **Recursos, Acceso, Capacidad, Uso y Ambiente.** Los componentes contienen diversos sub componentes, también llamados indicadores y buscan integrar aspectos relacionados al agua que en otros estudios son tratados separadamente.

Si el índice se basa en los aspectos relevantes para los tomadores de decisiones en determinado territorio, puede ser útil para conocer la situación actual del agua, poner metas

relevantes en su manejo, monitorear el progreso de un proyecto, buscando ayudar a tomar decisiones informadas y transparentes. (Sullivan et al., 2003)

El índice sobre pobreza de agua propuesto por Sullivan fue criticado en un inicio cuando fue desarrollado a escala internacional, por no tomar en cuenta la capacidad de adaptación de los habitantes, ocultar los verdaderos factores que influyen en el manejo del agua y no poder describir las causas, impactos y remedios para la escasez del agua, además de no incluir aspectos relacionados a la calidad del agua y tener métodos de pesaje (el valor de cada componente en el total del índice) arbitrarios (Feitelson & Chenoweth, 2002) (Molle & Mollinga, 2003), autores que a su vez proponen otro método para obtener un índice de pobreza de agua a escala nacional, permitiendo comparaciones internacionales.

El índice de pobreza de agua también ha sido desarrollado y estudiado en distintos niveles de organización política y territorial. A nivel nacional (Jenmali & Matoussi, 2013); regional, estatal o a nivel de cuenca (Cullis & O'Regan, 2003), (Heidecke, 2006), (Abraham et al., 2006), (Giné Garriga & Pérez Foguet, 2008), (Giné Garriga & Pérez Foguet, 2010), (López Álvarez et al., 2013) ; nivel municipal (Herrera Castelazo et al., 2007), (Awojobi, 2014) y local (Sullivan et Al, 2003).

También se ha incluido el uso de datos cualitativos, situación que puede aumentar la comprensión sobre que mejoras se necesitan, ya que los datos cuantitativos miden “cuanto” y los cualitativos “cómo” funcionan algunos elementos. Aun así es importante tener cuidado en que los datos usados para describir estos factores sean actuales y que reflejen las visiones de un amplio número de tomadores de decisiones, incluyendo los menos poderosos, los más pobres, mujeres, hombres y niños.

Sullivan *et. al.* (2006) hacen una revisión de la aplicación del índice a diferentes escalas hasta ese momento, reconociendo que el mayor potencial de aplicación para el índice se encuentra en las escalas regional, municipal, local y comunitaria. En general mantienen la propuesta inicial en cuanto a la estructura del índice, la cual se representa por la siguiente expresión matemática:

$$IPA = \sum_{i=1}^n \frac{WiXi}{\sum_{i=1}^n Wi}$$

Dónde: **IPA**= Índice sobre pobreza de agua. **Xi**= cada componente de la estructura del IPA. **Wi**= Peso aplicado a componente.

También puede representarse con la siguiente expresión:

$$IPA = \frac{((Wr R) + (Wa A) + (Wc C) + (Wu U) + (We E))}{(Wr + (Wa + Wc + Wu + We))}$$

Dónde: **R**= Componente Recursos. **A**= Componente Acceso. **C**= Componente Capacidad. **U**= Componente Uso. **E**= Componente Ambiente (para evitar su confusión con Acceso se abrevia usando “E”, en referencia a “Environment” que significa ambiente en inglés). **Wr, Wa, Wc, Wu, We** = Peso aplicado a cada uno de los componentes respectivamente.

Cada componente se pondera en un rango de 0 a 100, así que el resultado del **IPA** también ocurre en ese rango; 0 corresponde a una situación de pobreza absoluta, mientras que 100 representaría la mejor condición posible. El peso se refiere al valor que le damos a cada componente en el total del índice, es decir, si es equitativo entre los cinco componentes, cada componente valdría 20 unidades de las 100 totales.

### 1.1.2- Índice participativo sobre pobreza de agua.

Los métodos participativos son aquellos que involucran un acercamiento entre los investigadores y el contexto social de la investigación, pueden consumir mucho tiempo y esfuerzo para su realización, sin embargo ofrecen gran valor al usar el conocimiento local para describir la adecuación de recursos, servicios e instituciones en función a las necesidades locales. Es importante considerar el conocimiento local en la construcción de la estructura del índice. (Sullivan & Meigh, 2007)

Algunos estudios proponen que las decisiones de cómo manejar efectivamente los recursos naturales son mejor realizadas por la gente local, quienes son los últimos y más directos tomadores de decisiones y porque también pueden ayudar al examen crítico de la información científica y técnica, fortalecer la búsqueda de soluciones locales adaptadas y aceptadas, así como ayudar en la implementación de decisiones políticas (Jonsson & Wilk, 2014).

Aunque también los métodos participativos han sido criticados porque a veces son idealistas y fallan en reflejar la diversidad en puntos de vista, relaciones de poder desiguales, conflictos de decisiones e inequidades en la distribución (Wilk & Jonsson, 2013).

### **1.1.3.- El Índice sobre prosperidad de agua (Water Prosperity Index)**

Se fundamenta en la metodología del índice sobre pobreza de agua de Sullivan y con los distintos aportes de otros autores (Molle & Mollinga, 2003), (Kommenic et al., 2009), (Giné Garriga & Pérez Foguet, 2010). Se distingue en que debe incluir indicadores relevantes para la gente local, que definan la situación en relación al agua desde el sentir de la comunidad, basarse en diferentes tipos de datos provenientes de fuentes variadas, los autores proponen enfatizar en los aspectos positivos, buscando generar una idea de prosperidad y no de pobreza (Wilk & Jonsson, 2013); (Jonsson & Wilk, 2014), lo cual puede ser cuestionable. Su meta es que los asuntos relacionados al manejo del agua sean tratados participativamente, por lo cual requiere el diseño de técnicas participativas, así como un acercamiento con la comunidad.



## **1.2.- Método: Construcción del índice sobre prosperidad de agua.**

Giné Garriga & Pérez Foguet, (2010) proponen tres pasos generales para la construcción del Índice:

1.- Selección de indicadores:

- a) Compilación y validación de los datos disponibles.
- b) Definición y primera propuesta de indicadores.
- c) Clasificación de los indicadores con base en el marco conceptual.
- d) Análisis estadístico preliminar de los indicadores propuestos.
- e) Selección de los indicadores a nivel de subíndices.

2.- Construcción del índice:

- a) Asignación de los pesos para los subíndices.
- b) Agregación de los subíndices.

3.- Validación del índice:

- a) Análisis.

Para el presente trabajo, se toma como referencia la estructura general, aunque se omiten los análisis de peso estadístico, asignando pesos equitativos entre los distintos componentes, es decir que el valor final máximo para cada uno de los cinco componentes es de 20, dentro de las 100 unidades totales del índice.

La construcción del índice se basa en la premisa de utilizar la información disponible, principalmente con bases de datos desarrolladas por el trabajo de la UNAM en Tumbisca (Cieco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008), así como del Censo Nacional del INEGI (INEGI, 2010), para complementar la información también se incluye la obtención de datos en campo.

Se implementó la técnica de observación participante, involucrando al investigador con la comunidad a través de su participación voluntaria en la construcción de cisternas para el almacenamiento de agua, así como túneles con malla para la producción de hortalizas, como parte de la implementación del Ordenamiento Territorial Comunitario. El investigador realizó visitas con duración de entre 2 a 4 días, sumando un total de 31 días en la localidad de Tumbisca, generando el acercamiento entre investigador y habitantes, lo cual facilitó la obtención y entendimiento de la información necesaria para la construcción del índice. Se diseñó una encuesta estructurada semi-abierta, utilizada como herramienta de investigación (Anguita Casas et al., 2003) (ver anexo 1), además el proceso de observación participante se registró utilizando como herramienta el diario de campo (ver anexo 2), anotando las actividades, perspectivas, sucesos o momentos relevantes durante la estancia del investigador en la localidad.

A continuación, se presenta una descripción de los indicadores o subcomponentes dentro de cada componente del índice, seleccionados para ser descritos en la presente investigación.

**1.2.1.- Componente Recursos:** Se refiere al estado físico de los recursos hídricos, toma en cuenta factores físicos como el clima, precipitación, variabilidad en cantidad y calidad de agua.

R1: Conocimiento de la precipitación media anual en la zona de estudio. Es de vital importancia tener el valor de este indicador, al ser la precipitación la fuente principal del agua que posteriormente se infiltra o escurre, dando origen a los manantiales, veneros y ríos que abastecen a la localidad. Se decidió obtener este sub componente utilizando el índice de aridez de Martonne (de Martonne, 1926), cuya fórmula es:

$$Ia = \frac{P}{(tm+10)}$$

Dónde: Ia= Índice de aridez, P = Precipitación media anual en milímetros, tm= temperatura media anual en grados Celsius.

El Índice de aridez de Martonne, clasifica los resultados en distintos rangos, que fueron adaptados para su uso en el IPA+, lo cual facilita su transformación a una escala numérica de 0 a 100. A continuación se muestran las categorías adaptadas para su uso en el presente estudio.

Valores	0-10	10-20	20-30	30-60	60 y más
Clima	Desértico árido	Semiárido	Subhúmedo	Húmedo	Perhúmedo

R2: Evaluación cuantitativa de la variabilidad de los recursos hídricos. Es necesario conocer en campo una estimación de la cantidad de agua que brota en los manantiales, para lograr un estimado de la oferta hídrica disponible y su variabilidad temporal debido a las condiciones climáticas y fenómenos meteorológicos (temporadas de lluvias y sequías).

La información necesaria para evaluar la variabilidad de los recursos hídricos en la localidad se obtuvo mediante un trabajo de monitoreo en 3 de los principales manantiales que abastecen la localidad de Tumbisca; “La Tuna”, “Las huertas” y “El Platanal”, donde el autor de la presente investigación colaboró. En cada muestreo se hacían 10 repeticiones, se procuraba dirigir la corriente de manantial hacia un contenedor (cubeta), de 1, 5, 10 y 20 litros de capacidad, dependiendo el flujo de agua se usaba el tamaño adecuado, posteriormente se medía con un cronómetro el tiempo en que se llenaba el contenedor correspondiente. Sumando un total de 6 muestreos bimestrales por cada manantial, en un periodo de 10 meses (junio de 2014 – abril de 2014).

R3: Conocimiento de la calidad del agua. Es importante conocer la calidad del agua en las fuentes donde se obtiene para el consumo humano, con el fin de descartar cualquier problema de contaminación previa al consumo, que pueda conducir a problemas de salud o que esté limitando el acceso al recurso hídrico.

La información necesaria para este sub componente se obtuvo mediante el trabajo de monitoreo bimestral en los manantiales del ejido Tumbisca, como parte de una tesis de

maestría, donde se estimó el Índice de Calidad de Agua (ICA) para 3 de los manantiales que dan abasto a la localidad de Tumbisca: “Las huertas”, “El Platanal” y “La tuna”. Utilizando un termómetro para medir la temperatura del agua y del ambiente, y el equipo para monitoreo de agua marca “Lamotte”, el cual mide los siguientes parámetros: Dureza (mg/litro), Alcalinidad (mg/litro), pH, Oxígeno disuelto (ppm), Turbidez (JTU) y Bacterias coliformes fecales (UFC).

**1.2.2.- Componente Acceso:** Se refiere al acceso seguro que tiene la población a las fuentes y a los servicios básicos relacionados con el agua, se expresa en distintos indicadores; el porcentaje total de hogares con acceso, la relación entre cada fuente y el número de hogares que abastece, el acceso a una sanidad adecuada (tener un sanitario digno, con higiene, privacidad y sin desaguar a la intemperie) y posibles conflictos a causa de la competencia por el acceso a los recursos hídricos.

A1: Acceso al agua potable limpia. Es necesario conocer el porcentaje total de hogares que tienen acceso constante o permanente a una fuente de agua segura, es decir que tenga una calidad adecuada para el consumo humano y que cubra las necesidades mínimas de autoconsumo, higiene personal y del hogar.

A2: Relación entre hogares por fuente. Es necesario conocer un estimado de la relación que existe entre el número de hogares que comparten las distintas fuentes, esto puede dar una idea de la presión que se ejerce sobre una determinada fuente, así como la vulnerabilidad, ya que podemos deducir que una fuente está mayor o menormente presionada en función de su disponibilidad natural, así como de la cantidad de agua que de ella se extrae, siendo que a mayor número de hogares, se incrementa la demanda por el recurso hídrico.

A3: Ausencia de conflictos por el acceso al agua. Es necesario conocer si existen conflictos entre actores internos o con externos a la comunidad por el acceso y uso del agua, ya que estos conflictos pueden perjudicar la distribución equitativa y generar

relaciones desiguales de poder; los valores más altos se encontrarían al no existir reporte de conflictos.

A4: Acceso a una sanidad adecuada. Es necesario conocer el porcentaje de hogares que tienen acceso a una sanidad adecuada y digna, es decir que cuenten con un sanitario, con o sin agua, pero que permita la privacidad, que sea higiénico, y que tenga una adecuada disposición de los residuos, es decir que no tengan un desagüe a la intemperie o peor aún, que no exista sanitario alguno (defecación al aire libre), implicando riesgos de contaminación y salubridad.

**1.2.3.- Componente Capacidad:** Se refiere a la capacidad que tiene la gente de mantener el sistema de agua potable, por lo cual implica considerar indicadores de tipo socio económico, al existir una relación bidireccional, es decir, si el sistema de agua funciona adecuadamente existiendo disponibilidad del recurso y un buen acceso, así como una buena organización, los habitantes tendrían la capacidad de satisfacer sus necesidades básicas, primordialmente la salud y alimentación, por lo tanto tendrían la capacidad de trabajar, realizar sus actividades cotidianas y en el caso de los niños y jóvenes, es primordial tener una adecuada educación, mejorando su calidad de vida y expectativas de desarrollo.

C1: Bienestar provisto por tener herramientas de trabajo duraderas. Permite conocer la capacidad que tiene la gente de realizar su trabajo cotidiano y de sustento, utilizando herramientas para el trabajo; lo anterior cobra especial importancia en el contexto rural como en el que se realiza el presente estudio, pues la fuerza de trabajo y herramientas son la base material primordial para conseguir los ingresos y las distintas formas de existencia, por lo que si se carecen de herramientas propias para trabajar, la gente es más vulnerable y dependiente a otras formas de trabajo, reduciendo su capacidad de tener una forma de vida próspera y digna.

C2: Porcentaje de hogares con apoyos gubernamentales, financiamientos, pensiones y/o remesas. Los apoyos económicos (ya sean financieros, monetarios, materiales, didácticos), representan una oportunidad de mejora en la capacidad que tiene la gente para mantener

una calidad de vida adecuada y por lo tanto en la forma en que mejoran, invierten o mantienen el sistema de agua. Mientras menor sea el porcentaje de hogares con apoyos, disminuye el valor del indicador.

C3: Organización sobre el manejo del agua. Busca conocer si es que existen formas en las que la gente se organiza para la toma de decisiones relativas al manejo del agua, idealmente una sociedad organizada y con buena cohesión tiene mayor capacidad de responder ante problemáticas emergentes, así como la resolución de posibles conflictos internos y una mejor planeación sobre el futuro. Se expresa como el porcentaje de menciones sobre si existe una forma de organizarse en relación al manejo del agua y el mantenimiento de las fuentes y/o redes de distribución.

C4: Porcentaje de hogares sin enfermedades causadas por el agua. Sirve para conocer si es que existe una problemática asociada a una mala calidad del agua que se consume, si el total de hogares no presentó enfermedades asociadas al consumo del líquido, es el 100% y le da el valor de 100 al indicador.

C5: Alfabetización: Este indicador es importante para saber la capacidad que tiene la gente de acceder a nuevos conocimientos, así como de comunicarse a través del lenguaje escrito. Es un indicador básico de desarrollo utilizado ampliamente, es considerado en los índices de desarrollo humano. Se expresa como el porcentaje de población mayor a 15 años con capacidad de lectura y escritura.

C6: Población de 15 años o más con primaria completa. Se basa en el supuesto de que al tener una educación primaria, la gente tendrá una mínima noción de los procesos relacionados al agua y su manejo, capacidad de hacer operaciones matemáticas básicas (necesarias para cualquier trabajo), así como un nivel educativo fundamental. A mayor porcentaje de población con primaria terminada, aumenta el valor del índice.

**1.2.4.- Componente Uso:** Hace referencia a los distintos usos que se le puede dar al agua, que en un contexto rural son principalmente el doméstico, agropecuario y en algunos casos

para pequeñas industrias o procesos artesanales. Para este componente, se descartó la tasa de consumo doméstico, que por razones logísticas no fue posible estimar. El dato fue compensado mediante el registro por familia en el que se verificó que cada hogar en Tumbisca posee un abastecimiento casi constante durante el año. Con esta base documental se estableció un mínimo de consumo del agua a nivel rural, el cual está satisfaciendo las necesidades básicas del uso a nivel doméstico, las cuales son: Higiene personal (Sanitarios y duchas), agua para beber, agua para cocinar, limpieza del hogar (habitaciones, patios, sanitarios, cocina y trastes), lavado de ropa y riego de plantas en el hogar.

U1: Uso agrícola. Este indicador da una idea sobre el uso del agua con fines agrícolas, mismo que es de suma importancia al incrementar la producción, a través de sistemas de riego, esta producción puede ser de autoconsumo o con fines comerciales y tiene un impacto directo en el bienestar de la gente, para fines prácticos en este estudio se considera únicamente el porcentaje de hogares encuestados que tienen algún tipo de riego agrícola.

U2: Uso pecuario. Este indicador da una idea sobre el agua utilizada para mantener al ganado de distintos tipos, ya sea bovino, porcino, avícola y otros, al igual que el uso agrícola, en los contextos rurales es de suma importancia, ya que el ganado es fuente de alimentación y de solvencia económica para las familias, en un contexto con escasas de agua, es más complicado que pueda existir este tipo de uso.

**1.2.5.- Componente Ambiente:** Permite conocer aspectos relacionados a las condiciones ambientales, incluye el uso que hace la gente de los recursos naturales, la cobertura forestal, tasas de erosión y pérdidas de cultivos, indicadores que den una noción básica del estado ambiental del territorio a estudiar.

E1: Uso de recursos naturales. Este indicador da una idea sobre las distintas formas de aprovechamiento que hace la gente de su entorno, idealmente mientras más diversidad de usos tendríamos valores más altos del índice, pues nos indica que existen las condiciones óptimas para un aprovechamiento diversificado de los ecosistemas, sus bienes y servicios.

E2: Pérdida de cultivos. Permite conocer la incidencia de fenómenos de desastre, muchas veces asociados al cambio climático, los cuales desencadenan en una pérdida de los cultivos, situación que afecta directamente a la calidad de vida de la gente en los contextos rurales, donde la agricultura es la fuente primordial de sustento. A mayor cantidad de hogares con pérdida de cultivos, menores valores se obtienen para el índice.

E3: Erosión Hídrica Potencial. Permite conocer el porcentaje del territorio vulnerable a la erosión hídrica, ya que tal fenómeno lleva a la pérdida de suelos, amenazando la fertilidad, ocasionando derrumbes, azolve y contaminación de las corrientes de agua. Está relacionada con la pérdida de la cobertura forestal.

E4: Cobertura forestal. Permite conocer la superficie del territorio que tiene una cobertura forestal, lo cual es un buen indicador de la salud de los ecosistemas, ya que a una mayor cobertura, se asume que hay mayor infiltración del agua y por lo tanto se asegura el abasto en los manantiales.

#### **1.2.6.- Cálculo del índice y agregación de los componentes.**

Una vez elegidos los indicadores relevantes para construir el índice de prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca, se procedió a hacer una revisión en las bases de datos del censo 2010 realizado por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2010), el informe final del Ordenamiento Territorial Comunitario (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008), así como de una encuesta piloto sobre aspectos relacionados al manejo del agua en la localidad de Tumbisca, aplicada a finales del año 2013 y principios del 2014. De las fuentes anteriores, se obtuvieron datos para 7 de 19 indicadores en total, dos indicadores sobre cantidad y calidad de agua (R2 y R3), se obtuvieron de una tesis de maestría (De la Torre, en proceso), dónde también se colaboró en muestreos para la toma de datos en las fuentes de agua. Para el caso de los 10 indicadores restantes, se obtuvieron de la encuesta a nivel hogar en 18 de 54 viviendas, con una representatividad equivalente al 33.3% del total de viviendas en la localidad.



Una vez obtenidos los valores para cada uno de los sub-componentes, se procedió a transformar a la escala numérica de 0 a 100, para el caso de los porcentajes se adoptó directamente el porcentaje, por ejemplo: “Porcentaje de hogares con acceso al agua potable = 90%”; el valor hipotético para ese sub componente sería de 90 puntos. Para otros casos, se procedió a categorizar utilizando cinco valores: 0, 25, 50, 75 y 100, correspondiendo el 0 a la peor situación posible y el 100 la mejor condición.

Después de ponderar los indicadores en una escala de 0 a 100, se procedió a hacer una construcción preliminar del índice, utilizando el programa informático Excel® para calcular el valor de cada sub componente, componente y el valor total del índice.

### 1.3.- Sitio de estudio.

El ejido de Tumbisca se ubica en los Municipios de Morelia, Charo y Tzitzio (ver figura 4); en el Estado de Michoacán, en la zona de transición entre el eje neo-volcánico y la sierra madre del sur. El Ejido cuenta con siete localidades, la zona norte del ejido (localidad de “el Laurelito”) pertenece a la cuenca endorreica de Cuitzeo mientras que la parte sur del ejido donde se ubican el resto de las localidades pertenece a la cuenca del río Balsas (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008).

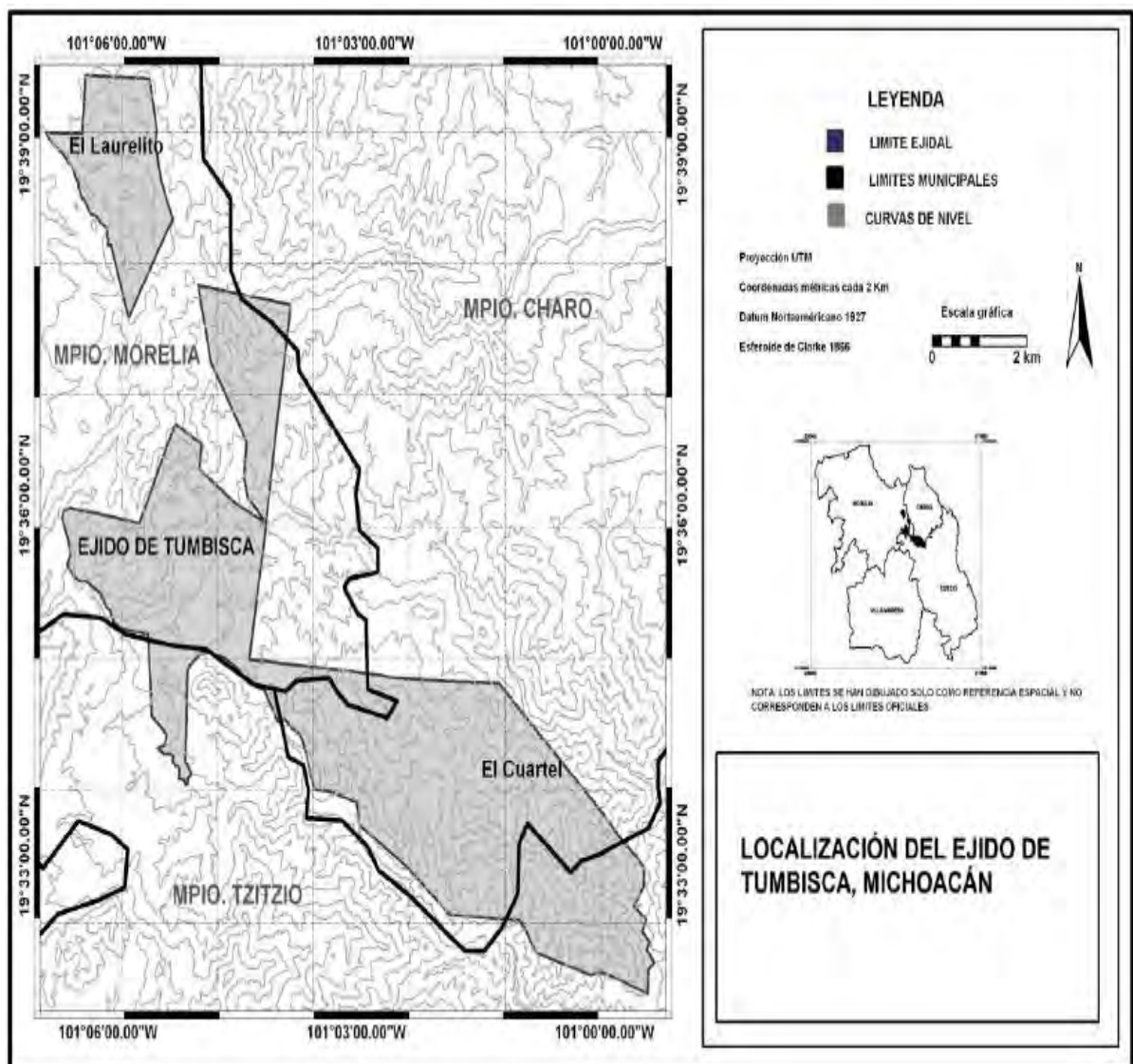


Figura 4: Ubicación Geográfica del Ejido de Tumbisca, tomada de Suárez Reyes (2013)

El Ejido cuenta con una fisiografía accidentada y con una variedad de microclimas y ambientes, lo cual propicia una gran diversidad de paisajes, ecosistemas y tipos de vegetación; que van desde el bosque de pino, bosque de encino, vegetación de galería, hasta las selvas bajas caducifolias, estas características hacen de su territorio un espacio geográfico valioso para la conservación, restauración y manejo de ecosistemas.

### **1.3.1.-Características Ambientales.**

La información sobre las características ambientales de Tumbisca se tiene principalmente a nivel de ejido y en algunos casos localidad, aunque el presente trabajo se enfoca en la localidad principal. Los datos presentados fueron tomados del Ordenamiento Territorial Comunitario, realizado por la UNAM, campus Morelia (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008).

**a) Geología:** En el subsuelo del ejido se encuentran principalmente cuatro tipos de roca, de los cuales 3 son de origen volcánico; andesitas y brechas volcánicas, presentes en 90.6% del territorio. Toba riolítica y basalto, presentes en 2.5% del territorio entre ambas unidades. También existen depósitos sedimentarios, presentes en 7.6% del territorio.

Las formaciones corresponden a una intersección de provincias geológicas, por una parte el sistema de fallas Morelia-Acambay perteneciente a la depresión de Cuitzeo, mientras que el resto del territorio es parte de la provincia Sierra Madre del sur y el eje volcánico transversal, conocida localmente como “Sierra de las mil cumbres”. (Israde y Garduño 2004, citado en CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008).

**b) Relieve y forma del terreno:** La superficie donde se ubica el ejido y la localidad de Tumbisca tiene una alta diversidad de formas en su relieve, se clasificaron en total 35 unidades distintas, abarcando laderas de variadas formas e inclinaciones y diferentes tipos de valles. Además de que el rango de altitud en el ejido oscila entre los 1120 y los 2600 metros sobre el nivel del mar.

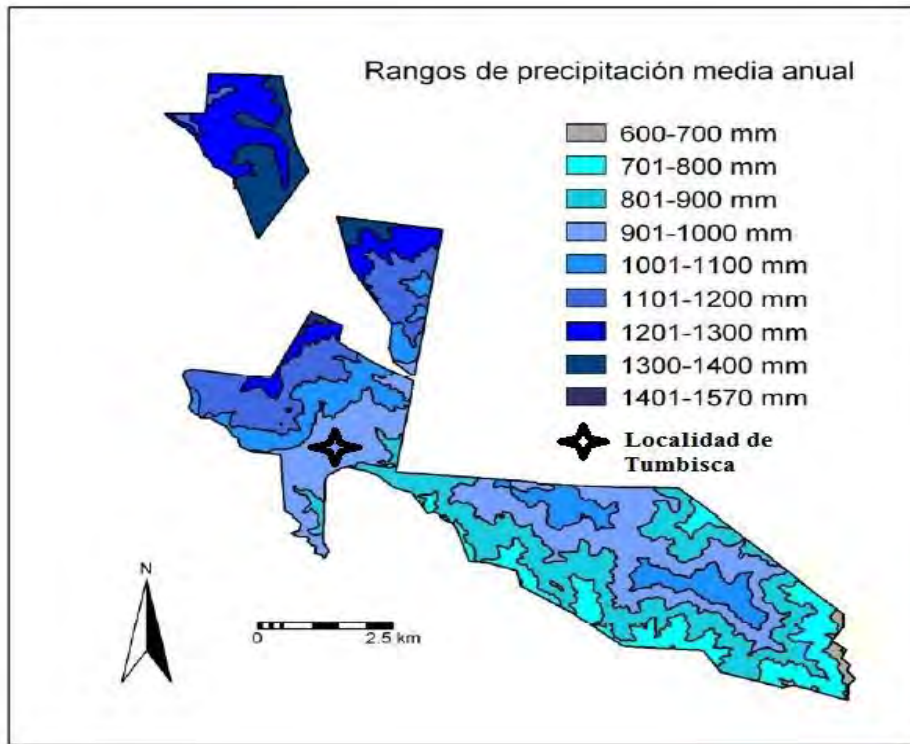
Mientras que en el caso particular de la localidad principal, el OTC cita lo siguiente: “Tumbisca.- Esta es una zona más compleja pues existen en ella 11 unidades distintas. Las laderas se agrupan en suaves, inclinadas y escarpadas y presentan una variada geometría que comprende las laderas convexas, cóncavas, rectas e irregulares. Su complejidad ha permitido el establecimiento no solo del asentamiento principal en el ejido, sino también de diversas actividades económicas...” (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008)

**c) Suelos:** El suelo es la interfase entre la superficie terrestre, el agua y la atmósfera, es también en los suelos donde ocurren los procesos que sostienen la vida y el funcionamiento de los ecosistemas. Por lo anterior es un recurso de importancia en su conservación y adecuado manejo, las actividades humanas pueden tener impactos perjudiciales en el funcionamiento de los suelos e incluso llevar a la pérdida total o parcial de su estructura y funcionamiento, es importante conocer los tipos de suelo que se encuentran en un territorio, así como sus principales aptitudes, lo cual puede ayudar a priorizar los usos en cada tipo de suelo.

En el polígono correspondiente a la localidad de Tumbisca, es posible ubicar de forma general tres tipos de suelo: Acrisoles “...Son suelos que podemos encontrar en zonas tropicales o templadas muy lluviosas, se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo; por sus colores rojos, amarillos, o amarillos claros con manchas rojas”, Luvisoles “...Se caracterizan por tener, a semejanza de los Acrisoles, un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, pero son más fértiles y menos ácidos que estos debido literalmente a que son suelos lavados” y Andosoles “...Se caracterizan por tener una capa superficial de color negro o muy oscuro (aunque a veces es muy clara) y por ser de textura esponjosa o muy suelto”. (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008).

**d) Clima:** El clima que predomina en la porción del territorio que corresponde a la localidad de Tumbisca es templado subhúmedo con lluvias predominantemente en verano (Junio-Septiembre), presentando valores de precipitación anual cercana a los 1000 mm (*ver*

figura 5). Con una temperatura media anual que oscila entre 14 a 18°C, siendo Junio el mes más cálido del año.



*Figura 5 “Precipitación media anual en el Ejido de Tumbisca”, tomado de (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008).*

**e) Agua:** La cobertura forestal, así como la estructura del subsuelo y suelos del territorio ejidal, favorecen la formación de diversos manantiales, afluentes y veneros. Para la localidad de Tumbisca se conocen principalmente cinco conjuntos de manantiales: “Las huertas”, “La tuna”, “El Calabozo”, “El mango” y “El platanal”, mismas que junto con el río Tumbisca y veneros (espacios entre barrancas que acumulan agua), se encargan de dar abasto a la localidad principal, satisfaciendo sus necesidades básicas, la localidad de Tumbisca se ubica dentro de la micro cuenca conocida como “río Paredones” (ver anexo 3).

**f) Vegetación y Fauna:** En los alrededores de la localidad de Tumbisca, se pueden encontrar principalmente los siguientes tipos de cobertura vegetal; bosque de Pino, bosque de Pino-Encino, bosque de Encino, bosque de Encino-Pino, vegetación secundaria y en menor proporción selva baja caducifolia y vegetación de galería, principalmente a orillas de

los cauces principales. Además de que en los bosques podemos encontrar una amplia variedad de hongos, así como la presencia de helechos, musgos y líquenes.

La fauna que se conoce para el ejido, se compone principalmente de Aves como el gorrión común, lechuza, zopilote, colibrí, entre otras especies. Anfibios, abarcando distintas especies de sapos, ranas, también existe presencia de ajolote común y salamandras. Reptiles, donde encontramos distintas especies de serpientes, lagartijas y la presencia de tortugas. Pequeños mamíferos como tlacuache, ardillas, ratones, armadillo, tejón, murciélagos y en algunas zonas remotas es posible encontrar venado, puma y ocelote. Además de que podemos encontrar una gran diversidad de Artrópodos, dentro de los cuales hay Miriópodos (ciempiés y milpiés), Arácnidos (alacranes, tarántulas y arañas), así como insectos de todos los grupos taxonómicos.

**g) Sociedad y Economía:** La estructura del ejido es predominantemente rural, siendo Tumbisca su principal localidad con una población de 218 habitantes, según el censo nacional (INEGI, 2010). Es considerada de alto grado de marginación en el catálogo de localidades, que puede ser consultado vía internet (SEDESOL, 2013). Los habitantes se agrupan principalmente en familias, que en promedio tienen cuatro integrantes por hogar, donde ocurre el manejo doméstico del agua

Las principales actividades económicas del ejido son la extracción de resina de pino para su venta, la agricultura (principalmente de temporal), extracción de leña y ganadería de baja densidad y en menor medida el comercio de productos, la producción artesanal de mezcal, así como la presencia de cuatro tiendas de abarrotes y productos de consumo cotidiano. Además de que es posible encontrar árboles frutales, especialmente guayaba, plátano y lima, principalmente para el auto consumo.

En cuanto a educación, existe una escuela por nivel (Preescolar, Primaria, Secundaria Técnica). El proyecto de bachillerato está en desarrollo, y aunque se ha mejorado el acceso a la educación, históricamente han existido dificultades para la regularidad en el servicio de educación básica.

En la localidad se practica principalmente la religión católica, que tiene un profundo arraigo desde la fundación del ejido, formando parte de su cultura y tradiciones.

La localidad de Tumbisca, a pesar de estar relativamente cerca de la zona urbana de Morelia (16 kilómetros a los límites actuales de la ciudad en Altozano y Jesús del Monte), se encuentra todavía marcada por una fuerte marginación, comenzando por el camino que es de difícil acceso (10 kilómetros de Terracería), un servicio de transporte público con baja oferta y demanda (solo existe una corrida a Morelia de ida y una de vuelta al día), lo cual complica la conexión entre Tumbisca y la zona urbana de Morelia, además de que la localidad carece de servicios de salud básicos (Villegas, 2013). A excepción de una débil señal de celular y servicio de Televisión por Satélite, el ejido no cuenta con infraestructura de telecomunicaciones, al no existir línea telefónica, ni computadoras con acceso a Internet.

Es de observar que en el plan de desarrollo municipal 2012-2015 no se hace mención alguna sobre Tumbisca (H. Ayuntamiento municipal de Morelia, 2012), situación que hace notar la casi nula importancia que tiene la localidad para las instancias municipales; ya sea por su pequeña cantidad de pobladores, poca relevancia económica y política, o por su ubicación espacial de difícil y poco conocido acceso desde la capital, lo anterior puede ser corroborado en algunas notas periodísticas (La Extra, 2013). Después de hacer una búsqueda en internet de distintas notas periodísticas, es posible observar que la comunidad es ocasionalmente visitada por aspirantes a un cargo político, especialmente en temporadas electorales.

Las situaciones mencionadas prevalecen en las poblaciones aledañas a Tumbisca, como son las localidades de la Escalera, Buenavista, Piedras de Lumbre, Ichaqueo, Peña Colorada, Peña del agua, el Violín, el Epazote, entre otras. Formando un conjunto de asentamientos humanos que carecen de un plan de desarrollo regional en conjunto, siendo que en las localidades más alejadas la situación de marginación es inclusive mayor a la que ocurre en Tumbisca, ya que en algunos casos no cuentan con energía eléctrica, servicios básicos de salud y educación, e incluso en temporadas lluviosas llegan a ser inaccesibles para los automóviles y camionetas de tracción sencilla.

A pesar de su situación geográfica, política y económica, no se justifica que localidades rurales sean marginadas de tal forma y parte de lo que busca el presente trabajo es resaltar la importancia de incluir a las pequeñas localidades rurales del país en el foco de las investigaciones científicas, decisiones y planes políticos, buscando la atención de sus necesidades, ya que en ocasiones las localidades rurales son vitales para la conservación y manejo de los servicios ambientales que proveen los ecosistemas, necesarios para la existencia de la humanidad en el planeta.



## **Segundo Capítulo: Resultados y Análisis**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los cinco componentes y para cada indicador del Índice de Prosperidad de Agua (IPA+), mencionando la fuente de información, así como el método de normalización y ponderación a la escala de 0 a 100 utilizada en la construcción del índice.

Posteriormente se presenta cada componente con sus respectivos subcomponentes, integrados en una gráfica radial, lo cual permitió ubicar visualmente el comportamiento de cada indicador, con la finalidad de realizar un análisis de los resultados obtenidos, de tal modo que sea posible ubicar los aspectos donde hubo mejor desempeño, así como los que tuvieron un desempeño bajo, facilitando el entendimiento de los resultados.

## 2.1.- Componente Recursos.

### 2.1.1.- Subcomponente “R1”: Conocimiento de la precipitación media anual.

Para la localidad de Tumbisca, se obtuvieron los datos de precipitación media anual y temperatura media anual, presentes en el informe del OTC (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008), donde se utilizó la información de la estación meteorológica más cercana a la localidad de Tumbisca, ubicada en el poblado de San Miguel del Monte, Morelia. Se tienen los siguientes valores: Precipitación media anual = 1000 mm. Temperatura media anual = 16°C.

$$Ia = \frac{P}{(tm+10)} \quad \text{Por lo tanto:} \quad Ia = \frac{1000}{(16+10)} = \frac{1000}{26} = 38.46$$

Para estimar el valor dentro del IPA+ se transformó el rango de 5 categorías de la siguiente forma:

Valores	0-10	10-20	20-30	30-60	60 y más
Aridez	Desértico árido	Semiárido	Sub húmedo	Húmedo	Per húmedo
Valor en el IPA+ (0-100)	0	25	50	75	100

El valor para Tumbisca en el índice de aridez de Martonne fue **38.46**, por lo cual se ubica en la categoría “30-60, Húmedo”, lo cual otorga al sub componente R1.- Conocimiento de la precipitación media anual el valor para el IPA+: **R1 = 75**

### 2.1.2.-Subcomponente “R2”: Evaluación cuantitativa de la variabilidad de los recursos hídricos.

Los resultados obtenidos estimando el flujo de agua en litros por segundo (l/s) para cada manantial son los siguientes:

Manantial	Fecha de Monitoreo						
	Junio 2014	Agosto 2014	Octubre 2014	Diciembre 2014	Febrero 2015	Abril 2015	Promedio
Las Huertas	0.34	1.03	5.55	1.05	0.32	0.12	8.40/6 = <b>1.40</b>
El Platanal	5.29	5.33	3.40	0.96	0.60	0.24	15.78/6 = <b>2.64</b>
La Tuna	1.33	3.11	13.68	5.28	2.60	1.86	27.86/6 = <b>4.64</b>
<b>Total</b>							<b>2.89</b>

Se procedió a estimar el porcentaje de variación de los valores observados, respecto al valor máximo observado en cada manantial respectivamente (considerado para cada caso como el 100%) utilizando la siguiente expresión:  $\text{Porcentaje de Variación} = 100 - ((\text{valor observado} * 100) / \text{valor máximo})$ . Con el fin de representar la variabilidad en la cantidad de agua de los manantiales muestreados, se obtuvieron los siguientes valores:

Manantial	Porcentaje de Variación por mes						
	junio	agosto	octubre	diciembre	febrero	abril	promedio
Las Huertas	93.87	81.44	0.00	81.08	94.23	97.84	74.74
El Platanal	0.75	0.00	36.21	81.99	88.74	95.50	50.53
La Tuna	90.28	77.27	0.00	61.40	80.99	86.40	66.06
<b>Promedio</b>	61.63	52.90	12.07	74.82	87.99	93.25	63.78
<b>Total</b>							<b>63.78</b>

El porcentaje de variación promedio fue de 63.78. Con el fin de darle un valor dentro del IPA+ se considera su valor inverso, ya que idealmente a mayor variación se incrementa la incertidumbre en la cantidad de agua que proveen las fuentes de abasto, por lo tanto se obtendrían valores más bajos en el índice, por lo tanto el valor del sub componente **R2 = 100 - 63.78 = 36.22**

### 2.1.3.- Subcomponente “R3”: Conocimiento de la calidad del agua.

Los valores obtenidos para el Índice de Calidad de Agua (ICA) ocurren en el rango numérico de 0 (peor situación) a 100 (mejor situación), los resultados en cada monitoreo bimestral fueron los siguientes

Manantial	Fecha de Monitoreo						Total (promedio)
	Junio 2014	Agosto 2014	Octubre 2014	Diciembre 2014	Febrero 2015	Abril 2015	
Las Huertas	74.80	84.00	86.80	69.60	93.60	84.80	493.60/6 = <b>82.26</b>
El Platanal	64.80	63.60	73.60	63.60	69.60	64.40	399.60/6 = <b>66.66</b>
La Tuna	89.20	94.40	99.20	98.00	99.20	93.20	573.20/6 = <b>95.53</b>
							244.5/3 = <b>81.48</b>

El valor para el subcomponente “R3” Conocimiento cuantitativo y cualitativo de la calidad del agua, se toma directamente del promedio total del Índice de calidad de agua en los 3 manantiales. Por lo cual es posible afirmar que **R3 = 81.48**

### 2.1.4.- Valor para el componente recursos.

El valor para el componente recursos se calcula promediando los valores de sus subcomponentes, representado en la siguiente expresión:

$$R = \frac{(R1 + R2 + R3)}{3} = \frac{(75 + 36.22 + 81.48)}{3} = \frac{192.70}{3} = 64.23$$

## 2.2.- Componente Acceso.

### 2.2.1.- Subcomponente “A1”: Acceso al agua potable limpia.

Se consideró al porcentaje total de viviendas habitadas con acceso al agua potable limpia, con base en la información del censo nacional (INEGI, 2010) se tomaron en cuenta 2 variables; viviendas con agua dentro del hogar y viviendas con agua fuera del hogar. Para el caso de la localidad de Tumbisca los valores son de 36 viviendas con agua dentro del hogar (66.6%) y 18 con agua fuera del hogar (33.3%). Sumando un total de 54 viviendas.

Los anteriores valores fueron transformados a la escala de 0 a 100, dividiéndolo en 2 categorías, considerando a las viviendas con agua dentro de la vivienda con valor de 100 y a las viviendas que no tienen agua dentro de su terreno con valor de 50. Por lo tanto se obtuvo lo siguiente:

Agua dentro de la vivienda =  $36/54 = 66.6\%$  del total de viviendas = 66.6

Agua fuera de la vivienda =  $18/54 = 33.3\%$  del total de viviendas = 33.3

Ambos indicadores, después de multiplicarse por el valor que tienen en el índice, se suman y posteriormente se dividen entre 100, que es valor máximo del índice, para obtener así el valor del sub componente A1.- Hogares con acceso al agua potable limpia.

$$\begin{aligned} \mathbf{A1} &= \frac{((66.6*100) + (33.3*50))}{100} \\ &= \frac{6660+1665}{100} \\ &= \frac{8325}{100} = \mathbf{83.25} \end{aligned}$$

### 2.2.2.- Subcomponente “A2”: Hogares por fuente:

La información para este indicador se obtuvo de las 18 encuestas realizadas a nivel hogar, dónde se preguntaba a los encuestados el nombre de la fuente de abasto en su hogar, también si comparten el acceso y uso de la misma con otros hogares; si la respuesta era afirmativa debían mencionar la cantidad de hogares y preferentemente el nombre de las familias con las que comparten el acceso a la fuente. Posteriormente se determinó la cantidad de hogares por fuente, en cada encuesta, de tal modo que se obtuvieron 18 datos que fueron clasificados en función de los valores mínimos y máximos observados:

	<b>Rangos</b>				
	<i>Peor situación</i>				<i>Mejor situación</i>
Valores en el IPA+	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
Hogares por fuente	8 o más	6 a 7	4 a 5	2 a 3	Sin compartir
Resultados de las encuestas	1	4	4	7	2
N (total de encuestas)= 1 + 4 + 4 + 7 + 2 = 18.					

El valor para el subcomponente **A2. Hogares por fuente**, se puede calcular multiplicando los resultados de las encuestas por su valor correspondiente en el IPA+, y dividiendo el resultado de la anterior multiplicación entre el total de encuestas (18). Se expresa de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 A2 &= \frac{((1*0) + (4*25) + (4*50) + (7*75) + (2*100))}{18} \\
 &= \frac{(100 + 200 + 525 + 200)}{18} = \frac{1025}{18} = \mathbf{56.94}
 \end{aligned}$$

Nota: Hay que recordar que los valores obtenidos en las encuestas son una estimación, basada en una muestra, hay que admitir que se desconoce la cantidad real de hogares por cada una de las fuentes que abastecen la localidad de Tumbisca.

### 2.2.3.- Subcomponente “A3”: Ausencia de conflictos por acceso al agua.

Igual que el indicador anterior para este caso la información se obtuvo de la encuesta aplicada en 18 hogares. Se preguntaba a los encuestados si han tenido conflictos por el acceso o uso del agua, con actores internos o externos a la localidad. Del total de encuestas únicamente en 2 se mencionó algún tipo de conflicto, por lo que el valor es de 2/18, equivalente al 11.1%. En este indicador, la mejor condición (que tendría valor de 100 en el IPA+) equivaldría a no tener menciones sobre conflictos, por lo que el valor del indicador es inverso al 11.11%, es decir que en 88.89% de las encuestas no hubo mención sobre conflictos, así que el valor del sub componente es: **A3 = 88.89**

### 2.2.4.- Sub componente “A4”: Acceso a una sanidad adecuada.

La información para obtener este indicador se obtuvo del censo nacional (INEGI, 2010), el cual registró en la localidad de Tumbisca 34 hogares con excusado (considerado como básico para una sanidad mínima) y 32 hogares con algún tipo de drenaje o fosa séptica (aunque el servicio de drenaje y alcantarillado no existe en la localidad). Por lo tanto se toma el valor de 32, que al dividirlo entre 54 hogares totales resulta 59.26%. Entonces al ser un porcentaje, se transforma el valor directamente y podemos afirmar que el valor del sub componente es: **A4 = 59.26**

### 2.2.5.- Valor para el componente Acceso.

El valor para el componente acceso se calcula promediando los valores de sus subcomponentes, representado en la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} A &= \frac{(A1 + A2 + A3 + A4)}{4} \\ &= \frac{(83.25 + 56.94 + 88.89 + 59.26)}{4} = \frac{288.34}{4} \\ &= 72.09 \end{aligned}$$

## 2.3.- Componente Capacidad.

### 2.3.1- Subcomponente C1: Herramientas de trabajo propias.

El valor para este indicador se obtuvo de las 18 encuestas realizadas a nivel hogar. Se preguntaba a los encuestados si poseen herramientas de trabajo propias. En total se obtuvieron 17 datos (Una encuestada no tuvo herramientas propias, pero se excluyó de los resultados, ya que su fuente de ingresos es su trabajo en el sector servicios, específicamente una tienda de abarrotes en la localidad), que fueron categorizados en función de los valores mínimos y máximos observados. Los cuales se representan de la siguiente forma:

	Rangos				
	Peor situación.				Mejor situación
Valores en el IPA+	0	25	50	75	100
Número de herramientas propias	Sin herramientas	1	2 a 4	5 a 7	8 o más
Resultados de las encuestas	1	1	5	4	6
N (Total de encuestas) = 1+ 1 + 5 + 4 + 6 = 17					

El valor para el subcomponente **C1.- Herramientas de trabajo propias**, se puede calcular multiplicando los resultados de las encuestas por su valor correspondiente en el IPA+, dividiendo el resultado de la anterior multiplicación entre el total de encuestas (17). Se expresa de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 C1 &= \frac{((1*0) + (1*25) + (5*50) + (4*75) + (6*100))}{17} \\
 &= \frac{(25 + 250 + 300 + 600)}{17} = \frac{1175}{17} = \mathbf{69.12}
 \end{aligned}$$



### **2.3.2.- Subcomponente C2: Hogares con apoyos económicos.**

Los datos para este indicador, se obtuvieron de las 18 encuestas aplicadas a nivel hogar, donde se preguntaba a los entrevistados si contaban con algún tipo de apoyo gubernamental, financiamiento, pensión u otros tipos de apoyos financieros, monetarios o en especie. 14 de 18 encuestados, contestaron afirmativamente, por lo cual podemos decir que 77.78% de los hogares cuentan con algún tipo de apoyo de los mencionados anteriormente. Este indicador se traduce de forma directa, por lo que el valor para el sub componente **C2 = 77.78**

### **2.3.3.- Subcomponente C3: Organización sobre manejo del Agua.**

Los datos para este subcomponente se obtuvieron de las 18 encuestas aplicadas a nivel hogar. Donde se preguntaba a los encuestados, sobre si existen formas de organización interna para tratar los asuntos relacionados al agua y su manejo. Se expresa como el porcentaje de menciones afirmativas sobre la existencia de organización, misma que ocurrió en 6 del total de encuestas, lo que representa  $6/18 = 33.33\%$ , por lo que podemos afirmar que el valor del sub componente **C3 = 33.33**

### **2.3.4.- Subcomponente C4: Enfermedades a causa de mala calidad en el Agua.**

Los datos para este subcomponente son el único caso donde se retomó la información de la encuesta piloto realizada entre 2013 y 2014, misma que fue aplicada en 36 de los 54 hogares totales. Se preguntaba a los encuestados sobre incidencias de enfermedades gastrointestinales o de algún otro tipo, causadas por la ingesta de agua con calidad inadecuada.

Siendo que únicamente en una de las 36 encuestas se respondió afirmativamente, el valor máximo para el IPA+ (100) correspondería a que no existieran menciones sobre enfermedades causadas por consumir agua de mala calidad, mientras que el valor mínimo (0) sería que todos los hogares hayan tenido problemas de salud por mala calidad en el

agua. Por lo tanto, podemos afirmar que en 35/36 hogares no hubo menciones sobre enfermedades causadas por ingerir agua con mala calidad. Lo anterior representa un 97.22% de hogares en la muestra, por lo que el valor para el sub componente **C4 = 97.22**

### **2.3.5.- Subcomponente C5: Alfabetización.**

Los valores para obtener este subcomponente fueron tomados del censo nacional (INEGI, 2010), el cual reporta que en ese momento vivían 145 personas mayores de 15 años, en la localidad de Tumbisca, de las cuales 34 no sabían leer o escribir, mientras que las 111 restantes sí, mismas que representan 111/145, lo que equivale a 76.65% en ese grupo de edad, por lo tanto podemos afirmar que el valor para el componente **C5 = 76.65**.

### **2.3.6.- Subcomponente C6: Escolaridad.**

Los valores para obtener este subcomponente fueron tomados del censo nacional (INEGI, 2010), el cual reporta que en ese momento vivían 145 personas mayores de 15 años en la localidad de Tumbisca, de las cuales 36 tenían primaria completa, mismas que representan 36/145, lo que equivale a 24.83% en ese grupo de edad, por lo tanto podemos afirmar que el valor para el componente **C6 = 24.83**

### **2.3.7.- Valor para el componente Capacidad.**

El valor para el componente Capacidad, se calcula promediando los valores de sus sub componentes, representado en la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} C &= \frac{(C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6)}{6} \\ &= \frac{(69.12 + 77.78 + 33.33 + 97.22 + 76.65 + 24.83)}{6} = \frac{378.93}{6} \\ &= 63.15 \end{aligned}$$

## **2.4.- Componente Uso.**

### **2.4.1.- Subcomponente U1: Uso agrícola del agua.**

La información para este subcomponente se obtuvo de las 18 encuestas aplicadas a nivel hogar en la localidad de Tumbisca, donde se preguntaba a los encuestados, sobre si su familia inmediata (hogar) cuenta con alguna parcela con riego agrícola, así como un estimado de la superficie regada. En 8 de 18 encuestas la respuesta fue afirmativa, lo que equivale a 44.44% del total, por lo tanto el valor del sub componente **U1 = 44.44**

### **2.4.2.- Subcomponente U2: Uso pecuario del agua.**

La información para este subcomponente se obtuvo de las 18 encuestas aplicadas a nivel hogar en la localidad de Tumbisca, donde se preguntaba a los encuestados, sobre si su familia inmediata (hogar) cuenta con algún tipo de ganado (Bovino, porcino, avícola, etc.). En 17 de 18 encuestas la respuesta fue afirmativa, lo que equivale a 94.44% del total, por lo tanto el valor del sub componente **U2 = 94.44**

### **2.4.3.- Valor para el componente Uso.**

El valor final para el componente Uso, se calcula promediando los valores de sus sub componentes, representado en la siguiente expresión:

$$U = \frac{(U1 + U2)}{2} = \frac{(44.44 + 94.44)}{2} = \frac{138.88}{2} = 69.44$$

## 2.5.- Componente Ambiente.

### 2.5.1.- Subcomponente E1: Uso de recursos naturales.

La información para este subcomponente se obtuvo de las 18 encuestas aplicadas a nivel hogar en la localidad de Tumbisca, donde se preguntaba a los encuestados sobre si en su hogar hacen uso de recursos naturales provenientes del monte o bosque; la leña, madera y tierra fueron las respuestas principales. Los datos se categorizaron en función de los valores mínimos y máximos observados, para poderlos transformar a la escala de 0 a 100, utilizada en el IPA+.

	<b>Rangos</b>				
	<i>Peor situación</i>				<i>Mejor situación</i>
Valor en el IPA	0	25	50	75	100
Número de recursos naturales aprovechados	Ninguno	1	2	3	4 o más
Resultados	0	3	7	6	2
N (Total de encuestas) = 0 + 3 + 7 + 6 + 2 = 18					

El valor para el subcomponente **E1.- Uso de recursos naturales**, puede calcularse multiplicando los resultados de las encuestas, por su valor correspondiente en el IPA+, dividiendo el resultado de la anterior multiplicación, entre el total de encuestas (18). Se expresa de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 E1 &= \frac{((0*0) + (3*25) + (7*50) + (6*75) + (2*100))}{18} \\
 &= \frac{((75) + (350) + (450) + (200))}{18} = \frac{1075}{18} = \mathbf{59.72}
 \end{aligned}$$

### 2.5.2.- Sub componente E2: Pérdida de cultivos.

La información para este subcomponente se obtuvo de las 18 encuestas aplicadas a nivel hogar en la localidad de Tumbisca, donde se preguntaba a los encuestados sobre la incidencia de pérdida de cultivos en los últimos ciclos agrícolas, así como las causas; 2 encuestas fueron descartadas, pues los encuestados hace tiempo que ya no siembran. En 14 de 16 encuestas se reportaron pérdidas de cultivos, lo cual representa 87.50% del total, mientras que solo en 2 de 16 no se reportaron pérdidas, lo cual representa 12.50% del total. El valor máximo para el IPA+ (100) se tendría al no existir reportes sobre pérdidas de cultivos, situación que ocurre únicamente en el 12.50% de las encuestas, por lo tanto el valor para el subcomponente **E2 = 12.50**.

### 2.5.3.- Subcomponente E3: Potencial de erosión hídrica.

La información para este subcomponente se obtuvo del informe final del OTC de Tumbisca (Cieco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008). El cual reporta los potenciales de erosión hídrica del suelo a nivel ejido, dividiéndolo en categorías según el grado potencial de erosión. Se distribuyen de la siguiente forma:

	<b>Rangos</b>				
	<i>Peor situación</i>				<i>Mejor situación</i>
Potencial de erosión hídrica.	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Inexistente
Porcentaje de superficie del territorio.	4.21	62.69	29.36	3.73	0

Las categorías fueron transformadas a la escala de 0 a 100 utilizada en el IPA+, resultando de la siguiente forma.

	<b>Rangos</b>				
	<i>Peor situación</i>				<i>Mejor situación</i>
Valor en el IPA+	0	25	50	75	100
Potencial de erosión hídrica.	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Inexistente
Porcentaje de superficie del territorio.	4.21	62.69	29.36	3.73	0

El valor del sub componente E3, puede obtenerse con el resultado de multiplicar cada valor de los porcentajes del territorio, por su valor correspondiente en el IPA+, se suman los productos y se dividen entre 100. Lo anterior se expresa de la siguiente forma: **E3 =** 
$$\frac{((4.21 * 0) + (62.69 * 25) + (29.36 * 50) + (3.73 * 75) + (0 * 100))}{100}$$

$$= \frac{(1567.25 + 1468 + 279.75)}{100} = \frac{3315}{100} = \mathbf{33.15}$$

#### **2.5.4.- Subcomponente E4: Cobertura forestal.**

La información para obtener el sub componente E4 se obtuvo del informe final del OTC de Tumbisca (Cieco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008), se tomó en cuenta el porcentaje de la superficie del territorio ejidal, con alguna cobertura forestal. Se excluyeron las coberturas de vegetación secundaria (cuando es predominante), así como coberturas de agricultura, pastizales, suelos desnudos, asentamientos humanos. Los porcentajes del territorio ejidal con algún tipo de cobertura forestal se distribuyen de la siguiente forma:

Tipo de vegetación	Pino-encino	Pino-encino/Veg. Secundaria.	Encino	Encino/Veg. Secundaria	Bosque de galería y selva baja caducifolia	Total
Porcentaje de superficie del territorio	22.4	11.3	6.6	16.6	1.8	58.7%

El valor del sub componente **E4: Cobertura forestal**, se traduce directamente del porcentaje total en la tabla anterior, obteniendo el siguiente valor: **E4 = 58.70**.

#### **2.5.5.- Valor para el componente Ambiente (Environment).**

El valor para el componente Ambiente se calcula promediando los valores de sus sub componentes, representado en la siguiente expresión:

$$E = \frac{(E1 + E2 + E3 + E4)}{4} = \frac{(59.72 + 12.50 + 33.15 + 58.70)}{4} = \frac{164.07}{4} = 41.01$$

## 2.6.- Valor del Índice sobre Prosperidad de Agua en la localidad de Tumbisca.

El valor para el IPA+ se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{IPA+} = \frac{\mathbf{W_r R + W_a A + W_c C + W_u U + W_e E}}{\mathbf{W_r + W_a + W_c + W_u + W_e}}$$

Dónde: **R**= Componente Recursos. **A**= Componente Acceso. **C**= Componente Capacidad. **U**= Componente Uso. **E**= Componente Ambiente. **W<sub>r</sub>, W<sub>a</sub>, W<sub>c</sub>, W<sub>u</sub>, W<sub>e</sub>** = Peso aplicado a cada uno de los componentes respectivamente.

Para construir el índice en el presente trabajo, se aplicaron pesos equitativos entre los cinco componentes y subcomponentes, es decir que cada componente tiene un valor máximo igual a 20 del total de 100 puntos, por lo tanto es posible afirmar que:

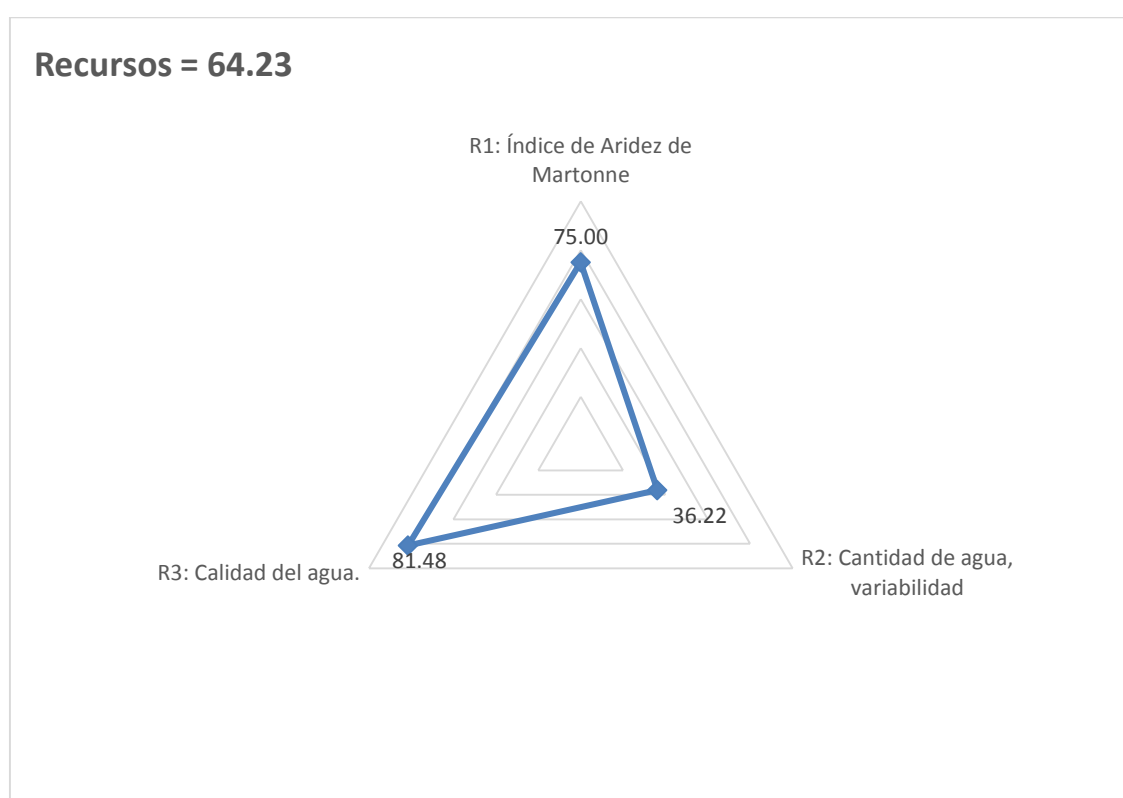
$$\begin{aligned}\text{IPA+} &= \frac{\mathbf{((20 R) + (20 A) + (20 C) + (20 U) + (20 E))}}{\mathbf{(20 + 20 + 20 + 20 + 20)}} \\ &= \frac{\mathbf{((20(64.23)) + (20 (72.09)) + (20(63.14)) + (20(69.44)) + (20(41.02)))}}{\mathbf{(20 + 20 + 20 + 20 + 20)}} \\ &= \frac{\mathbf{(1284.40) + (1441.80) + (1262.80) + (1388) + (820.40)}}{\mathbf{100}} \\ &= \frac{\mathbf{6197.40}}{\mathbf{100}} = \mathbf{61.97}\end{aligned}$$



## 2.7.- Análisis de Datos.

A continuación, se presenta el análisis de datos para cada componente y el índice en su conjunto, apoyado de gráficas radiales, con el fin de comparar y ubicar visualmente cada uno de los indicadores del índice en sus respectivos componentes, señalando el desempeño de los componentes y subcomponentes, con base en los resultados observados.

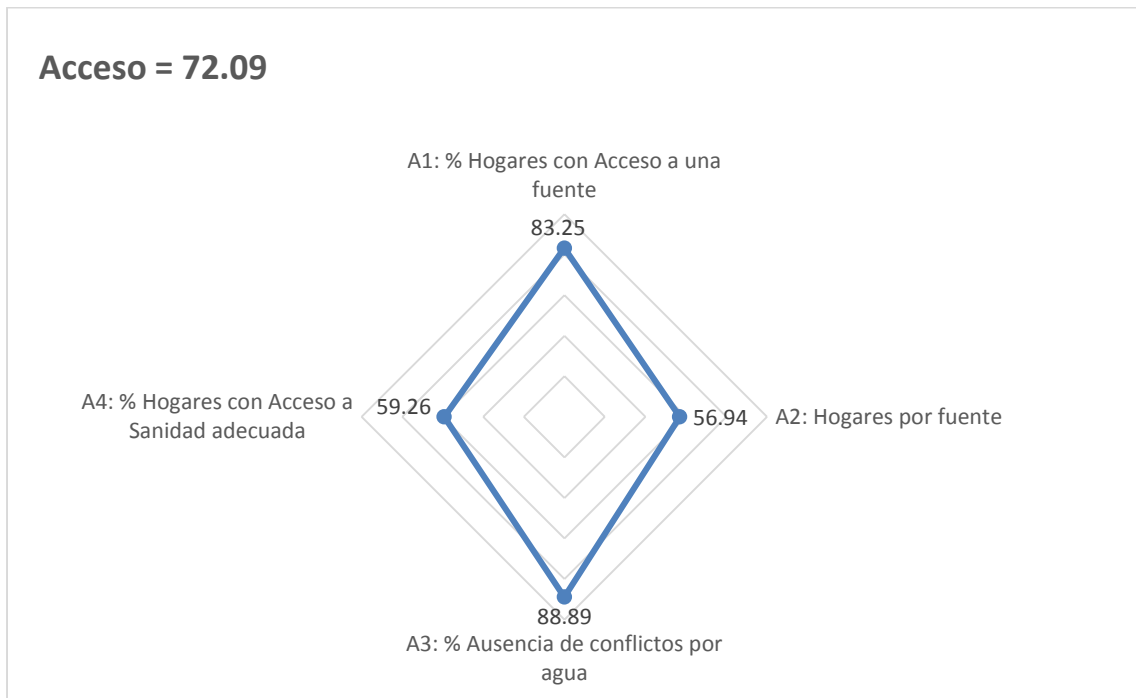
### 2.7.1.- Componente Recursos.



**Grafica 1: “Componente Recursos”, Elaboración propia.**

Es posible observar que la calidad de agua presenta un valor alto, resultado de puntajes altos en el índice de calidad de agua construido con base en los monitoreos bimestrales, en cuanto a la precipitación y temperatura, que dan forma al clima, se presenta un valor intermedio-alto, mientras que la variabilidad en la cantidad de los recursos presenta un valor bajo, debido a la variabilidad en la cantidad de agua medida en los manantiales.

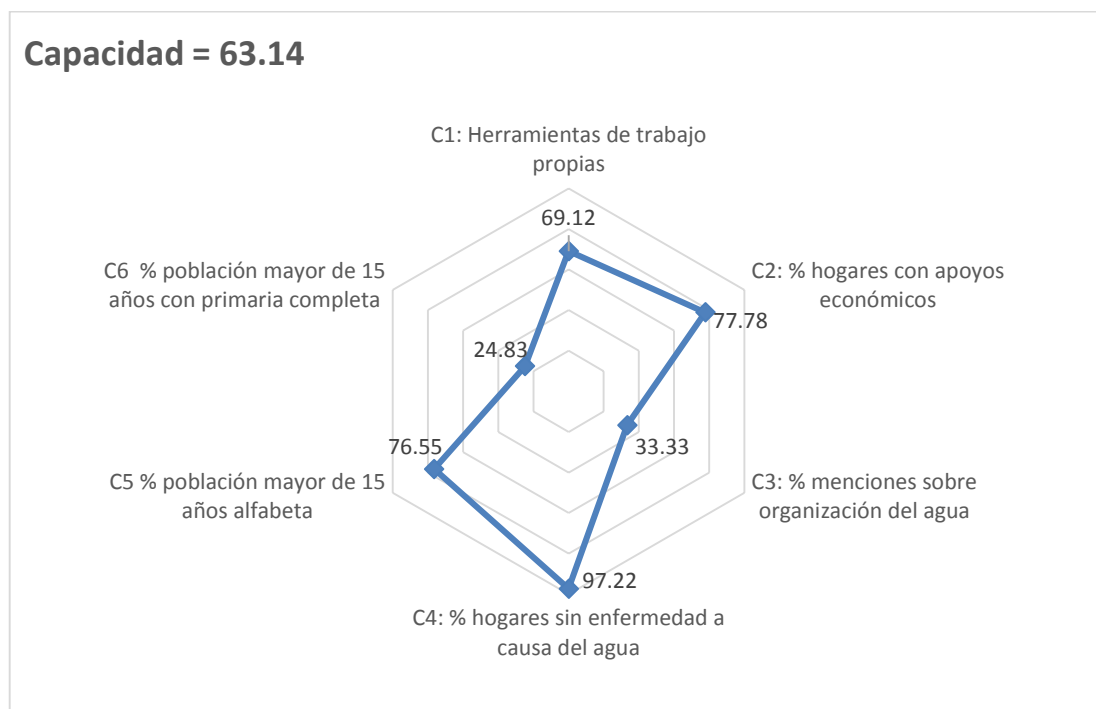
### 2.7.2.- Componente Acceso.



**Grafica 2: “Componente Acceso”, Elaboración propia.**

Es posible observar que la proporción de hogares con acceso a una fuente segura es alta, a su vez el valor de ausencia de conflictos a causa del agua es alto, ya que en 88.99% de los hogares encuestados no se reportó algún conflicto por el acceso al agua, la única causa de conflictos fue el mantenimiento de las mangueras, mismas que transportan el agua desde las fuentes hasta los hogares. Por otro lado, en cuanto al acceso a una sanidad adecuada y la relación de hogares compartiendo una misma fuente, se presentan valores medios (cerca de 50); esto permite identificar que se debe poner atención en mejorar las condiciones de sanidad, incluyendo la adecuada disposición de las aguas residuales, tener sanitarios dignos con condiciones de privacidad y salubridad, así como en mejorar la relación de hogares que comparten una misma fuente, con el fin de evitar sobreexplotación y/o conflictos por el acceso al agua potable con calidad y en cantidad.

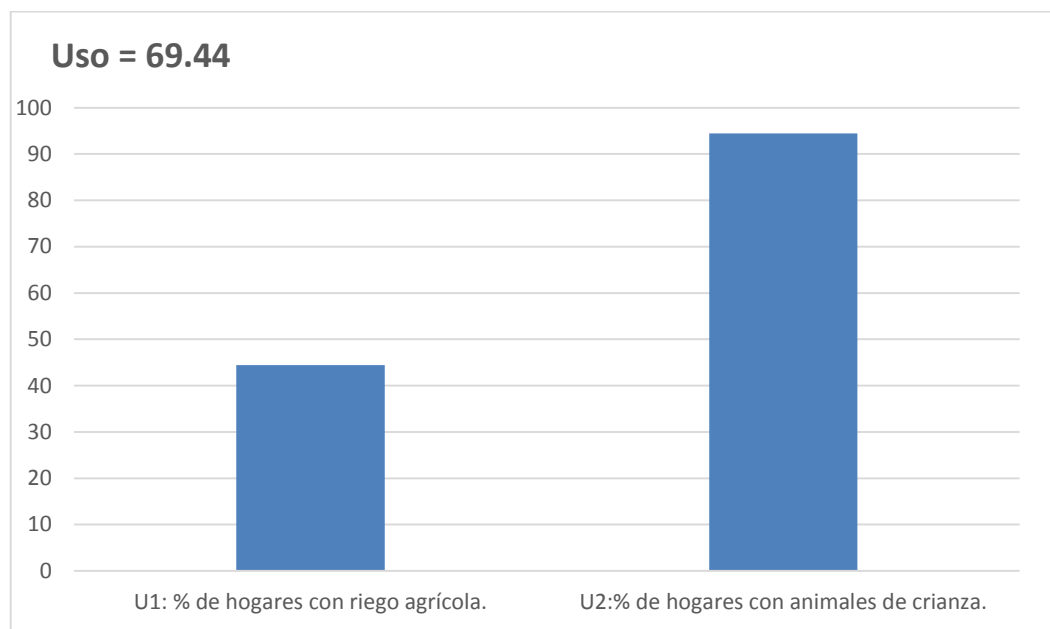
### 2.7.3.- Componente Capacidad.



**Grafica 3: “Componente Capacidad”, Elaboración propia.**

Es posible observar que prácticamente no existen problemas de enfermedades causadas por el consumo de agua con mala calidad, ya que dicho indicador presenta un valor muy alto (97.22). En alfabetización, hogares con apoyos económicos y herramientas de trabajo, se observan valores altos (69.12 a 77.78), aunque se podrían tomar acciones para mejorar en respectivos temas. Mientras que los puntos de mayor atención son la organización interna en aspectos relacionados al manejo del agua (33.33), así como la población mayor de 15 años con primaria completa (24.83), aunque el último aspecto posiblemente mejore con el paso de los años, ya que el servicio educativo básico no se impartía en la localidad hasta el año de 1997, sin embargo se espera que el valor del indicador aumente progresivamente, en medida que los niños y jóvenes cumplan 15 años y sean considerados en los datos del censo nacional del INEGI.

#### 2.7.4.- Componente Uso.

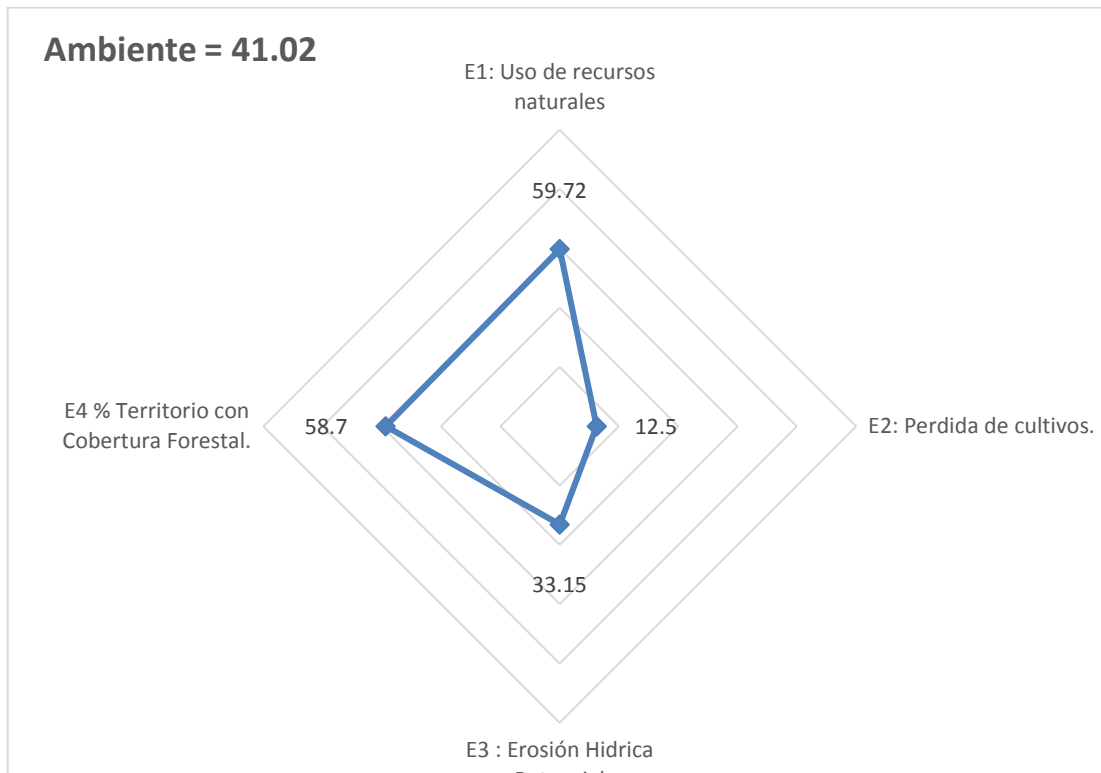


**Grafica 4: “Componente Uso”, Elaboración propia.**

Es posible observar que casi el 100% de hogares tiene algún tipo de ganado, el poder mantener al ganado representa una fuente de alimento o de ingresos para los hogares, aunque no es igual en todos los casos, ya que una menor proporción de los hogares (7 de 18 encuestados) tiene ganado bovino, mismo que demanda un mayor consumo de agua y alimento, pero provee mayores ganancias y producción de alimentos, mientras que en casi todos los hogares (16 de 18 encuestados) se practica la crianza avícola, principalmente gallinas y guajolotes, 11 de 18 hogares reportaron ganado porcino y únicamente 3 de 18 hogares presentaban los 3 tipos de ganado mencionados.

Por otro lado, se observa que menos de la mitad de los hogares cuenta con algún tipo de riego agrícola, esto puede deberse a la falta de terreno con aptitud agrícola para el riego, además falta de infraestructura para el riego, sin embargo se registró la presencia de riego para la producción de Maguey mezcalero (*agave cupreata*), así como invernaderos y hortalizas a pequeña escala en algunos hogares. Aunque sería importante considerar otras opciones en el uso del agua, que puedan ayudar a mejorar las condiciones económicas en la localidad.

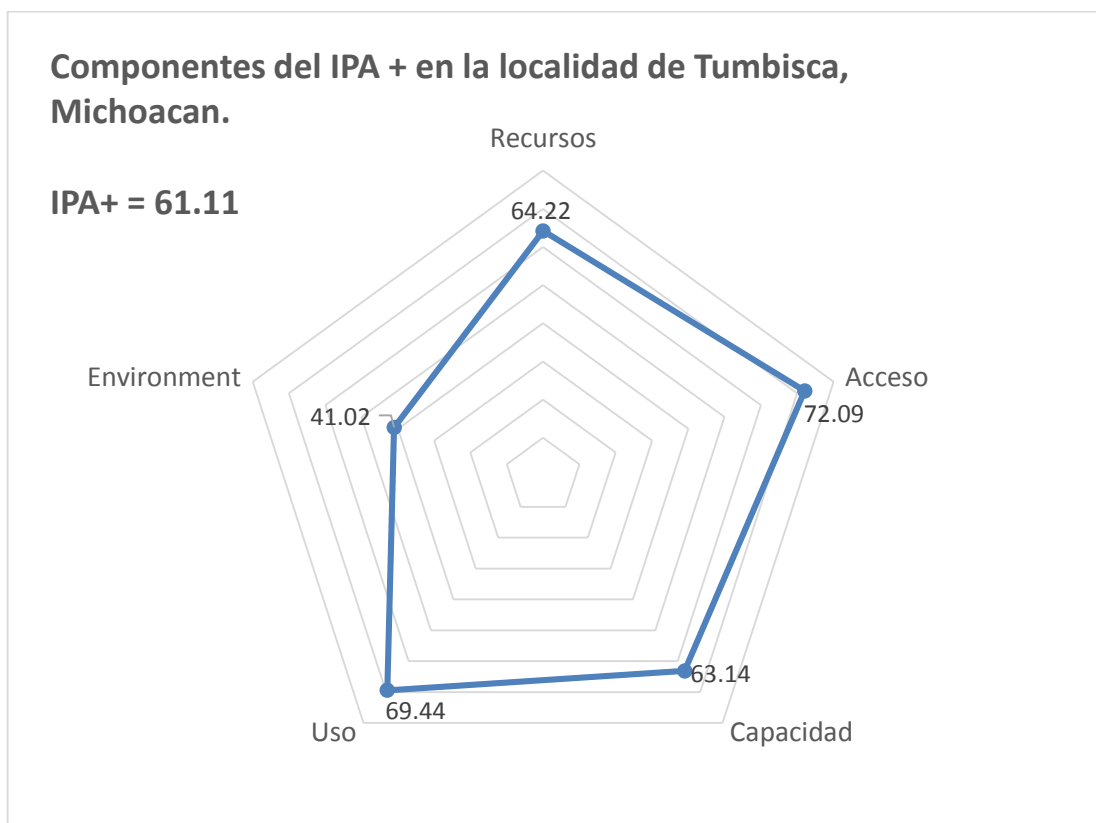
### 2.7.5.- Componente Ambiente.



**Grafica 5: “Componente Ambiente”, Elaboración propia.**

Es posible observar que los indicadores E1 y E4 presentan valores intermedios (59.72 y 58.7 respectivamente), lo cual indica que se pueden hacer mejoras en cuanto a diversificar el aprovechamiento de recursos naturales en los bosques, así como hacer esfuerzos por conservar y de ser posible incrementar el porcentaje del territorio con cobertura forestal. Mientras que el indicador E3 muestra un valor bajo (33.15), por lo que se debe tener atención en proteger los suelos de la localidad, ante la inminente amenaza de la erosión causada por los escurrimientos de agua, especialmente en pendientes escarpadas. El indicador E2 presenta el valor más bajo para este componente, lo cual muestra que existe un gran problema en cuanto a pérdida de cultivos por distintas causas, principalmente variaciones climáticas (sequías, cambios en la precipitación), así como falta de fertilidad e incidencia de plagas.

## 2.7.6.- Índice sobre prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca.



**Grafica 6: “Componentes del IPA+ en la localidad de Tumbisca”, Elaboración propia.**

Es posible observar que el componente Recursos obtuvo un valor intermedio-alto (64.22), aunque 2 de 3 sub componentes obtuvieron valores altos, el valor del componente disminuyó a causa de la alta variabilidad en la cantidad de agua que proveen las fuentes.

El componente acceso obtuvo un puntaje alto (72.09) lo cual indica que existen condiciones adecuadas en el acceso a una fuente segura, sanidad adecuada, así como poca incidencia de conflictos internos.

El componente capacidad obtuvo un valor intermedio (63.14) lo cual indica que es posible mejorar en cuanto a la capacidad de organización para el mantenimiento y administración del agua en la localidad, así como en aspectos sociales y económicos, incluyendo salud y educación.

El componente uso tuvo un valor intermedio-alto (69.44) Lo cual indica que existen las condiciones en cuanto a cantidad de agua para satisfacer la demanda de uso a nivel doméstico, así como los usos agrícola y ganadero. Es necesario buscar otros usos productivos que tengan un beneficio directo para la economía de los hogares y familias en la localidad, ya que una mayor proporción del terreno no es apto para establecer agricultura de riego, tampoco para ganadería extensiva.

El componente ambiente fue el que tuvo el puntaje más bajo (41.02) lo cual se debe principalmente a la alta incidencia en la pérdida de cultivos, así como el porcentaje del terreno vulnerable a la erosión de los suelos. Se debe trabajar más en la conservación de la cobertura forestal e implementación de técnicas para la conservación de suelos, con el fin de evitar pérdida de suelos. También es necesario buscar técnicas y soluciones que permitan disminuir la incidencia de desastres y plagas que afecten a los cultivos, sería conveniente diversificar las formas de aprovechamiento y conservación de los servicios ambientales que los bosques de la comunidad proveen.

El valor total para el índice fue de **61.11**, el cual se ubica en el límite entre intermedio y alto, que en lo general describe una relación positiva entre agua y desarrollo.

## **Tercer Capítulo.- Utilidad del IPA+**

### **3.1.- Discusión**

A continuación se presenta la discusión de la presente investigación, retomando y contrastando la base teórica y el método, respecto a los resultados obtenidos en el presente trabajo, con la finalidad de aportar al conocimiento sobre la aplicación del IPA+ y revisar el estado de los objetivos establecidos en la presente investigación.

#### **3.1.1.- El IPA+ en la localidad de Tumbisca**

La localidad de Tumbisca presenta condiciones favorables en los recursos hídricos, considerando que se tiene información para 3 de las 6 principales fuentes de agua que abastecen la demanda de agua en la localidad, ofertando 2.8 litros por segundo en promedio, lo cual representa un estimado de 273,732.48 metros cúbicos de agua al año (sin tomar en cuenta las otras fuentes de abastecimiento que no fueron muestreadas) suficientes para satisfacer la demanda actual de agua, sin embargo debido a que la mayor cantidad de precipitación se concentra en el verano, las fuentes están expuestas a variaciones en la cantidad de agua que ofertan, además de presentar alta variabilidad respecto a los valores máximos observados, así como respecto a la media aritmética, lo cual representa una vulnerabilidad preocupante. Una corriente con un régimen hidrológico muy variable es poco confiable como fuente abastecedora de agua (Costa Posada et al., 2005). La preocupación es mayor además, si se toma en cuenta el fenómeno de Cambio Climático como fenómeno global, con impacto en el contexto regional y local.

La calidad de agua de las fuentes también es aceptable, puede estar íntimamente relacionado a las condiciones de conservación de los bosques en las partes altas del territorio, los procesos naturales de filtración y purificación del líquido, la ausencia de actividades que deriven en contaminación de las fuentes, así como la protección y cercado de las mismas. Sin embargo es importante que los pobladores no se confíen de esta



situación y continúen realizando trabajos de conservación, reforestación y adecuado manejo forestal, lo cual es primordial para la provisión de agua en cantidad y con calidad, así como para asegurar los ingresos monetarios, debido a que la mayoría de los hogares dependen directamente de la extracción y venta de resina.

El acceso seguro y constante a fuentes de abastecimiento se encuentra en un buen estado, sin embargo es de notar que el sistema por mangueras puede presentar fallas técnicas, las cuales representan un gasto tanto monetario, como de tiempo para su reparación, además de ser un sistema poco sustentable, por desperdiciar agua limpia que es desviada de su cauce natural, por lo cual sería conveniente buscar alternativas para el sistema rural de agua potable, entendiendo que la comunidad ha hecho solicitudes al ayuntamiento de Morelia para construir una red de distribución. El anterior punto es importante, porque si en un futuro se establece ese tipo de sistema, es de considerar dos situaciones al respecto: Que la administración del agua potable podría pasar a ser controlada por instancias municipales (OOAPAS) o bien, tendría que organizarse de forma autónoma por los habitantes de la localidad, capacitándose en la operación y mantenimiento de infraestructura, equipos y maquinaria, necesarias para la distribución constante y segura del agua potable a través de tomas controladas, evitando así las inconveniencias técnicas derivadas de la distribución con mangueras.

La capacidad de mantenerse, desarrollarse y tener una calidad de vida adecuada, pareciera ser estable, a pesar del estado de marginación geográfica, política y económica que existe en Tumbisca, sin embargo es posible observar que en la localidad y el ejido en general aún faltan más opciones de sustento para los jóvenes, es urgente pensar en diversificar las alternativas de desarrollo, de no ser así es probable que se incremente el fenómeno de emigración a núcleos urbanos, por ejemplo Morelia y en otros casos migración a E.U.A, en busca de opciones de estabilidad y solidez en los ingresos monetarios, necesarios para formar un patrimonio y una calidad de vida adecuada.

Otro punto de atención es la débil capacidad de organización y cohesión entre los habitantes de la localidad para resolver los asuntos de interés común, entre ellos el manejo

del agua; desde el punto de vista del investigador fue posible percibir que predomina la visión de desarrollo a nivel familiar o de hogar, por encima de la visión comunitaria, lo cual es entendible ya que cada quien busca el bienestar propio y del núcleo de relaciones sociales más próximo (familiares y amigos), sin embargo esa conducta representa un obstáculo en la búsqueda de implementar el Ordenamiento Territorial Comunitario y lograr los intereses del bien común.

La demanda por el uso doméstico del agua en la localidad de Tumbisca se encuentra cubierta; durante la estancia en campo del investigador, fue posible observar que prácticamente en todos los hogares se tiene la suficiente cantidad de agua para satisfacer las necesidades básicas, lo anterior se sostiene en el hecho de que el agua de las mangueras presenta un flujo constante; no obstante se requiere atención en la situación de las aguas residuales, mismas que contienen jabones, detergentes, residuos orgánicos, inorgánicos y aceites, ya que en su mayoría son vertidas hacia la superficie del suelo sin tratamiento alguno, también es necesario atender el manejo de los residuos sólidos y desperdicios inorgánicos (basura), lo cual en un futuro puede representar una amenaza a la salud de la población, así como a la integridad de los ecosistemas.

Los usos ganadero y agrícola son muy incipientes, ya que aunque se tenga la cantidad de agua, no se tienen las condiciones ambientales (el terreno no es apto) y de infraestructura para desarrollar los anteriores; aun así representan una parte importante tanto en la cultura, como en la economía de la localidad, ejemplos de ello es el uso de agua para producción de mezcal en los alrededores de la localidad, mismo que permite generar ganancias y mantener la cultura de consumir la bebida de forma local, así como la venta de ganado para tener solvencia financiera en alguna emergencia o como fuente alimenticia.

Ambientalmente el territorio que abarca la localidad de Tumbisca se encuentra en una posición crítica, pues aparentemente conserva equilibrio en los ecosistemas, lo cual provee a la comunidad de servicios ambientales fundamentales como el agua de buena calidad y en cantidad, calidad del aire, retención de suelos, diversidad de especies, provisión de recursos (resina, leña, madera, tierra), recreación, belleza escénica, entre otros; sin embargo el

inminente desarrollo urbano de Morelia puede llegar a afectar el estado del ambiente en la localidad. Lo anterior pareciera ser aún muy prematuro de diagnosticar, pero no es descartable que algún desarrollo inmobiliario llegase a los alrededores del acceso a la localidad, ubicado en la parte más alta de la microcuenca; modificando el paisaje, fomentando el desarrollo de infraestructura y construcciones, mismas que pueden llegar a afectar el comportamiento en la infiltración y escurrimiento del agua, afectando a los manantiales y ojos de agua que abastecen la localidad por estar situados en una parte más baja de la cuenca.

Otra situación de primordial atención es el estado de los suelos tanto en su calidad (fertilidad, estructura), como en el riesgo de erosión, por ser fenómenos que afectan a la agricultura junto con la incidencia de plagas, sequías, incendios, granizos y eventos climáticos extremos. Es de resaltar que un alto porcentaje de los hogares presentaron pérdida de cultivos en los últimos ciclos agrícolas, también en el pasado existió el cultivo de hortalizas y árboles frutales en la localidad, mismos que fueron devastados por una plaga (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008) a tal punto que hasta la fecha no se han vuelto a producir frutas, verduras y hortalizas con fines comerciales.

Es responsabilidad tanto de los habitantes de la localidad, como de las instancias gubernamentales y organizaciones que interactúan con el ejido de Tumbisca, seguir e implementar estrategias que permitan la conservación, manejo y restauración de los ecosistemas, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes.

### **3.1.2.- ¿Pobreza o prosperidad de agua?**

Es evidente la relación que existe entre la existencia, acceso, capacidad de aprovechamiento y uso de los recursos hídricos con el desarrollo socioeconómico en un territorio, pero también es conocido que la pobreza tiene causas múltiples, que impiden el adecuado desarrollo de las localidades y de sus habitantes.

La construcción del IPA+ en la localidad de Tumbisca permitió ponderar y comparar distintos aspectos que influyen en la relación entre agua y desarrollo; sin embargo, para dar continuidad a la construcción del conocimiento, es importante comparar los resultados obtenidos en la presente investigación respecto a trabajos similares, con el fin de tener una referencia, teniendo en cuenta que a pesar de estar basados en una misma propuesta metodológica, cada situación y desarrollo del índice varía según el contexto local.

El valor total para el IPA+ en la localidad de Tumbisca fue de **61.13**, por lo que podemos considerar que es un valor intermedio-alto, en referencia a estudios similares; en la *tabla 1* se muestra una comparación de los resultados obtenidos en la aplicación del Índice de pobreza de agua a escala comunitaria en varios países africanos (Sullivan et al., 2003), con respecto a los obtenidos en el presente estudio.

<b>Localidad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Recursos</b>	<b>Acceso</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Uso</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Total</b>
Ethembeni	Rural	50.0	36.6	59.8	41.5	27.7	<b>43.1</b>
KwaLatha	Rural	20.0	17.0	42.1	24.5	28.9	<b>26.5</b>
Nkoaranga	Rural	30.0	39.5	59.4	65.3	69.9	<b>52.8</b>
Samaria	Rural	20.0	20.9	44.7	37.7	56.1	<b>35.9</b>
Agarauda	Rural	20.0	38.3	64.7	74.9	34.2	<b>46.4</b>
Tissawa	Rural	20.0	47.3	52.0	50.0	38.5	<b>41.6</b>
<b>Tumbisca</b>	<b>Rural</b>	59.98	72.09	63.14	69.44	41.02	<b>61.13</b>

*Tabla 1: “Resultados del IPA+ en la localidad de Tumbisca vs localidades africanas”, elaboración propia, tomado de (Sullivan et al., 2003).*

En los componente Recursos y Acceso, Tumbisca obtuvo mejores puntajes que las 6 localidades del estudio, en Capacidad y Uso fue superada por una localidad en ambos casos, para el componente Ambiente hubo 2 localidades con mejores puntajes. Para el valor total del índice, la localidad de Tumbisca obtuvo mejor puntaje respecto al total de localidades.

Comparando con el estudio de la aplicación del IPA a nivel comunitario, podemos afirmar que existe una relación positiva entre los recursos hídricos, el acceso, capacidad de manejo y uso, mismos que le dan a la localidad de Tumbisca el sostén necesario para su vida cotidiana, sin embargo hay rasgos propios de la pobreza que deben ser atendidos, además de existir un potencial en el aprovechamiento del agua, que puede ayudar a mejorar las condiciones de vida en la localidad y poder dejar de ser considerada con marginación alta.

Con base en la anterior comparación, podemos poner en discusión el concepto de pobreza y prosperidad de agua. ¿Acaso son gradientes de un mismo fenómeno? ¿Distintas perspectivas de una misma realidad? ¿En qué aspectos se puede considerar que existe pobreza o prosperidad relacionada al agua y su manejo? ¿En función de los valores numéricos?

Retomando el concepto de pobreza de agua planteado en el primer capítulo del presente trabajo: *“La pobreza de agua es la situación de estrés o escasez de los recursos hídricos (Institucionales, sociales, económicos, políticos y/o de aspectos físicos), que exceden las necesidades individuales básicas de salud, prosperidad y una vida segura...”* (Sternlieb & Laituri, 2010), podemos afirmar que en Tumbisca la situación de estrés o escases de recursos se presenta a nivel institucional, económico y social; ya que físicamente disponen de recursos hídricos en cantidad y con calidad, sin embargo el contexto de la localidad, así como las características socio-económicas de la población, impiden que dichos recursos puedan ser aprovechados en su máximo potencial, si a lo anterior se suman los factores ambientales, como son la pérdida de cobertura forestal, sequías, pérdidas de cultivos, erosión de suelos, incendios; podemos observar la urgencia de trabajar en la conservación de los ecosistemas, así como la necesidad de mejorar los mecanismos de organización y toma de decisiones comunitarias, en relación a la conservación, aprovechamiento y distribución de los recursos y servicios ambientales.

Es importante resaltar que la localidad de Tumbisca al igual que otras poblaciones rurales, se encuentra en un proceso de adaptación al cambio global (climático, económico,

político, cultural) que caracteriza a los tiempos actuales. Es necesario encontrar estrategias que permitan darle sustento al desarrollo de las pequeñas localidades, aprovechando sus características locales y particulares, incorporando conocimientos y técnicas que puedan ser de utilidad, fortaleciendo las capacidades de sus habitantes, permitiendo mantener una estabilidad en medio de la incertidumbre.

Los efectos del cambio global pueden ser visibles en distintos fenómenos, por ejemplo en la pérdida de cultivos y disminución de la producción agrícola, la incidencia de eventos climáticos extremos o en la tendencia a la urbanización y abandono del campo. Son procesos globales que tienen efectos directos en escalas menores, por lo cual mantener una calidad de vida en el contexto de Tumbisca representa un reto en sí mismo. El manejo del agua tiene un papel fundamental, al permitir la existencia cotidiana de la localidad.

## **3.2.- Propuestas.**

### **3.2.1.-Identificación de áreas para atención.**

Con base al desarrollo del IPA+ en la localidad de Tumbisca, en busca de mejorar la relación entre agua y desarrollo, el presente trabajo propone las siguientes áreas de atención:

#### **a) Recursos:**

-Conservación y mantenimiento de las fuentes de agua potable para mantener su calidad.

-Conservación y restauración de la cobertura forestal, para mantener servicios ambientales, especialmente la cantidad de agua.

-Monitoreo periódico de la cantidad y calidad de agua en las fuentes de abastecimiento para conocer su comportamiento temporal.

#### **b) Acceso:**

-Mejorar las condiciones de sanidad e higiene, para evitar la contaminación derivada de la disposición inadecuada de aguas residuales, así como problemas de salubridad.

-Asegurar la adecuada distribución de las fuentes de agua entre los distintos hogares, para evitar desigualdades y conflictos, así como para evitar la futura sobreexplotación de alguna fuente de abastecimiento.

#### **c) Capacidad:**

-Mejorar la capacidad de organización interna respecto al manejo del agua, con el fin de establecer acuerdos claros y duraderos, prevenir y evitar el despojo de los recursos

pertenecientes al ejido y administrar los recursos hídricos de la localidad, de forma que se establezca un manejo sustentable con el paso del tiempo y que la localidad sea capaz de adaptarse a las transformaciones internas y externas conservando un equilibrio (resiliencia).

-Trabajar en conjunto con los docentes que laboran en la localidad en distintos niveles educativos, con el fin de consolidar, reforzar y mantener el servicio educativo en la localidad, de forma permanente y constante, reforzando el derecho de los niños y niñas a una educación de calidad, permanente y gratuita; así como transmitir el respeto y cuidado hacia el ambiente, la vida y entre los humanos.

**d) Uso:**

-Implementar técnicas que permitan incrementar el uso agrícola del agua, ya sea a través de invernaderos, túneles de malla para hortalizas o sistemas de riego, con el fin de elevar la producción agrícola tanto para el autoconsumo, como para su comercio.

-Buscar alternativas de usos productivos, que permitan incrementar los ingresos de los hogares o de la localidad en su conjunto.

**e) Ambiente:**

-Buscar soluciones técnicas al problema con la pérdida de cultivos, por sus diversas causas, así como buscar alternativas en la agricultura, que ayuden a disminuir el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes de origen sintético.

-Trabajar en la conservación de los suelos, así como en la prevención de su erosión.

-Diversificar el aprovechamiento de recursos naturales o buscar alternativas productivas que involucren el manejo forestal, sin poner en riesgo la integridad de los bosques.



-Poner atención al manejo de los residuos sólidos (basura), ya que en muchos casos es vertida a la intemperie, ocasionando contaminación.

-Prevenir la incidencia de incendios forestales.

### **3.2.2.- Recomendaciones generales.**

#### **a) A los ejidatarios y habitantes de Tumbisca:**

Es necesario fomentar y mejorar las formas de organización y cooperación en temas de interés común como es el manejo de los recursos naturales, la atención de las necesidades educativas y de salud, sería interesante poder incluir a quienes no son ejidatarios (avecindados e hijos de ejidatarios) en la toma de decisiones, así como tomar en cuenta a las nuevas y futuras generaciones (jóvenes y niños), entendiendo que aún existen brechas tecnológicas, sociales, políticas y económicas que los separan de la vida urbana, sin embargo tienen la ventaja de ser una localidad donde todos se conocen entre sí, facilitando la funcionalidad de la organización colectiva, es cuestión de poner voluntad y trabajar por el bien común de la localidad y el ejido.

#### **b) A la academia, investigadores y estudiantes:**

La implementación del Ordenamiento Territorial Comunitario es un trabajo largo y de mucha paciencia, que debe involucrar tanto a los habitantes del ejido, las instituciones de gobierno, organizaciones no gubernamentales y la academia. Es entendible el gran esfuerzo que se hace por intentar lograr tan ambiciosos objetivos, sin embargo desde el punto de vista del investigador hace falta más trabajo de vinculación; es imposible lograr atender el desarrollo del OTC sin trabajar más de cerca con los habitantes de las distintas localidades del ejido, por lo cual si se pretende continuar con los proyectos del OTC, hace falta gente que se dedique a coordinar el proceso de implementación, tanto con los habitantes como con las dependencias de gobierno que llegan a hacer trabajos en el ejido de Tumbisca.

Se recomienda continuar con la labor de vinculación y educación ambiental que se ha desarrollado hasta la fecha, así como la implementación de técnicas, tecnologías y procesos que ayuden a mejorar las condiciones ambientales en la localidad y el ejido de Tumbisca, también es importante mantener los procesos de voluntariado, servicio social y tesis, con el fin de seguir reforzando el vínculo entre academia y ejido.

**c) A los docentes que laboran en la localidad:**

Se reconoce la labor diaria que hacen los docentes de educación preescolar, primaria y secundaria en su esfuerzo por mantener una oferta educativa de calidad y gratuita, es admirable la forma en que los docentes cumplen con su deber, a pesar de muchas veces enfrentar obstáculos para mejorar el servicio educativo. Se recomienda continuar con los trabajos que ayudan a mejorar la infraestructura educativa, promover el mantenimiento de la cocina comunitaria, así como los huertos y lombricomposta, resultado de la vinculación entre la UNAM y la Secundaria.

Es importante reforzar el proyecto de tele-bachillerato, con el fin de abrir las puertas a los jóvenes de la localidad y sus alrededores al nivel educativo superior, ya que al concluir su bachillerato pueden aspirar a ingresar en alguna universidad.

Es primordial sembrar la semilla del respeto y cuidado por la naturaleza así como el ambiente donde se habita, las niñas y niños de la localidad son la esperanza de un mejor futuro.

**d) A las instancias de gobierno en sus distintos niveles:**

Es importante que los tres niveles de gobierno (Federal, Estatal y Municipal) encuentren mecanismos de coordinación, implementando políticas gubernamentales que atiendan las necesidades inmediatas y a mediano plazo de las pequeñas localidades. En el caso de Tumbisca sería conveniente considerar el poder brindar servicios básicos de salud, así

como de agua potable, de forma transparente y en coordinación con los habitantes de la localidad y sus autoridades.

Las localidades rurales en México son vitales para la conservación y manejo de los ecosistemas con los recursos y servicios que proveen, así como en la producción agropecuaria y el aprovechamiento forestal. No se trata de que el gobierno resuelva todos los problemas, pero sí de entender que cada contexto local es específico, por lo cual requiere atención a un nivel directo, hace falta trabajo comunitario que pueda ayudar a la toma de decisiones por parte de los funcionarios del gobierno en sus distintos niveles y dependencias.

### **3.3.- Perspectivas Finales.**

#### **3.3.1.- Objetivos planteados vs resultados obtenidos.**

##### ***Objetivos.***

***General:*** - *Identificar de forma general la situación actual sobre la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca*

En general se pudo describir la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca, ubicando el estado físico de los recursos hídricos, el acceso que se tiene a ellos, la capacidad de mantener en funcionamiento el sistema, así como de tener una calidad de vida aceptable, así como los usos en general que se le dan al agua y el estado actual del ambiente.

Con ayuda de los distintos indicadores, se pudo identificar la situación actual sobre la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca, además la observación participante que el investigador implementó en campo permitió un acercamiento y verificación de los supuestos que los datos describen, ayudando a contrastar la información existente con la realidad en campo.

##### **Particulares:**

*-Construir el Índice sobre Prosperidad de Agua en la localidad de Tumbisca, utilizando información actual y local.*

Se logró construir el IPA+ en la localidad de Tumbisca, siguiendo la metodología propuesta en los trabajos previos que abordan la construcción del IPA e IPA+. La información utilizada es actual, siendo el OTC la fuente más antigua (2007), seguida de Censo nacional del INEGI (2010), así como las encuestas de elaboración propia (2014-

2015), en ningún caso excedió los 10 años de antigüedad. La resolución de los datos fue precisa, únicamente en el caso de los datos sobre precipitación, se utilizó información interpolada de estaciones meteorológicas cercanas, el resto de la información en las bases de datos fue a nivel ejido y localidad.

*-Identificar los temas prioritarios de mejora en la relación entre agua y desarrollo, con base en los resultados del Índice.*

Con el análisis y discusión de los resultados, se pudieron identificar los temas prioritarios para mejorar la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca, permitiendo hacer observaciones y propuestas concretas.

*-Proporcionar información útil para la toma de decisiones relacionadas al manejo del agua y en la mejora de la relación entre agua y desarrollo en la comunidad de Tumbisca.*

La utilidad de la información resultante de la aplicación del IPA+ en la localidad de Tumbisca dependerá de la retroalimentación que se haga con la localidad, ya que finalmente son los pobladores locales quienes en su vida cotidiana son los tomadores de decisiones sobre el territorio y el manejo de sus recursos.

Ubicando las carencias y omisiones del presente estudio, es importante mencionar que desde la perspectiva del investigador, se falló en la premisa de construir el índice de prosperidad de agua con ayuda de la comunidad, ya que a pesar de haber obtenido información local y de primera mano, la elección de indicadores, revisión, recopilación y organización de datos, así como la construcción del índice, fueron realizadas por el autor del trabajo, fallando en lograr por completo la propuesta metodológica (Wilk & Jonsson, 2013), (Jonsson & Wilk, 2014) que distingue al IPA+ del IPA, citando al punto 1.2.3 del presente trabajo: “... *Se distingue en que debe incluir indicadores relevantes para la gente local, que definan la situación en relación al agua desde el sentir de la comunidad, basarse en diferentes tipos de datos provenientes de fuentes variadas y enfatiza los aspectos positivos dando una idea de prosperidad y no de pobreza. Su meta es que los asuntos*

*relacionados al manejo del agua sean tratados participativamente...*”. Aun así se logró utilizar datos provenientes de fuentes variadas, para incluir la perspectiva de los habitantes de la localidad, sería conveniente hacer retroalimentación sobre el presente trabajo, utilizando el taller grupal como técnica.

Para futuros trabajos en el tema, sería interesante poder medir la tasa de consumo doméstico en los hogares, continuar con los monitoreos de calidad y cantidad de agua en las fuentes de abasto, así como desarrollar el índice en otras localidades con contextos diferentes, con el fin de comparar y contrastar resultados, así como ampliar el tamaño de las muestras y hacer análisis estadísticos de los datos, para darle mayor solidez a la construcción del índice.

### **3.3.2.-Conclusiones.**

-La localidad de Tumbisca presenta una condición aceptable en la relación entre agua y desarrollo.

-Es posible construir el Índice de Pobreza de Agua a escala local, utilizando información existente, confiable y actual, complementando con información obtenida en campo, sin embargo para poder construir el Índice de Prosperidad de Agua, hace falta involucrar desde el principio y de lleno a los habitantes del territorio a estudiar.

-Para darle utilidad a la información resultante de los índices de pobreza o prosperidad de agua, se necesita de la voluntad conjunta de las autoridades y habitantes locales, instituciones gubernamentales, así como de académicos y organizaciones no gubernamentales vinculadas a los proyectos de desarrollo comunitario.

-Los índices pueden dar un panorama general sobre la realidad y su funcionamiento, simplificando la complejidad, por lo que su uso debe ser con precaución y cautela, ya que no representan verdades absolutas.

### **3.3.3.- El proceso de investigación y el papel de los científicos ambientales.**

Los fenómenos ambientales involucran procesos de distintas naturalezas (física, química, biología, social, económica, política), las cuales se podría pensar que son independientes, sin embargo se encuentran en permanente interacción y transformación. Es evidente que poder abordar por completo dichos temas resulta complicado e ingenuo, el desarrollo de herramientas metodológicas como el IPA+ utilizado en la presente investigación, puede ayudar a aterrizar los conceptos que buscan dar entendimiento de la interacción entre las sociedades humanas y su entorno (ambiente).

Aún falta trabajar más para poder elaborar estrategias coherentes, realistas y funcionales, las cuales ayuden a mejorar la problemática global y local que manifiesta la crisis ambiental en la cual vive actualmente la humanidad. Desde el punto de vista del investigador, el papel de los científicos ambientales debe ser el de continuar preparándose, experimentando y aplicando conocimiento, sin perder de vista la limitada capacidad de acción que existe, mas siempre buscando alternativas para mejorar el entorno, trabajando de cerca con todos los sectores de la sociedad.

El mayor aprendizaje que el investigador encontró del presente trabajo fue el poder compartir la cotidianidad de una realidad ajena a la suya, más allá de las plataformas metodológicas desde la cuales se aborda un tema, lo importante es el intercambio de conocimiento, la reflexión y autocrítica, así como una sólida ética profesional.

La humanidad se enfrenta ante el gran reto de conservar el patrimonio natural del planeta, distribuir de mejor forma las riquezas resultantes de la explotación y transformación de los servicios ambientales y recursos naturales, encontrar solución pacífica a las diferencias culturales, políticas y económicas que dividen a la gente, así como evitar el colapso de la civilización contemporánea. Por lo tanto los científicos ambientales tienen la responsabilidad de seguir generando conocimiento que ayude a construir “puentes” entre los sectores de la sociedad, en busca de alternativas viables que permitan sortear la magnitud de semejante reto.

## Referencias y trabajos citados.

- Abraham et al. (2006). *Utilización del Índice de Pobreza Hídrica como herramienta del ordenamiento territorial en zonas áridas. Mendoza (Argentina)*. Mendoza, Argentina.: IADIZA - CONICET.
- Anguita Casas et al. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos. *Atención Primaria*, 31(8), 527-538.
- Avalos, C. (2009). Lo bueno y lo malo: El polémico uso de agroquímicos. *Generación*(134), 10-15.
- Awojobi, O. N. (Septiembre de 2014). Water Poverty Index: An Apparatus for Integrated Water Management in Nigeria. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 8(2), pp. 591-599.
- Bala, et al. (17 de Abril de 2007). Combined climate and carbon-cycle effects of large scale deforestation. (P. Vitousek, Ed.) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(16), 6550-6555. Obtenido de <http://www.pnas.org/content/104/16/6550.full.pdf>
- Barkin, D. (1998). La producción de agua en México: Aportación campesina al desarrollo Mexicano. *Cuadernos de desarrollo Rural num.40*, 17-27.
- Bourguignon, F., & Ckavrarty, S. J. (2003). The Measurement of Multidimensional Poverty. *The Journal of Economic Inequality*, 25-49. doi:10.1023/A:1023913831342
- CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C. (2008). *Ordenamiento territorial del ejido de tumbisca*. Morelia, Michoacan.
- CNN México. (28 de Agosto de 2014). *Página oficial de Cable News Network, México*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2015, de <http://mexico.cnn.com/nacional/2014/08/28/derrame-en-el-rio-sonora-lo-que-sabemos-y-lo-que-no-sobre-el-caso>
- CONAGUA. (2012). *Sitio oficial del Consejo Nacional del Agua*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2015, de Atlas digital del agua.: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo09.html>
- Costa Posada et al. (Noviembre de 2005). El índice de escasez de agua ¿Un indicador de crisis ó una alera para orientar la gestión del recurso hídrico? *Revista de Ingeniería*(22), 105.
- Cullis, J., & O'Regan, D. (2003). Targeting the water-poor through water poverty mapping. *Water Policy*, 6 (2004), 397-411.
- De la Torre, J. A. (2013). *Percepción de la degradación del paisaje en Tumbisa, Morelia : un análisis del conocimiento tradicional y científico*. Morelia: Universidad Nacional Autónoma de México.



- De la Torre, J. (en proceso). *Oferta hídrica Potencial en el ejido de Tumbisca*. Posgrado en Geografía, Centro de Investigación en Geografía Ambiental. Morelia: Universidad Nacional Autónoma de México.
- de Martonne, E. (1926). L'indice d'aridité. *Bulletin de l'Association de géographes français.*, 3(9), 3-5.
- DOF. (1 de Diciembre de 1992, 2014). Ley de Aguas Nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16\\_110814.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_110814.pdf)
- DOF. (2014). *Programa Nacional Hídrico 2014-2018*. Secretaría de Gobernación. Ciudad de México.: Diario Oficial de la Federación Mexicana. Obtenido de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5339732&fecha=08/04/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5339732&fecha=08/04/2014)
- Feitelson, E., & Chenoweth, J. (Diciembre de 2002). Water Poverty; Towards a meaningful indicator. *Water Policy*, 263-281.
- FMI. (2001). La pobreza rural en los países en desarrollo; su relación con la política pública. En M. Hasan Khan, *Temas de economía*. (Vol. 26, págs. 1-14). Washington, D.C., E.U.A: Fondo Monetario Internacional.
- Giné Garriga, R., & Pérez Foguet, A. (2008). *Enhancing the water poverty Index: Towards a meaningful indicator*. Open Archives Initiative.
- Giné Garriga, R., & Pérez Foguet, A. (2010). Improved method to calculate a Water Poverty Index at a local scale. *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 136, No. 11., pp. 1287-1298.
- González, D. (2010). *Metodología para valorar índices de vulnerabilidad ante el cambio climático y acciones de compensación en las costas de Tamaulipas.*. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico-Madero., División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller",. Tampico.: Conacyt - Gobierno del Estado de Tamaulipas. Obtenido de <http://cambioclimatico-tamaulipas.org/home/pages/docs/Publicaciones/congreso/MVIV.pdf>
- H. Ayuntamiento municipal de Morelia. (2012). *Plan municipal de desarrollo 2012-2015*. Morelia, Michoacan, México.: Comisión de planeación y desarrollo municipal.
- Heidecke, C. (2006). *Development and evaluation of a Regional Water Poverty Index for Benin*. International Food Policy Research Institute, Environment and production technology division. Washington D.C: IFPRI.
- Herrera Castelazo et al. (2007). Incorporación de la vulnerabilidad a inundaciones al Índice de pobreza del Agua en el municipio de Juárez. *CULCyT*, 4(23), 31-50. Obtenido de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/424/404>

- IHP. (2016). *Water security VIII, theme 3 "Adressing Water Scarcity and Quality"*. (Unesco) Recuperado el 19 de abril de 2016, de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/ihp-viii-water-security/3-water-scarcity-and-quality/>
- INEGI. (2010). *Censo Nacional*. México, D.F.: Instituto Nacional de Geografía y Estadística.
- Infante Romero, H. A., & Ortíz, L. F. (Diciembre de 2008). Ajuste metodológico al índice de escasez de agua propuesto por el IDEAM en el plan de ordenamiento del río Pamplonita, Norte de Santander, Colombia. *11*, 165-173.
- International Water and Sanitation Centre. (2004). *TOP Scalling Rural Water Supply*. Delft, Holanda: IRC.
- Jarüp, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin.*, *68*, 167-182. doi:10.1093/bmb/ldg032
- Jenmali, H., & Matoussi, M. (2013). A multidimensional analysis of water poverty at local scale: application of improved water poverty index for Tunisia. *Water Policy* (15 ), 98–115.
- Jonsson, A., & Wilk, J. (2014). Opening up the water poverty index; Co-Producing Knowledge on the Capacity for Community Water Management Using the Water Prosperity Index. . *Society & Natural Resources: An International Journal.*, *27:3*, 265-280.
- Kommenic et al. (2009). Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: Can one be water poor with high levels of acces? *Physics and Chemistry of the Earth*, 219-224.
- La Extra. (11 de Enero de 2013). *Grupo diario "La extra de Morelia"*. Recuperado el 22 de Agosto de 2015, de <http://laextra.mx/papi-gobierno-tiene-en-el-olvido-a-tumbisca/>
- Lawrence, P., Meig, J., & Sullivan, C. (2002). *The Water Poverty Index: an International Comparison*. Staffordshire, Reino Unido.: Keele Economic research papers.
- López Álvarez et al. (2013). Cálculo del Índice de Pobreza de Agua en Zonas Semiáridas: Caso del Valle de San Luis Potosí. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *4(29)*, 249-260.
- Molle, F., & Mollinga, P. (2003). Water Poverty Indicators: Conceptual problems and Policy Issues. *Water Policy* *5*, 529–544.
- ONU. (2000). *Declaración del Milenio*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas.
- PNUD. (2016). *Metas de desarrollo sostenible*. Nueva York: Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de <http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/sustainable-development-goals/undp-support-to-the-implementation-of-the-2030-agenda/>

- Rijsberman, F. R. (2006). Water Scarcity: Fact or Fiction? *Agricultural Water Management* (80), 5–22.
- Scoones, I. (1998). *Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis*. Brighton: Sustainable Livelihoods Research Programme. Obtenido de <http://mobile.opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/123456789/3390/Wp72.pdf?sequence=1>
- SEDESOL. (2013). *Catálogo nacional de localidades*. Recuperado el 25 de Abril de 2015, de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=160530162>
- Semarnat. (2012). *Situación del medio ambiente en México; Capítulo 6*. . México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales, Gobierno Federal.
- Shiklomanov, I. (1998). *World water resources. a summary of the monograph presented by the International Hydrological Programme*. Milton Keynes, U.K.: Unesco.
- Spring Oswald et al. (2009). *Water resources in Mexico, capítulo 3. "Integrated water Management in Hydrological Basins*. Springer.
- Sternlieb, F., & Laituri, M. (2010). Water, Sanitation, and Hygiene (WASH) Indicators: Measuring Hydrophilanthropic Quality. *Journal of Contemporary Water Research & Education*(145), 51-60.
- Suárez Reyes, C. N. (2013). *Empoderamiento y reapropiación del territorio para el manejo de recursos naturales: un análisis geográfico para la planeación del uso de suelo*. Universidad Nacional Autónoma de México., Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. México, D.F.: Posgrado en geografía.
- Sullivan et al. (2003). The Water Poverty Index: Development and application at the community scale. *Natural Resources Forum Num. 27*, 189-199.
- Sullivan et. al. (Septiembre de 2006). Application of the Water Poverty Index at Different Scales : A cautionary Tale. *Water International*, 412-426.
- Sullivan, C. (Diciembre de 2001). The potential for calculating a meaningful water poverty index. *Water international*, 26(24), 471-480.
- Sullivan, C. (2002). Calculating a Water Poverty Index. *Elsevier, Vol. 30 num. 7*, 1195-1210.
- Sullivan, C. A., & Meigh, J. (2007). Integration of the biophysical and social sciences using an indicator approach: Addressing water problems at different scales. *Water Resources Management*.(21), 111–128.

- Tirel, M. (26 de Septiembre de 2006). Mazahuas y guerrerenses, unidos en defensa de los ríos. *La Jornada*, pág. Suplemento mensual. Recuperado el 21 de Abril de 2016, de <http://www.jornada.unam.mx/2006/09/25/eco-d.html#directora>
- United Nations World Water Assessment Programme. (2015). *World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. París.: Unesco.
- USGS. (05 de Agosto de 2015). *Sitio Oficial en Español de "United States Geology Survey" (Servicio Geológico de los Estados Unidos)*. Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de <http://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>
- Villegas, M. Á. (09 de Septiembre de 2013). . *Sitio web del político Miguel Ángel Villegas*. Recuperado el 22 de Agosto de 2015, de <http://miguelvillegas.mx/noticias/la-comunidad-moreliana-de-tumbisca-recibio-a-funcionarios-y-expuso-necesidades-en-educacion-salud-y-comunicaciones/>
- Westing, A. H. (1986). *Global Resources and International Conflict : Environmental Factors in Strategic Policy and Action*. Nueva York, Estados Unidos de América : Oxford University Press Inc.
- Wilk, J., & Jonsson, A. (2013). From Water Poverty to Water Prosperity- A More participatory tool. *Water Resources Management*,, 695-713.
- World Economic Forum. (21 de Abril de 2016). *Sitio web oficial del Foro Económico Mundial*. Obtenido de <https://www.weforum.org/global-challenges/environment-and-resource-security/projects/global-water-initiative>

## Anexos

### Anexo 1.-Encuesta estructurada aplicada a nivel hogar.

Encuesta auxiliar para obtener el Índice sobre Prosperidad de Agua. Localidad Tumbisca.

Nombre de la familia o encuestado (Opcional)

\_\_\_\_\_ (Ejidatario/Avecindado/Otro.)

Fecha \_\_\_\_\_ Encuestador \_\_\_\_\_

#### -Componente Acceso.

1.- ¿Cuál es el nombre de la fuente donde obtiene el Agua? \_\_\_\_\_

2.- ¿La comparte con Algún otro hogar? No \_\_\_\_\_ Sí \_\_\_\_\_ ¿Con cuáles? \_\_\_\_\_

3.- ¿Ha tenido conflictos con alguien por el acceso al agua? No \_\_\_\_\_ Sí \_\_\_\_\_

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

¿Con que frecuencia? \_\_\_\_\_

#### -Componente Capacidad.

4.- ¿Tiene herramientas de trabajo propias? No \_\_\_\_\_ Sí \_\_\_\_\_ ¿Cuáles y cuantas? \_\_\_\_\_

5.- ¿Recibe apoyos, programas, financiamientos, pensiones o remesas? No \_\_\_\_\_ Sí \_\_\_\_\_

¿De qué tipo? Gubernamental \_\_\_\_\_ Privado \_\_\_\_\_ ONG \_\_\_\_\_

Universidades \_\_\_\_\_ Familiares \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

6.- ¿Existe alguna organización que regule el uso del agua (Faena, comité, grupo)?

No \_\_\_\_\_ Sí \_\_\_\_\_ ¿Usted(es) pertenecen a ella? \_\_\_\_\_

¿Qué tipo de actividades se realizan? \_\_\_\_\_

#### -Componente Uso.

7.- ¿Cuenta con algún tipo de riego agrícola? No \_\_\_\_\_ Sí \_\_\_\_\_ Superficie (ha) \_\_\_\_\_

8.- ¿Tiene ganado o animales de crianza? No \_\_\_\_\_ Sí \_\_\_\_\_ ¿De qué tipo y cuántos?

Bovino \_\_\_\_\_ Porcino \_\_\_\_\_ Ovino \_\_\_\_\_ Caprino \_\_\_\_\_ Avícola \_\_\_\_\_

9.- ¿Hacen algún otro uso del agua que no sea de la casa, agrícola o ganadero? No \_\_\_\_\_

Sí \_\_\_\_\_ ¿Cuál(es) y cuánta agua utilizan

aproximadamente? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.

**-Componente Environment (Ambiente).**

**10.- ¿Qué recursos naturales obtiene del monte y/o bosque? Ninguno\_\_\_\_\_**

<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Frecuencia de recolección</b>

**11.- ¿Ha perdido cultivos en los últimos ciclos agrícolas? No\_\_\_\_\_ Sí\_\_\_\_\_**

Frecuencia\_\_\_\_\_ ¿Causa?\_\_\_\_\_

**Notas y observaciones.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

¡Gracias por su atención y colaboración!

## **Anexo 2.- Diario de Campo.**

**Escrito por: Erick Giovanni Navarro Cárdenas.**

### **Día 1: miércoles 19 de noviembre de 2014**

Llegué a Tumbisca a medio día y acompañé a don José Cruz a ver la preparación de un Micro túnel, para sembrar hortalizas. Por la noche estuvimos platicando con algunos señores. Percibí la sensación de ciertos conflictos internos en la comunidad, especialmente en el tema de la Primaria.

### **Día 2: jueves 20 de noviembre de 2014**

-Entrevista-encuesta con doña “O”.

-Recorrido por el río junto a la entrada; aproximadamente 12 mangueras que parecen ir a la misma fuente, aparentemente “el Calabozo”.

-Entrevista-encuesta con don “A y B”.

### **Día 3: viernes 21 de noviembre de 2014**

He salido a caminar, por lo pronto se me ha dificultado levantar encuestas, siento que es mejor dejar que la gente me vaya ubicando y conociendo, para obtener mejor información.

Observando el paisaje me vinieron a la mente las transiciones entre naturaleza y sociedad; expresadas en la arquitectura, los sonidos, imágenes, aromas y fenómenos que ocurren. A mi parecer Tumbisca conserva un equilibrio, aunque la llegada de las formas contemporáneas de vivir es muy notoria, no es que las tecnologías sean malas, pero pueden inducir a que se pierda tal equilibrio.

### **Día 4: miércoles 26 de noviembre de 2014**

Llegamos temprano a Tumbisca, acompañé a don José a terminar un micro túnel en casa de la familia “V”; en una charla estuvimos platicando sobre la idea de hacer un criadero piscícola en la comunidad, dadas las facilidades que el entorno provee: Agua en abundancia, pendiente en el terreno, materiales de construcción.

Por la tarde realicé encuesta con el Sr. “J. V.” y su esposa. Por la noche tuve una agradable charla con el Sr. “E”. Hablamos sobre muchos temas; comentó sobre cómo estamos acostumbrados a “Rascarnos con nuestras propias uñas” Incluyendo el tema del agua, es decir que cada quién ve por sus propios intereses.

### **Día 5: jueves 27 de noviembre de 2014**

Hoy preparé mi almuerzo y conseguí tortillas en la cocina comunitaria. Por la tarde realicé una encuesta con la Sra. “Ca”, después ayudé a don José a hacer mezcla para las tapas de una cisterna, también jugué fútbol con los chavos del bachillerato. Por la noche acompañé al profesor Nahúm y dos muchachos a una bodega donde trabajan con abejas, fue una experiencia nueva el ver como procesan los panales y la miel.

### **Día 6: viernes 28 de noviembre de 2014**

Un día muy tranquilo, desperté y me puse a limpiar la casa Ejidal donde me dan permiso de dormir. Regresé por la tarde a Morelia con el Prof. Nahúm.

**Día 7: martes 2 de diciembre de 2014**

A las 6:30 a.m. salí rumbo a Tumbisca con Jorge de la Torre y fuimos a monitorear el manantial llamado “los Lampaces”. En la tarde asistí a una charla sobre la plaga de Berroa; un tipo de insecto que afecta a las Abejas, posteriormente me tocó subir agua al tinaco de la casa ejidal, que junto a las escuelas y el templo se alimentan de un aljibe construido por el ayuntamiento de Morelia, el aljibe tiene llave y válvulas.

**Día 8: miércoles 3 de diciembre de 2014**

Hoy me tocó conocer el sur del ejido, fui con Jorge en la camioneta de la UNAM, afortunadamente sí pudimos pasar, aunque con algunos problemas. Muestreamos calidad y cantidad de agua en 3 sitios: “El violín”, “El cuartel” y “El epazote”. En este último nos invitaron un taquito de frijoles. La diferencia climática respecto a las partes altas es notoria, en el espectro “Rural-Urbano”, estas 3 localidades son de lo más rural que he conocido; no hay energía eléctrica, el agua es escasa y cuentan con apenas una primaria atendida por el CONAFE. Fue nutritivo conocer esas otras realidades.

**Día 9: jueves 4 de diciembre de 2014**

Por la mañana fui con Don José a revisar la cisterna aparentemente minada, después estuvimos montando y amarrando las varillas para el micro túnel de la secundaria. Regresamos a Morelia por la tarde.

**Día 10: martes 9 de diciembre de 2014**

Llegué a Tumbisca a medio día, esta vez solo. Entrevisté a doña “E” y revisé su cisterna, al parecer la fuga se compuso, comí en la cocina comunitaria y por la tarde charlé un rato con los Profesores de la secundaria. Después fui a caminar un rato al cerro, por la noche estuve platicando y cantando en la tienda de arriba.

**Día 11: miércoles 10 de diciembre de 2014**

Por la mañana tomé una ducha, a medio día llegaron mis compañeros de la UNAM y acompañé a Jorge a muestrear en “La Tuna”, después fuimos a casa de don “Em” y a casa de don “Er” a ver lo de sus micro túneles, me siento satisfecho de estar aquí, la gente me va ubicando me gustaría venir en enero. Por la noche fui a la tienda y un señor me platicó sobre el manantial de la Tuna y las familias que abastece; necesito investigar más y hacer más encuestas.

**Día 12: jueves 11 de diciembre de 2014**

Fue un día muy tranquilo, técnicamente no hice trabajo. Por la tarde la gente se fue en peregrinación rumbo a Sta. María.

**Día 13: martes 16 de diciembre de 2014**

Llegué a Tumbisca con Jorge, hoy levanté 4 encuestas: Don “Er”, así como las señoras “C”, “T” y “J”. Fue un buen día la gente ya me reconoce, pero me hace falta más trabajo. Por la noche me invitaron a una posada. Esta es mi última noche del año en Tumbisca.



**Día 14: miércoles 28 de enero de 2015**

Hoy regresé a Tumbisca después de más de un mes, temprano llegué con los Profesores y estaba en la localidad don José. Parece ser que vamos a construir una cisterna para la secundaria la próxima semana. Platiqué con don José sobre la falta de voluntad de los habitantes para sacar adelante los proyectos. Es un poco desilusionante ver esa parte de la realidad, pero hay que tenerla en cuenta; a veces siento que mi tesis no tiene utilidad, pero seguro me dejará varias experiencias.

**Día 15: jueves 29 de enero de 2015**

Trabajé con don José armando el túnel para la señora “Ca”, ahí realicé una encuesta con su hermana; “L”. Por la tarde fuimos a ayudar a don “Er” con su túnel. Este día platicamos sobre hacer una cisterna para la secundaria y empezaremos a construirla la próxima semana.

**Día 16: viernes 30 de enero de 2015**

Fui con don José a ayudar a montar el túnel de don “F” y aproveché para hacer encuesta con él. Nos ofrecieron un rico Pozole y por la tarde me regresé a Morelia con el profesor de la Primaria.

**Día 17: martes 3 de febrero de 2015**

Llegué temprano a Tumbisca, comenzamos a construir la cisterna para la secundaria; fue un día de trabajo arduo. Empiezo a entender algunos conflictos de organización, por ejemplo, como en muchos casos la gente ve por su conveniencia y carecen del sentido de comunidad. La UNAM debe estar alerta pues muchas veces se distorsiona el fin del proyecto que es empoderar a la comunidad.

**Día 18: miércoles 4 de febrero de 2015**

Hoy continuamos con el trabajo de la cisterna, fue un poco menos pesado que ayer. Aproveché para hacerle encuesta a don “A. R.”, me siento contento con lo que he aprendido y el servicio a la comunidad a través de la cisterna en la secundaria. Hay gente que pensaba que yo recibo algún pago por lo que hago y les he explicado el motivo de mi estancia en la comunidad.

**Día 19: jueves 5 de febrero de 2015**

Hoy casi concluimos la cisterna de la secundaria, ya tiene techo y para mañana quedará lista. Hoy me tocó menos trabajo físico, pues fueron 3 muchachos de la secundaria a hacer faena, fue agradable. Por hoy no hice encuesta, pero mañana quiero hacer una o dos, posiblemente estoy a la mitad o un poco más de mi trabajo en campo, debo tener en cuenta el tiempo, pues es un factor determinante. Hasta ahora he disfrutado mi estancia en Tumbisca, mas debo ser muy consciente de mi relación con la comunidad y evitar tocar fibras sensibles que detonen conflictos.

En cuanto al agua y su manejo, voy adquiriendo entendimiento del funcionamiento del sistema; la gente maneja el ecosistema que los rodea y si se aumenta la perturbación del mismo, los más afectados serían los habitantes de Tumbisca, la conservación y buen manejo del bosque es fundamental.

**Día 20: viernes 6 de febrero de 2015**

Hoy prácticamente terminamos de construir la cisterna en la secundaria. Aproveché para hacer encuesta con don “Ar. R.”, quien fue a hacer faena. Por la tarde regresamos a Morelia.

**Día 21: martes 10 de febrero de 2015**

Esta vez llegué a Tumbisca por la tarde en la flecha (autobús). Después instalamos el campamento y cenamos con los Profes, técnicamente no hubo trabajo.

**Día 22: miércoles 11 de febrero de 2015**

Hoy comenzamos a montar la cisterna en casa de doña “C”, la UNAM recurrió a mandar un escrito para comprometer a su hijo con el trabajo y vamos bien. Por la tarde llovió y tuvimos que detener el trabajo, estas lluvias son un respiro para el monte y su vida.

**Día 23: jueves 12 de febrero de 2015**

Hoy seguimos trabajando en la cisterna de doña “C”, va avanzando bien. En las comidas ha vuelto a salir el tema sobre la organización interna y el “comodismo”.

**Día 24: viernes 13 de febrero de 2015**

Hoy trabajé hasta el mediodía en la casa de doña “C”. Por la tarde regresé a Morelia.

**Día 25: jueves 19 de febrero de 2015**

Hoy llegué por la mañana a Tumbisca, al ya no haber trabajos de cisterna, mi trabajo se torna más tranquilo. Hoy ayudé a poner una malla en la secundaria, ahí conocí a don “J.V.” y aproveché para hacer encuesta con él, fue una buena encuesta, pues por primera vez salió a mencionar que existía un comité del agua que estaba gestionando lo de la red de agua potable para la localidad, mas por el momento ese asunto está detenido.

**Día 26: viernes 20 de febrero de 2015**

Hoy fui con Jorge a la zona sur del ejido, la idea era que yo anoche me quedara en Tumbisca y hoy Jorge pasara por mí. Pero hubo cambio de planes, nos fuimos vía la escalera y a pesar de que no conocíamos el camino, no hubo mayor inconveniente. Se muestrearon 3 fuente de agua y entregamos material para la futura construcción de cisternas. Esa va a ser una misión muy grande, pero no le entraría así tan fácilmente.

**Día 27: lunes 2 de marzo de 2015**

Hoy fue un día poco productivo, fui a entregar una manguera con don “A.V.” y de paso vi sus micro túneles, también platicué con un don que es papá de un chico de la secundaria y me platicó sobre como siembra maíz y frijol en 2 secciones de una parcela que riegan con unos canales y agua del río. También fui a visitar el manantial del platanal y se me ocurrió recomendar que lo tapen con malla para evitar el exceso de hojarasca y otras materias que incrementan la dureza o alteran el PH del agua.

**Día 28: martes 3 de marzo de 2015**

Hoy ayudé al profe a sembrar cilantro, vimos la cisterna, que ayer le incorporamos un poco más de cal con nopal para sellarla, después vimos la lombricomposta y por la tarde me llevó a conocer la localidad llamada “Peña del agua” y la vinata donde producen mezcal. Platicamos sobre varios proyectos y temas, aunque siento que ya debo ponerme a escribir y tal vez alejarme un poco de Tumbisca, para evitar una saturación teórica y/o conflictos con la gente, debo ser precavido.

**Día 29: martes 23 de junio de 2015**

Hoy regresé a Tumbisca, después de casi 3 meses sin venir. Fue un poco nostálgico, pero necesario. Llegué directamente a ayudar en la construcción de una cisterna, trabajamos muy bien. Vinieron 2 habitantes del Epazote y entre las pláticas cometan que la gente de Tumbisca tiene mucha agua y no le dan uso. Estoy esperando hacer otras 5 encuestas para reforzar mis datos, por ahora todo va saliendo.

**Día 30: miércoles 24 de junio de 2015**

Hoy seguimos con el trabajo de la cisterna de don “E”. También realicé una encuesta con don “A”; volvió a relucir el tema de la falta de organización sobre el manejo del agua, aunque así funcionan como están, ya que toda la población tiene acceso al agua. Por ahora me siento bien, aunque hacen falta más encuestas, ha sido un buen aprendizaje para mí.

**Día 31: jueves 25 de junio de 2015**

Hoy prácticamente terminamos de construir la cisterna de don “E”, también aproveché a realizar una encuesta más. Como a las 5:30 p.m. vino un equipo de la UNAM a hablar sobre los proyectos; reforestación, baños secos, cercado y mantenimiento de manantiales. También me comentaron que Chucho vino a ver con un arquitecto la posibilidad de hacer una línea de distribución para el agua potable.

**Fin.**

**Anexo 3.- Superposición de imágenes de la cuenca Paredones, utilizando el software Google Earth®.**

a) Vista aérea mostrando la ubicación de Tumbisca, los límites ejidales y la cuenca del río paredones, respecto a la ciudad de Morelia.



b) Vista en tercera dimensión, mostrando el relieve y escurrimientos en la cuenca del río paredones, así como la ubicación de la localidad de Tumbisca, Michoacán.





## Anexo Fotográfico.



**Fotografía 1: “Paisaje en Tumbisca, Michoacán”. Fuente: Acervo fotográfico UPLAMAT, UNAM, campus Morelia.**



**Fotografía 2 “Arroyo en Tumbisca, Michoacán”. Fuente: José Cruz.**





**Fotografías 4 y 5 “Caída de agua en Tumbisca, Michoacán”. Es posible observar las mangueras que transportan agua desde los manantiales hasta los hogares. Fuente: Acervo fotográfico UPLAMAT, UNAM, campus Morelia.**



**Fotografía 6 “Preparando Mezcla en equipo”.**





**Fotografía 7 “Construyendo cisterna para la escuela primaria”.**



**Fotografía 8: “Cisterna para 10,000 litros de agua, terminada”. Fuente: José Cruz.**





**Fotografía 9: “Un día nublado en Tumbisca, Michoacán”.**



**Fotografía 10: “Un día soleado en Tumbisca, Michoacán”.**