

¿Cómo se determinan los semiáridos? ¿Y qué sucede con el agua en estos territorios?

EL AGUA COMO HILO CONDUCTOR PARA COMPRENDER LOS CLIMAS

Los climas en que se desarrolla la vida son variados. Conocer bien estas variaciones e identificar en qué tipo de clima se desenvuelven nuestras actividades sociales, económicas, políticas y culturales implica comprender las diferentes dependencias e interdependencias que tenemos con la naturaleza. Las sociedades no se encuentran separadas de sus condiciones climáticas y ambientales. Tampoco las ciudades, ni la producción industrial, ganadera y agrícola que enlazan las dinámicas urbanas, periurbanas, regionales, campesinas y comunitarias mantienen procesos aislados de los ecosistemas que les dan sustento.

Así sea que los sistemas productivos en los que se desarrollan nuestras actividades se complementen con los que se dan en los ámbitos global y nacional, o que solamente se mantengan armando cadenas de complementariedad en las escalas regional o local, el clima que sustenta la participación de los territorios concretos dentro de los circuitos sigue siendo fundamental. Cuando ignoramos el entorno planetario específico en el que vivimos, cometemos diversos errores en el momento de gestionar lo que hemos llamado “recursos naturales”, que en realidad no son recursos sino elementos y procesos vivos que utilizamos, pero que simultáneamente nos delimitan en la medida que reaccionan ante nuestro trato. La relación entre sociedad y naturaleza implica un lazo indisoluble de codependencias y de reacciones mutuas.

En el caso del agua, el hilo conductor que hemos utilizado para acercarnos a lo que sucede, tanto en los municipios de San Juan de los Lagos y Lagos de Moreno como en los Altos Norte de Jalisco, la situación descrita queda de manifiesto. No es lo mismo vivir en territorios con

un clima tropical —en los que las lluvias se manifiestan abundantes prácticamente todo el año y que tiende a altos porcentajes de humedad atmosférica, con cuerpos de agua superficiales y subterráneos muy robustos— a vivir en climas y medioambientes áridos o semiáridos, en que los que las lluvias se concentran en temporales limitados de pocos meses, con menores porcentajes de humedad y con ríos y lagos más vinculados a climas cálidos y aguas subterráneas cuyos sistemas de flujos son propios del desierto.

Basta con la comparación entre las diferentes condiciones climáticas referidas para imaginar la sabiduría y la inteligencia humana que se requiere para comprender la forma en que el medioambiente condiciona las posibilidades de la vida social y natural, el tipo de urbanizaciones, cultivos y producción, cuya multiplicidad y complejidad debe reconocerse al considerar el clima en que se desarrollan. Sobrepasar estos límites implica caer en situaciones de riesgo para la vida.

El hilo conductor de nuestra investigación son las diferentes manifestaciones que adquiere el agua dentro de los climas y contextos sociales específicos en los territorios semiáridos (la lógica de su precipitación, cantidad y calidad de las aguas superficiales y la lógica de sus aguas subterráneas). El presente capítulo se enfoca en describir de manera teórica lo que significa una región semiárida y la forma en que se comporta el agua dentro de ella.

APROXIMACIÓN A LA IMPORTANCIA DE LOS TERRITORIOS SEMIÁRIDOS: MIRADAS MUNDIALES A LA DESERTIFICACIÓN

Las zonas áridas y semiáridas son importantes en el mundo y han sido objeto de estudio científico durante muchas décadas; no obstante, debe considerarse que aún falta actualizar y profundizar acerca de los diferentes peligros, amenazas y riesgos que trae consigo para los territorios semiáridos, por ejemplo, el aumento de la desertificación, con su consecuente impacto sobre el medioambiente y sobre la vida de los seres humanos. Si no se aprende a vivir y, particularmente, a *convivir* con las zonas áridas y semiáridas, millones de personas en el mundo, animales y seres vivos correrán graves riesgos, más de los que ya experimentan:

Dado que las zonas áridas son tan extensas, su biodiversidad y la continuidad de sus ecosistemas son de importancia para el mundo como un todo. La biodiversidad de las zonas áridas es importante también para la adaptación a cambios climáticos futuros. Las zonas áridas son el hogar de un número relativamente alto de especies endémicas: plantas y animales adaptados únicamente a las condiciones variables y extremas de estas áreas, incluyendo hábitats diversos, como los desiertos, los bosques y montes, sabanas y estepas, humedales, charcos, lagos y ríos. Además de proveer una gran proporción de los alimentos mundiales, las zonas áridas han contribuido mucho en la provisión de servicios ecosistémicos, incluyendo productos farmacéuticos y materias primas, así como beneficios culturales y estéticos (ONU, 2011a: 33).

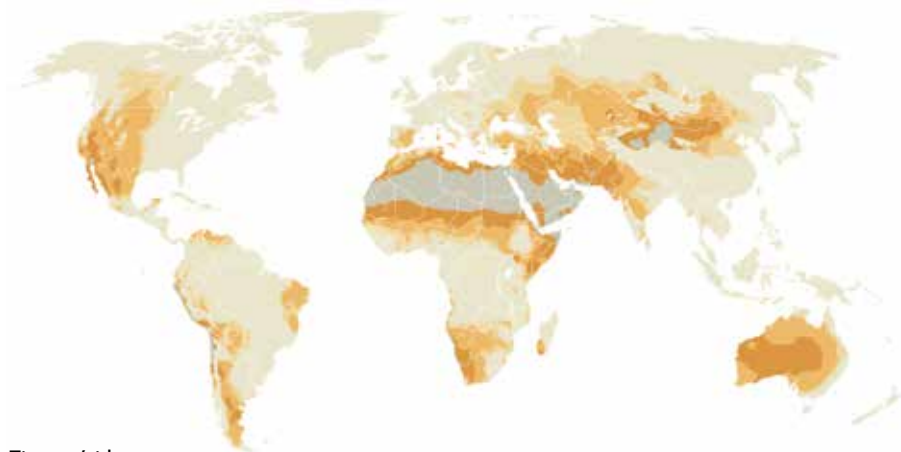
Es importante trabajar para plantear acciones y soluciones ante los retos y desafíos que se presentan en los semiáridos del mundo; lamentablemente, y a pesar del continuo avance en el conocimiento científico sobre las zonas áridas y semiáridas y sus problemas, los graves desafíos identificados décadas atrás se han agudizado de manera acelerada y en gran escala, debido a la interconexión con el cambio climático. Esto ha dado lugar a una serie de iniciativas internacionales en torno a temas tales como la desertificación.

Al respecto, pueden identificarse la Conferencia de Naciones Unidas sobre Desertificación (UNCOD, por sus siglas en inglés) de 1977, en la cual se lanzó el Plan Mundial de Acción para la Lucha contra la Desertificación (PACD); la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) de 1994, revisada en 2007, con la adopción del marco y plan estratégico decenal para mejorar la aplicación de la Convención (2008–2018) (ONU, 2007); o de manera más reciente el Decenio de las Naciones Unidas para los Desiertos y la Lucha contra la Desertificación (2010–2020), entre otras iniciativas.

¿CÓMO SE COMPORTA LA LLUVIA Y LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LOS TERRITORIOS SEMIÁRIDOS?

Las zonas semiáridas del mundo representan aproximadamente 15,2% de la superficie terrestre (véase la figura 1.1) y albergan 14,4% de la po-

FIGURA 1.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE TIPOS DE TIERRAS ÁRIDAS POR ÍNDICE DE ARIDEZ



Tierras áridas

- Áreas subhúmedas secas
- Áreas semiáridas
- Áreas áridas
- Áreas hiperáridas

Subtipo de tierras áridas	Rango del índice de aridez*	Proporción del área global (%)	Proporción de la población global (%)	% Pastizal	% Cultivado	Otros (incluyendo urbano)
Hiperárida	<0.05	6.6	1.7	97	0.6	3
Árida	0.05-0.20	10.6	4.1	87	7	6
Semiárida	0.20-0.50	15.2	14.4	54	35	10
Subhúmeda	0.50-0.65	8.7	15.3	34	47	20
Total		41.3	35.5	65	25	10

* La proporción de precipitación a evapotranspiración potencial.
Fuente: Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

Fuente: elaboración con base en ONU (2011a: 27-29).

blación mundial, lo que implica que unos 855,333 millones de personas viven en este tipo de territorios (ONU, 2010). Además, las tierras secas del planeta (incluyendo el árido y el semiárido) son los ecosistemas donde se desarrolla aproximadamente 50% de la producción de ganado y 44% de las tierras agrícolas del mundo (Semarnat, 2015: 179). La presencia de la vida y de las actividades humanas en este tipo de clima son, por lo tanto, muy significativas y dependen de las características ambientales propias que las sostienen. Entre esas características de sostenibilidad, se encuentran las formas que toma la lluvia, la evaporación y la evapotranspiración, a lo que dedicamos el presente apartado.

En los semidesiertos del mundo, el ciclo hidrológico mantiene una dinámica muy particular, pues tiende a ser mayor la cantidad de agua que

se mueve hacia la atmósfera en forma de vapor que la que se precipita luego en forma de lluvia. En un clima semiárido, los procesos llamados evaporación (generada desde el suelo y los cuerpos superficiales de agua líquida) y evapotranspiración (la evaporación más la transpiración de las plantas) (FAO, 2006: 1) reciben una gran cantidad de energía que proviene principalmente de la radiación solar, aunado a otras condiciones locales muy particulares (como temperatura, altura, vegetación, suelo, humedad atmosférica, composición química del medio, actividades sociales y económicas, etc.) y logran que el agua cambie de fase líquida a vapor.

Eventualmente, por la acción de condiciones atmosféricas, el vapor de agua se vuelve a condensar y se precipita en algún punto geográfico dentro o fuera de la región en que se originó —ya que puede ser transportado por el aire a largas distancias—, pero en los semiáridos lo hace en cantidades menores a las que fueron evapotranspiradas originalmente (Guerrero-Legarreta, 2006).

En ese sentido, conocer la forma en que se mide la lluvia permite dimensionar la cantidad de agua que se precipita en los semiáridos y compararlos con otras zonas climáticas. A saber: un milímetro de lluvia equivale a un litro de agua caído en una superficie que mide un metro cuadrado. Menos de 200 mm o litros de agua por metro cuadrado representan lluvias anuales insuficientes; “de 200 a 500 mm son lluvias escasas; entre 500 a 1,000 mm, pueden llegar a ser precipitaciones suficientes; entre 1,000 y 2,000 mm son lluvias abundantes y, finalmente, más de 2,000 mm son precipitaciones excesivas” (Gleason, 2014: 62).

En términos generales, las regiones semiáridas se caracterizan por el hecho de que las precipitaciones de lluvia son de escasas a suficientes, y suelen variar de 300 a 800 mm anuales. El aire tiende a ser seco, hay pocas nubes, la radiación solar es intensa, la precipitación tiene gran variabilidad de un año a otro y se observa una diferencia importante de temperatura entre el día y la noche (ISC-Audubon, 2013).

En las regiones semiáridas se suele disponer de uno a tres meses en los que se concentra el temporal de lluvia (de 30 a 120 días). A esto se añade que los diferentes modelos climáticos indican que con un aumento de 1,5 °C a 2 °C en la temperatura de la atmósfera,¹ debido a la transformación climá-

1 Para definir este aumento se toma como referencia la temperatura antes del periodo industrial.

tica actual y futura —en escenarios conservadores—, se pueden presentar sequías más profundas y prolongadas en los semiáridos, o bien sufrir de lluvias torrenciales atípicas en poco tiempo (Semadet, 2018c).

Como complemento a lo anterior, el cuidado de la vegetación cobra importancia cuando se le mira como uno de los medios a partir de los cuales sucede la evapotranspiración y la fijación de la humedad en el suelo. Además del clima y las condiciones ambientales, el proceso de evapotranspiración tiene como factor las particularidades del cultivo. El tipo de cultivo o vegetación se refiere a la variedad, etapa de desarrollo, superficie cubierta, reflejo y rugosidad; estos factores apuntan a que la evapotranspiración puede variar dependiendo del tipo de cultivo que se siembre, aunque las condiciones ambientales sean idénticas (Yates & Strzepek, 1994).

Aunque no todo depende de las plantas que se cultivan o de las nativas existentes en los semiáridos, son indicadores importantes ya que han desarrollado sus propias formas de adaptación para regular el agua dentro y fuera de sí, para poder vivir de acuerdo con las características de su clima (Ball & Campos, 2010: 283). De ahí que la selección de vegetaciones adaptadas a este tipo de climas es mucho mejor que la introducción de especies que no pertenecen a ese ecosistema y no se adaptan a las condiciones requeridas en un semidesierto, puesto que cada planta tendrá una tasa de transpiración que dependerá de sus características propias, además del contenido de agua en el suelo y su capacidad para que sea absorbida por las raíces (FAO, 2006: 3).

Por ejemplo, un cactus puede sobrevivir con poca agua en una región semiárida, generando una evapotranspiración mejor adaptada a su clima y fijando humedad en el suelo, pero este mismo tipo de vegetación muy probablemente se ahogaría en una selva. Y más allá de esto, la cantidad de agua que las plantas emiten a la atmósfera también resulta significativa para la generación del clima regional (Ball & Campos, 2010: 283).

Cuando ocurren procesos de deforestación que, entre otras cosas, producen erosión del suelo, también es posible que el agua que debería ser absorbida por la vegetación y después evapotranspirarse a la atmósfera, se escurra por el suelo hasta llegar a un cuerpo superficial o subterráneo, lo que trae como resultado un clima cada vez más seco (Ball & Campos,

2010: 283). En relación con las condiciones ambientales y locales de evapotranspiración ligadas a la vegetación, se incluye la salinidad del suelo, el uso de fertilizantes, el manejo de la salud del suelo y del cultivo, así como la cantidad de agua contenida, que también determina el tipo de vegetación más apropiada (FAO, 2006: 5–6).

Entonces, y a manera de resumen, de forma natural los climas semiáridos se caracterizan por tener el potencial de evapotranspirar más agua de la que llueve. Este balance negativo hace que la gestión del agua en un territorio semiárido sea de un manejo delicado por su propia naturaleza, pues uno de los principales fenómenos que presentan las zonas semiáridas es su tendencia a la sequía, ya que son propensas “a la ausencia prolongada o insuficiencia acentuada” de lluvia (Semadet, 2018c: 134); la cual se agrava cuando se presentan procesos de desertificación inducida por la degradación de las tierras (Ruiz & Febles, 2004: 3).

El efecto general del comportamiento de la lluvia y la evapotranspiración en los semiáridos hace que la comprensión de su vulnerabilidad hídrica y de aquellos riesgos asociados a ella, se vuelvan una clave importante para pensar en un mejor modelo de gestión del agua adaptado a la vida de los semidesiertos.

Se requiere generar una cultura socioambiental en este tipo de climas a fin de incorporar una mayor información sobre su comportamiento, para que el sustento de la vida sea perdurable, sobre todo al tomar en consideración que el tipo de actividades urbanas y productivas que se realizan en estas zonas responderán a la presión que se ejerza sobre sus condiciones climáticas y viceversa. Tanto las características naturales que adquieren las lluvias en un semiárido —a las que podríamos llamar “normales”— como aquellas contingencias que son inusuales en un temporal, implican un cuidado de las fuentes superficiales y un conocimiento más profundo del comportamiento de los flujos subterráneos, su recarga y su descarga. Como ya hemos señalado, no es lo mismo gestionar el agua en un territorio semidesértico con tendencia a la sequía y a la desertificación inducida, que en una zona tropical en la que la lluvia y la humedad del suelo son abundantes.

LA CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE LOS SEMIÁRIDOS: EL ÍNDICE DE ARIDEZ EN EL CASO DE JALISCO

Desde una perspectiva más científica, las zonas semiáridas son definidas mediante modelos como el índice de aridez, el cual establece la relación que existe entre lo que llueve en promedio durante un año y lo que potencialmente se evapotranspira en una región en el mismo periodo de tiempo (FAO, 2007). Según este índice, los territorios semidesérticos se encuentran entre los rangos 0.20 y 0.50 de aridez (véase la tabla 1.1), lo cual significa que la evapotranspiración potencial puede ser de dos a cinco veces mayor que la precipitación promedio anual. Es decir, en los semiáridos se puede evaporar potencialmente cada año entre el doble y el quíntuple de lo que llueve. Esta situación puede verse agravada por aumentos inusuales en la temperatura, como los que ya ocasiona y ocasionará en el futuro próximo el cambio climático.

Es importante realizar algunas aclaraciones que permitan comprender de mejor manera cómo se definen las zonas secas y cuál es la diferencia entre el proceso natural de evapotranspiración y el modelo con el que trabaja el índice de aridez mediante el concepto teórico de “evapotranspiración potencial”. Tanto la evaporación como la evapotranspiración son procesos naturales clave en el ciclo hidrológico, pero son procedimientos multifactoriales que resultan complejos de medir con precisión. La evapotranspiración potencial se refiere a la capacidad hipotética o teórica que tiene una superficie homogénea para emitir vapor de agua (agua evaporada por área y por unidad de tiempo), y se considera un concepto imaginario o modelo ideal (en ciencias exactas el término *ideal* significa que al modelo le faltan algunas complejidades de la realidad, pues esta se estima a partir de modelos matemáticos, pero se puede trabajar con estimaciones para acercarse a la realidad).

Existen diferentes modelos para determinar la evapotranspiración potencial (Yates & Strzepek, 1994); varios de ellos no hacen diferencias entre el tipo de vegetación, cultivos, suelo o cuerpo de agua, sino que se aplican indiscriminadamente a una extensa superficie del territorio, asumiendo que el territorio es como un gran espejo de agua, es decir, que se considera solamente el potencial de evaporación. Sin embargo, se han desarrollado modelos que sí consideran un tipo de vegetación ideal y diferentes adecuaciones (Yates & Strzepek, 1994).

TABLA 1.1 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Clima	Índice de aridez
Hiperárido	<0.05
Árido	0.05-0.20
Semiárido	0.20-0.50
Subhúmedo seco	0.50-0.65
Subhúmedo húmedo	0.65-1.00
Húmedo	>1.00

Fuente: Programa de la Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU, 2011a).

En ese sentido, el modelo utilizado por el Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco (IITE) —ahora nombrado Instituto de Información Estadística y Geográfica (IEEG) de Jalisco— para estimar la evapotranspiración potencial en la región Occidente de México y así determinar sus climas, es del tipo que sí considera e incorpora una vegetación ideal y no solo se basa en la idea de que el territorio es un espejo de agua, aunque esa estimación que fue utilizada por el IITE es también hipotética.

El IITE utilizó el modelo Hargreaves cuya expresión matemática general es:

$$ET_0 = 0.0022 * \frac{Rs}{\lambda} * \sqrt{(T_{prom_{max}} - T_{prom_{min}}) * (T_{med} + 17.78)}$$

La ecuación de Hargreaves determina la evapotranspiración potencial (ET_0) y evalúa la relación entre la radiación solar ($\frac{Rs}{\lambda}$), en mm/día,² así como la diferencia entre la temperatura promedio máxima y la promedio mínima ($T_{prom_{max}} - T_{prom}$) en grados centígrados (°C) e incorpora la temperatura promedio anual media (T_{med}), también en grados centígrados. Los valores numéricos expresados en la ecuación son constantes

2 Para obtener las unidades mm/día es necesario dividir la radiación solar entre la evaporación, que significa el calor latente de vaporización.

matemáticas consideradas por Hargreaves y Samani, autores del modelo, que, conjugadas con las variables de temperatura, radiación solar y latitud, dan un valor que representa la evapotranspiración potencial de un área determinada (Vásquez-Méndez, Ventura-Ramos & Acosta-Gallegos, 2011: 404).

LA REGIÓN ALTOS NORTE DE JALISCO COMO PARTE DE LA ZONA SEMIÁRIDA DE JALISCO

El modelo Hargreaves fue adecuado por el IITE para estimar la aridez en la región Occidente de México. Ya con estas adecuaciones y con la factorización de constantes, la expresión matemática quedó formulada de la siguiente manera (IIEG, 2013: 212):

$$ET_0 = 0.0135(t_{med} + 17.78)Rs$$

La clasificación del IITE para determinar qué territorios pertenecen a la condición de semiáridos nos parece relevante, ya que podría existir un debate acerca de si la región Altos Norte de Jalisco, y en concreto nuestra área de estudio situada en los municipios de San Juan de los Lagos y Lagos de Moreno, son zonas semiáridas o no.

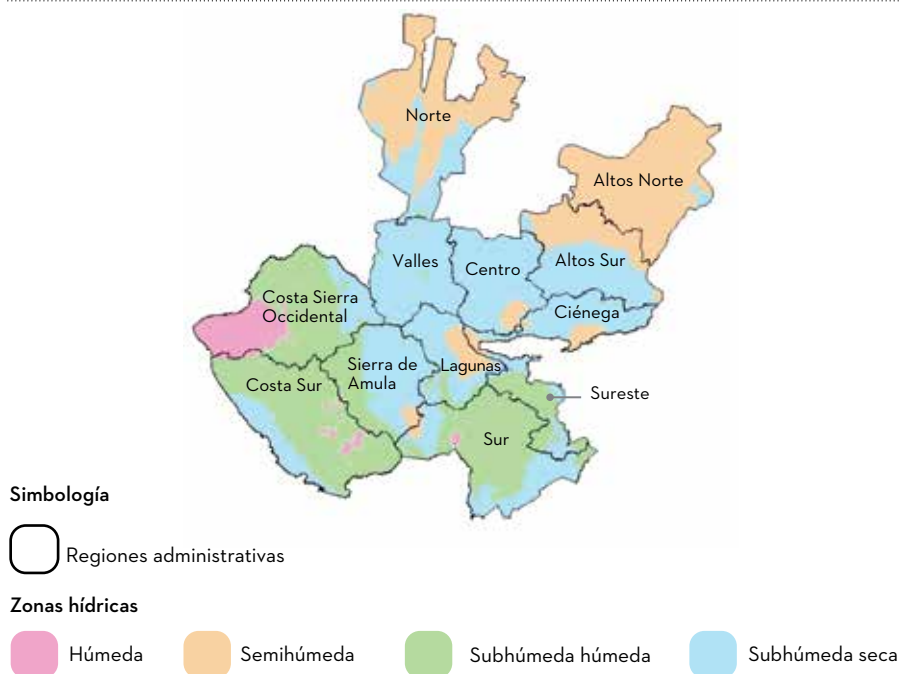
Pero el modelo utilizado por el IITE nos da la confianza de estar tratando, efectivamente, con un territorio semiárido, pues muchos de sus espacios cuentan con la tendencia a tener mayor evapotranspiración que precipitación, además de información particular, como la temperatura y la radiación solar de la superficie específica, lo que corresponde a lo que plantea el índice de aridez.

El mapa realizado por el IITE corresponde a la clasificación mundial de aridez expresada en la figura 1.2. En este mapa se localizan las zonas hídricas de Jalisco clasificadas en sus diferentes climas, particularmente el que nos interesa: el clima de la región Altos Norte.

El modelo del IITE establece también una relación con el método desarrollado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para clasificar los semiáridos mundiales (IIEG, 2013):

$$\text{Índice de aridez} = \frac{\text{Precipitación promedio anual}}{\text{Evapotranspiración potencial}}$$

FIGURA 1.2 ZONAS HÍDRICAS DE JALISCO, POR REGIÓN



Fuente: elaboración con base en IIEG (2015).

Basados en esta información, el estado de Jalisco posee 26% de territorio semiárido, según el IIEG, sucesor del IITE ya citado. Gran parte de este semiárido está localizado en la región histórica de los Altos de Jalisco, conocida como el gigante agroalimentario de México dada su intensa producción agropecuaria, que ha convertido a la región en el proveedor de aproximadamente 20% de la proteína de origen animal, 61% de la leche y 88% del huevo que se consume en todo el país (Ochoa-García, Arrojo-Agudo, Godínez-Madrigal, López-Villegas, López-Aguayo & Quiroz-Hernández, 2014: 319). Esta zona se ha subdividido administrativamente en dos regiones: Altos Norte, con un semiárido que cubre 98% de su superficie, y Altos Sur, que posee 40.9% de superficie semiárida. La parte restante de los Altos de Jalisco posee un suelo subhúmedo seco, que es la continuación climática de su semiárido.

El paisaje característico del semiárido jalisciense ubicado en los Altos de Jalisco favorece que una parte muy extensa del territorio —aproximadamente 50%— lo conforma la vegetación secundaria que proviene de la agricultura. La vegetación primaria que constituye selvas, bosques y pastizales es tan solo de 16% (dentro del 24% que incluye otros usos).

La extensión territorial que ocupa la vegetación secundaria es signo de la intervención y transformación antrópica o humana que presiona los ecosistemas con vegetación primaria:

Este aspecto del territorio tiene una profunda relevancia en el tema del agua, ya que son los ecosistemas con vegetación primaria los que juegan un rol más predominante en el proceso de escurrimiento e infiltración de agua; esto es lo que se llama “cultivar agua”. A mejor vegetación primaria mayor impacto en la erosión hídrica de los suelos y laderas; la incidencia de temperaturas extremas acentúa la evapotranspiración y afecta la humedad ambiental para la generación de lluvia. Estos fenómenos interrelacionados con los procesos antrópicos intervienen en la configuración de los microclimas de la región (Ochoa-García et al., 2014: 27).

Las fuentes de agua que abastecen las dos regiones administrativas de los Altos de Jalisco son mayoritariamente subterráneas, además de contar con el río Lagos, uno de los cuerpos de agua tributarios del río Verde el cual pertenece a la región hidrológica de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago-Pacífico, la tercera más extensa de México. Se estima que la profundidad de los pozos en la región Altos Norte ronda los 200 m, mientras que en la Altos Sur las profundidades de perforación van de 300 a 400 m (Ochoa-García et al., 2014: 36).

Los Altos de Jalisco es una zona propensa a las sequías. Uno de los peores episodios se dio en 2011 y afectó a miles de cabezas de ganado y hectáreas de cultivos, situación que golpeó a todo el país. En otro aspecto, la precipitación pluvial ha sostenido una tendencia descendente. En 2003, la precipitación promedio en la región Altos Sur fue de 700 mm y en Altos Norte de 835 mm. Para 2012, habían descendido a 230 mm y 480 mm respectivamente, por lo cual es previsible que el estrés hídrico continúe y se acentúe en el futuro (Ochoa-García et al., 2014: 33).

El descenso sostenido de la precipitación pluvial y la sequía agravan la presión sobre el agua subterránea, lo cual ha llevado a la sobrexplotación de los acuíferos (Ochoa-García et al., 2014: 36). La situación anterior refleja el impacto actual y futuro sobre la región y la vida de sus pobladores. En los Altos de Jalisco, aproximadamente 50% del agua se utiliza para la agricultura, 24% en usos múltiples —casi todos relacionados con la actividad agropecuaria— y 20% para el uso urbano; de continuar la presión sobre el agua subterránea estos porcentajes se modificarán sustantivamente, ya que, según la actual Ley de Aguas Nacionales de México, el uso prioritario del agua es para el público urbano y no la ganadería o la agricultura.

DÉFICIT EN LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LOS ALTOS DE JALISCO

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el umbral para satisfacer los requerimientos de agua para la agricultura, la industria, la energía y el medioambiente es de 1,700 m³ por persona al año:

Tener menos que esto se considera una situación de estrés hídrico que compromete la salud de la población, la seguridad alimentaria, el desarrollo económico y la protección de los ecosistemas [...] la disponibilidad de agua menor a 1,000 m³ representa un estado de escasez por falta de agua, mientras que tener 500 m³ por persona o menos, significa un estado de escasez absoluta [...] Los Altos tienen una disponibilidad total anual de 902,808 mm³/año que dividido entre el total de su población (867,897) resultan 1,040 m³/año/hab [...] [no obstante] al interior de Los Altos hay importantes contrastes de disponibilidad de agua [...] en Los Altos Sur es donde más estrés hídrico sufren, al tener una disponibilidad anual de apenas 578 m³/hab/año, que de acuerdo a estos parámetros estaría cerca de ser considerada una región con escasez absoluta; en Altos Norte, hay una disponibilidad de 1,015 m³/hab/año, muy cerca de ser considerada como zona de escasez de agua. Sólo algunos municipios podrían considerarse con mejor disponibilidad de agua, debido a su poca población y a las condiciones fisiográficas de la zona (Ochoa-García et al., 2014: 37-39).

A esta baja disponibilidad de agua se añade la situación de la mala calidad por contaminación con metales pesados encontrados en las fuentes subterráneas, además de otros compuestos químicos, como fluoruros, arsénico y selenio presentes en lo que la Conagua determina como acuíferos. La exposición de la población a estos metales y compuestos es muy alta, ya que prácticamente todo el consumo público urbano proviene de las fuentes subterráneas (Ochoa-García et al., 2014: 47).

En la perspectiva de futuro, las posibilidades de aumentar el estrés hídrico en los Altos de Jalisco es una tendencia muy probable, sobre todo por el impacto que ha comenzado a tener y tendrá el fenómeno del cambio climático. Según un estudio realizado por la Universidad de Guadalajara, en el que se plantean diversos escenarios climáticos a futuro, se menciona que “la Región Altos Norte, donde se ubica la cuenca lechera número uno en producción a escala nacional, tiene las subcuencas hidrográficas con mayor vulnerabilidad a la sequía” (Curiel-Ballesteros, Garibay-Chávez, Ramos de Robles, Ramírez-Ojeda, Amaya-Acuña & Ruiz-Corral, 2015: 79).

Esto refuerza, en especial, la complejidad en la gestión del agua en los Altos de Jalisco, en particular en la región Altos Norte donde se ubican los municipios de Lagos de Moreno y San Juan de los Lagos en los que se centra nuestro estudio.