

Contextualización socioambiental del agave en Tonaya, Jalisco, México

Socio-environmental contextualization of agave
in Tonaya, Jalisco, Mexico

Francia Elizabeth Rodríguez Contreras^{*}

Luis Manuel Martínez Rivera^{**}

Carlos Palomera García^{***}

Recibido el 12 de abril de 2016

Aceptado el 5 de octubre de 2016

Resumen: en Tonaya, el agave verde (*Agave angustifolia* Haw) se cultiva desde 1845, pero en la actualidad el agave azul (*Agave tequilana* Weber) lo ha reemplazado casi en su totalidad. El cambio de cultivo y el incremento en la demanda del licor de agave provocó daños ambientales. En este artículo se describe el contexto histórico, los efectos socioambientales generados por la industria destiladora de agave, y también se analiza cómo intervienen las instituciones gubernamentales; un estudio hasta hoy inexistente para la región. Se trabajó con información de archivos bibliográficos y de entrevistas a actores clave, mediante la técnica bola de nieve. Además, se analizaron los efectos causados a la biodiversidad y a la ca-

* Estudiante del doctorado en ciencias en biosistemática, ecología y manejo de recursos naturales y agrícolas, Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara (CUCSUR-UDG). Independencia Nacional 151, Centro. C. P. 48900. Autlán de Navarro, Jalisco, México. Teléfono (341) 103 0776. Correo electrónico: neffertari14@gmail.com

** Profesor-investigador del Departamento de Ecología y Recursos Naturales, CUCSUR-UDG. Teléfono (317) 102 5010. Correo electrónico: lmartinez@cucsur.udg.mx

*** Profesor-investigador del Departamento de Ciencias de la Salud y Ecología Humana, CUCSUR-UDG. Correo electrónico: carlos.palomera@academicos.udg.mx

lidad del agua del vertido de desechos líquidos o vinazas en el río Tuxcacuesco. Se tomaron decisiones que redujeron la contaminación ambiental, sin embargo, muchas de las acciones se han abandonado, lo que de nuevo pone en riesgo la integridad del sistema acuático y lo que representa.

Palabras clave: historia del *Agave tequilana*; industria de destilación; *Agave tequilana*; vinazas; gestión ambiental; contaminación ambiental; Tonaya.

Abstract: in Tonaya, the *Agave angustifolia* Haw has been cultivated since 1845, but today has been replaced almost entirely by the *Agave tequilana* Weber. This replacement and the increase in the demand for agave liquor caused environmental damages. The historical context and the socio-environmental effects generated by the agave distiller industry are described in this article, and the role played by the government institutions is analyzed, a study on the region that was nonexistent until today. Information from bibliographic archives and from interviews to key actors, using the snowball technique, was obtained. Moreover, the effects on biodiversity and water quality by the dumping of liquid waste or vinasse into the Tuxcacuesco river were examined. Decisions were made reducing environmental pollution; however, many of these actions have been abandoned, putting at risk again the water system's integrity and what it represents.

Key words: *Agave tequilana*'s history; distillation industry; *Agave tequilana*; vinasse; environmental management; environmental pollution; Tonaya.

Introducción

Los ancestros mexicanos utilizaron los vocablos *metl* o *mexcametl*, del náhuatl, para nombrar a los agaves, en honor a la diosa Mayahuel. Se-


gún la leyenda, el primer agave nació en el lugar donde Quetzalcóatl enterró los restos de la hermosa joven. Los españoles lo llamaron maguey, y en 1753 el naturalista sueco Carl von Linneo, en *Species plantarum*, lo nombró agave, del griego “admirable” o “noble”. En la historia de México el maguey ocupa un lugar preponderante, a tal grado que los antiguos toltecas, zapotecas, mixtecos y mexicas consideraban a esta planta como una deidad (véase figura 1). Tal importancia estribó en su papel económico, social y cultural, debido a los múltiples usos que se le daba como alimento, bebida, ornato, vestido, calzado, papel, medicina, construcción e instrumento agrícola, entre otros, muchos de los cuales siguen vigentes (Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH 1997; Erowid 2004; García 2007; Puerto y Prudencio 2009; Valenzuela y Gaytán 2011; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO 2012).

Aunque el tequila era uno de los productos principales de la Nueva Galicia desde la época colonial (Macías y Valenzuela 2009), poco después del derrocamiento del porfiriato, en 1911, el Estado diseñó una estrategia para fortalecer una identidad mexicana basada en su consumo utilizando las costumbres de elaboración de bebidas destiladas a base de agave de varias partes del país, y beber tequila en vez de licores importados fue una de esas expresiones. Incluso el gobierno atribuía a la imagen del tequila un símbolo del Estado nacional. Así mismo, la industria cinematográfica mexicana, que fue exitosa en las décadas 1930 y 1940, contribuyó a ello con la creación de un estereotipo de los mexicanos asociado a esta bebida. Otro factor que influyó en el incremento de su producción fue que en 1940 la industria tequilera alcanzó otros mercados y ocupó el del whisky, cuya elaboración disminuyó debido a la segunda guerra mundial. A partir de 1950, el tequila empezó a mejorar su calidad de producción e higiene (Consejo Regulador del Tequila, CRT 2011; González y Monti 2006).

Si bien esta identidad nacional fue creada como una estrategia de Estado y empresarial, generó un desarrollo económico importante en el país que benefició a los productores de agave. Sin embargo, la expansión e intensificación del cultivo de la planta, para cubrir un mercado global, ha incidido en las prácticas agrícolas tradicionales (descanso de suelo, rotación y asociación de cultivos, tipo de agave, métodos de destilación) (Bautista y Smit 2012), ya que se han tenido

El agave y algunas de sus características; en el centro aparece Mayahuel, la diosa del maguey

Figura 1

<p>México es considerado centro de origen del agave</p>	<p>Los agaves más grandes pueden llegar a pesar 30 kg.</p>
<p>El género <i>Agave</i> es el más grande de la familia Agavaceae</p>	<p>La reproducción es sexual y principalmente asexual (por rizomas o hijuelos, a los 3 o 4 años de su plantación)</p>
<p>Endémico de América, con 200 especies, 150 se encuentran en México y 16 son endémicas del país</p>	<p>El tipo de reproducción del <i>Agave angustifolia</i> Haw es semélparo o monocárpico, la planta muere después de reproducirse</p>
<p>Está presente en casi todos los tipos de vegetación, adaptados para condiciones climáticas desfavorables y periodos largos de sequía</p>	<p>El periodo de maduración para ser cosechada es de 7 a 9 años</p>
	
<p>Antes de que el cultivo del maíz se estableciera, los agaves eran una fuente principal de carbohidratos para los habitantes de México y suroeste de Estados Unidos.</p>	

Fuente: elaborado con información de Ramírez (1995), Yoldi (2000), Erowid (2004), Molina y Córdoba (2006), García (2007), Colunga y Zizumbo (2007) y García et al. (2010).

que adaptar paquetes tecnológicos nuevos para asegurar una producción más intensiva.

Para 1991, el estado de Jalisco era el principal productor de mezcal del país, en donde la fabricación ya era industrial y se utilizaban procesos químicos controlados en forma precisa (Food and Agriculture Organization, FAO 1991). A raíz de la denominación de origen del tequila en la década de 1970 y la publicación de la norma oficial mexicana NOM-006-SCFI-1994, que establece las áreas geográficas del país permitidas para cultivar agave azul tequilero (*Agave tequilana* Weber), su monocultivo se expandió en dicha entidad (Núñez 2011). Esto ha ido desplazando al cultivo y producción tradicional del agave verde (*Agave angustifolia* Haw) en el sur de Jalisco, cambio que se debió al precio atractivo que ofrecían las industrias tequileras por las piñas del agave azul (Puerto y Prudencio 2009).

Jalisco tiene la mayor riqueza de especies de agave en el occidente del país (Puerto y Prudencio 2009); se reconoce al sur del estado como un núcleo importante de diversidad y selección de agaves para preparar bebidas destiladas, que por tradición se nombran mezcal (Colunga y Zizumbo 2007). Dicha diversidad se debe a la existencia de poblaciones silvestres de agaves y a una tradición regional consistente de elaborar y consumir estas bebidas destiladas. En la época prehispánica ya se hacían fermentados de agave y ciruela. La introducción del destilador filipino para procesar vino de coco, y la difusión de esta tecnología durante la Colonia le dio un fuerte estímulo a la destilación de bebidas fermentadas de agave preexistentes en el occidente de México, incluido el sur de Jalisco (Colunga y Zizumbo 2007).

En la actualidad, algunos municipios de Jalisco se reconocen por su paisaje agavero y la destilación de agave, como Teuchitlán, Magdalena, Tequila, Amatitán y El Arenal (González y Monti 2006). Otros, no tan conocidos, pero que se dedican al cultivo y destilación de agave en menor escala son Tonaya, Tuxcacuesco, Tolimán, San Gabriel, El Grullo, Autlán de Navarro, Sayula, El Limón y Zapotitlán de Vadillo (Moreno 2010; Álvarez et al. 2013). Entre éstos, Tonaya es el que destila la mayor cantidad y es el que interesa en esta investigación.

Tonaya está ubicado en el sur de Jalisco (19°47' latitud Norte y 103°58' longitud Oeste), en la sierra de Amula; su extensión es de 293.89 km², y en 2010 tenía 5 930 habitantes (*Enciclopedia de los munici-*

pios y delegaciones de México, EMDM 2010; Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI 2010). En el municipio se cultiva agave verde (*Agave angustifolia* Haw) para la producción del mezcal desde hace más de un siglo. En Tonaya, a partir de 1997, debido al incremento del tequila en la región, aumentó el cultivo de agave azul (*Agave tequilana* Weber) y también su destilación (Martínez et al. 2007); fue en este municipio donde se produjo más destilado de agave. La importancia de esta planta para Tonaya es tal, que hasta en el escudo de armas (véase figura 2), diseñado en 1986, se aprecia un campo de agaves (Ayuntamiento de Tonaya 2007-2027).

Figura 2

Escudo de armas del municipio de Tonaya



Fuente: EMDM (2010).

Si bien el incremento rápido del agave repercutió en la economía regional, también su impacto ambiental fue muy considerable en los recursos naturales (Martínez et al. 2007). El desmonte realizado para cultivar agave azul ha perjudicado al bosque tropical caducifolio, que predomina en la costa sur del estado (FAO 1991; Gerritsen y Martínez 2010). En la destilación del agave se generan residuos líquidos como

las vinazas, y sólidos como el bagazo; por cada litro de tequila se producen de siete a once litros de vinazas que, debido a sus características, representan una fuente de contaminación para el río y la biota que habita en él (Martínez et al. 2007), así como para los agricultores y los ganaderos que viven río abajo. En Tonaya, como en la mayoría de las destiladoras de Jalisco, las vinazas se vierten, sin tratar, directamente al drenaje urbano y en este caso al río Tonaya, que es afluente del Tuxcacuesco, que a su vez fluye hacia el Ayuquila-Armería. El río Ayuquila-Armería es el segundo más grande en Jalisco, y cuenta con la mayor biodiversidad en Colima y la segunda en Jalisco; además está entre los 43 ríos más importantes del país (Santana et al. 1993).

En la confluencia de los ríos Tuxcacuesco y Ayuquila, considerada el nacimiento del Armería, se organiza una feria ambiental desde 1999 durante la Semana Santa y Pascua, en la que el río es el punto de reunión para la recreación de miles de personas que han acudido a bañarse, a acampar o a pasar el día en los últimos 15 años. El número de visitantes ha crecido año con año, y ha llegado a más de 15 mil (Díaz 2005; Pérez 2007; Junta Intermunicipal del Medio Ambiente para la Gestión Integral de la Cuenca Baja del Río Ayuquila, JIRA 2013). De tal manera que la calidad del agua del río Tonaya afecta directamente al Tuxcacuesco y, por consiguiente, al Ayuquila-Armería, por lo que un mal manejo de sus aguas causa daños a la salud de los visitantes.

Aquí se aborda, de una manera interdisciplinaria, el cultivo y producción de agave en el municipio de Tonaya. Se describe el contexto histórico, los impactos socioambientales que generan los residuos de la industria destiladora, y también se analiza cómo intervienen las instituciones gubernamentales, un estudio hasta ahora inexistente para la región.

Métodos

La información base se obtuvo de una revisión bibliográfica en repositorios digitales universitarios de tesis y revistas científicas. Se recabaron las minutas oficiales referentes a la trayectoria y los acuerdos relacionados con los problemas ambientales que resultan de la destilación de agave en Tonaya. Además, se realizaron entrevistas semies-

estructuradas, organizadas en dos fases; primero se localizó a personas clave, mediante la técnica bola de nieve (Goodman 1961), aunque en ésta puede haber un grado de sesgo en la población muestreada (Meter 1990), debido a una dependencia entre el hecho estudiado (historia del cultivo de agave) y las redes formadas por ella (Erickson 1979; Biernacki y Waldorf 1981), que puede dejar de lado a algún grupo importante. En este caso dicha dependencia se convierte en una fortaleza porque hay un solo tema que le atañe a los habitantes de una localidad pequeña en donde la actividad agavera, de alguna manera, los vincula a todos (Romero et al. 2003). Para recapitular la trayectoria y los antecedentes del agave en Tonaya se entrevistó a cinco actores clave, con lo que se cumplió con el objetivo de la investigación (Biernacki y Waldorf 1981). Después se entrevistó a los propietarios o encargados de las destiladoras ubicadas en la cabecera municipal, para conocer la fecha en que fueron fundadas, los procesos de destilación y, en caso de haberlos, los cambios realizados en el proceso de producción como resultado de la incorporación del agave azul. Los entrevistados fueron Mónico Soto, médico de la localidad; Francisco Sánchez, historiador; Armando Corona, empresario y dueño de una destiladora; María Quiles empresaria y dueña de una destiladora y Jesús Michel, ciudadano del municipio de Tonaya.¹ La información se obtuvo de cinco empresas, de las siete que existen (Almoloyan, Compañía BRAGA, Comercializadora El Gran Agave, El Roble y Licor de Jalisco Ortiz).

El agave en Tonaya

Son diversas las fuentes y las opiniones sobre la fecha de inicio del cultivo de agave y su procesamiento como mezcal en Tonaya. La referencia más antigua se encuentra en el libro de Vázquez:

Testamento del Sr. Cura José Ma. Silva. Juzgado de la 1ª Instancia de Colima, No. 793. CIVIL. Sobre la testamentaria del finado Señor Cura de la Villa de Tuxcacuesco D. José María Silva. Año 1845.

¹ Todas las entrevistas se llevaron a cabo en Tonaya, el 10 y 11 de enero de 2013.

Declaro que en la Villa de Tuxcacuesco, dos potreros ubicados en la misma Villa [de Tuxcacuesco] sembrados de mezcales, arruinadas las cercas, conocidos con los nombres de Palo Santo uno, y el otro de las Cruces, en terreno de los ejidos de la expresada Villa. Un potrero de mezcales que tengo en el Pueblo de Tonaya, que recibí del finado Don Vicente Vázquez por el término de nueve años, nombrado el Bonetillo, por cierta deuda que me debía, y convenimos en que lo disfrutara dichos nueve años, de los que se hallan vencidos ocho.

El difunto Real Subdelegado que fue de la Villa de Tuxcacuesco dejó una huerta de mezcales en aquella jurisdicción a beneficio de su alma, y a favor de aquella mi Parroquia (pág. 73) (1984, 71).

Por otra parte, Jesús Michel mencionó: “A fines de 1800 y principios de 1900, el primer lugar en producir mezcal fue la Hacienda del Refugio, propiedad de unos señores Vergara”. Además, que “ellos plantaron agave y pusieron una fábrica de alcohol y mezcal, donde había cañaverales y mezcalera. Lo añejaban en castañas (barriles de madera)”. La producción era para el consumo de Tonaya, y lo trasportaban en mulas a Sayula, Mascota y Cihuatlán. El padre de Jesús Michel, quien le transmitió esta información, fue trabajador de esta taberna —así se nombraba al lugar de destilación—.

Armando Corona dijo que sus abuelos, Leandro Corona y Natalia Cobián, comenzaron a producir licor de agave. No necesitaban plantarlo, sino que utilizaban el que encontraban en el campo. Que era *A. angustifolia* Haw, para esta labor tenían uno o dos ayudantes.

Jesús Michel comentó: “A principios de 1900 se estableció una fábrica donde Roberto Dueñas era el administrador de la taberna”. En 1930, en la cabecera municipal sólo había una taberna, pero en las localidades de San Rafael y en el trayecto de El Paso de San Francisco y El Cerrito existían otras clandestinas. En 1940, la familia Corona, Federico Paz y Abraham Ramos elaboraban licor de agave —vulgarmente conocido como vino— en sus casas. Jesús Michel fue el primero en mencionar la introducción del agave azul al municipio, porque al verde se le conocía como “mezcal criollo”, pues se encontraba en los cerros sin necesidad de plantarlo. Comentó que en 1940 trajeron plantas de agave azul de Tequila, Jalisco. Uno de los primeros que lo

plantó fue Esteban Soto, en la localidad de El Paso de San Francisco, en dos potreros denominados El Casco y La Tejería, después también comenzaron a hacerlo Federico Paz, Armando Corona y la familia Pérez-Rulfo.

Por otro lado, María Quiles recordó que “la primera persona en producir mezcal en Tonaya fue el señor Aureliano Santana, por el año de 1940, y se lo compraba a Guadalupe Preciado (alias “El Cobre-ro”)), y que el producto era exportado a Ciudad Guzmán. Coincide con las versiones mencionadas de que el agave utilizado era silvestre. Así mismo, dijo que años más tarde Mauricio Quintero y Marcos Preciado comenzaron a producir el licor de agave.

Jesús Michel refirió que: “Como de 1930 a 1960, frente a donde ahora es la Unidad Deportiva, Rodolfo Paz Vizcaíno fue el primer tabernero, pero no lo hacía directamente, era sólo el dueño y quien lo hacía era Domingo Medina, un viejecito. La gente decía que era el mejor tabernero, y luego fue cambiando de dueño, porque Rodolfo se fue a Tenacatita”. Un dato singular es que “a las vinazas antes se les decía tuba y las regaban en la calle, la sacaban en botes y la calle quedaba bonita, hasta brillosita y pegajosa, y la tierra se pegaba”. Por lo que a éstas, cuando comenzó la destilación de agave, no se les consideraba como problema ambiental. Sin embargo, Francisco Sánchez dijo que “en 1966 había 12 tabernas, el drenaje estaba apestoso y más por las tardes”.

Mónico Soto y Francisco Sánchez comentaron que en un principio las tabernas eran clandestinas, fue Salvador Corona, en 1957, el primero que procesó el agave para obtener licor de agave o mezcal. El señor Soto recuerda que la primera fábrica fue El Súper Tonaya, ubicada frente a lo que hoy es la unidad deportiva, y que al agave “lo quemaban, y duraba días en sus tinas y de ahí a la destilación en alambique, antes era bien puro. Cuando empezaron las demás cambiaron los procesos, métodos y medios, antes sólo competían con el vino Tuxca” (se usaba la palabra vino para referirse al licor de agave). También mencionó que los efectos socioeconómicos son positivos, porque antes sólo empleaban a cinco o seis mozos para la producción, y ahora algunas tienen cientos.

Según la literatura, la primera fábrica de mezcal de la región se fundó en Tonaya, en 1920, por Javier García; entre 1929 y 1997 se

consolidaron formalmente seis de las siete que existen ahora (véase figura 3). El cultivo de agave azul se incrementó en 1990; de 2002 a 2005 se crearon micro destilerías como resultado de la expansión y sobreproducción de agave azul (Nava et al. 2006; Núñez 2011).

Aunque del agave verde se produce mezcal, y del azul el tequila, estos nombres no se utilizan formalmente para las bebidas elaboradas en el municipio, por decisión de los mezcaleros locales. En 1977 se emitió la Denominación de Origen Tequila (NOM-006-SCFI-1994), que abarca a todos los municipios de Jalisco. Sin embargo, los mezcaleros de Tonaya se niegan a cumplir con dichas especificaciones; además, no registran ante el CRT los campos de agave azul ni tampoco las fábricas que elaboran el destilado. Los productores usaron el nombre de “mezcal” en sus etiquetas hasta 1994, cuando se limitó la Denominación de Origen Mezcal en donde se excluye a todos los municipios de Jalisco. Como resultado, desde entonces etiquetan sus botellas con la leyenda “licor de agave”. Este cambio de nombre no repercutió en su mercado, pues ya tenían establecida una clientela local y nacional (Núñez 2011; Diario Oficial de la Federación, DOF 2012; CRT 2013). En Tonaya y poblaciones aledañas, al licor de agave se le conoce como “vino” o “mezcal”.

Consideraciones sociales y ambientales del cultivo de agave y su destilación en Tonaya

Hasta 1980, en los municipios de Amatitán y Tequila, Jalisco, se cultivaba la mayor parte del agave azul, necesario para la elaboración del tequila de consumo nacional e internacional. Sin embargo, esta situación cambió en 1990 debido a dos factores principales, primero a la autorización del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, en 1994, que abrió la puerta a la exportación y luego, en 1997, a la merma en los cultivos de agave ocasionada por la bacteria *Erwinia carotova*. Éstos fueron determinantes en el incremento de la demanda de agave azul (Cárdenas 2008). Como respuesta, el precio se incrementó en la región, hasta 16 y 19 pesos por kilo en el año 2000 y 2001 (Núñez 2011) y, por ende, aumentó su cultivo.

Figura 3
Características de algunas fábricas de destilados de mezcal de Tonaya, Jalisco

Nombre de la empresa (año de fundación)	Fundadores	Características	Tipo de agave utilizado
Almoloyan (1980)	Mario Rubén Quintero y Alfonso Vizcaíno	Mario Quintero se mudó a Colima, y Alfonso Vizcaíno quedó como dueño. Sin embargo, él ya cultivaba agave desde 1967, en ocho hectáreas. Se conserva un proceso artesanal en la elaboración del mezcal; y, desde hace 12 años, producen mezcal de pechuga (le agregan una pechuga de pollo en la destilación, para darle otro sabor)	Azul y verde
Compañía BRAGA (antes Grupo Corona) (1932)	Benjamín Corona Pelayo	Al principio se usaba agave verde; el azul se empezó a utilizar en 2003 y fue comprado. En 2002 se plantó por primera vez en parcela propia. Actualmente se muelen como 500 toneladas de agave, del cual 70% es propio y 30% se compra. De las hectáreas cultivadas, 80% es azul y 20% es verde. Un factor sobresaliente es que la forma de abastecerse de materia prima es "comprando la huerta"; es decir, ellos pagan al campesino la planta antes de que se coseche, quien se encarga de cuidar el agave y su tierra. Esta es una forma más justa y segura para el campesino que cultiva agave, pues tiene ya vendida su cosecha antes de sacarla. Otro aspecto es que desde 2011, 30% de lo cultivado es orgánico	Azul y verde
Comercializadora El Gran Agave, antes Grupo Lobos, de la marca Tres Coronas (1920)	Benjamín Corona	La primera generación fue de 1920 hasta 1965; la segunda hasta 1965, de los hermanos Corona Robles y, de 1980 hasta la actualidad la familia Corona Pérez se encarga de la producción. En 1920 se elaboraban cien litros diarios de mezcal puro. En 1980 se formalizó la empresa, y producía mil litros diarios, y hoy son 4 mil, pero mezclados. El agave azul lo empezaron a utilizar en 1960. Cuentan con alrededor de 45 hectáreas cultivadas, de las cuales 80% es agave azul y 20% de verde	Azul y verde
El Roble (1976)	David Robles Cobián	David Robles Cobián estuvo a cargo hasta 1985; siguió José María Robles García, hasta 1994, y Juan Antonio Robles García hasta la fecha. Cuentan con 16 hectáreas cultivadas; la mayor parte del agave se compra a los campesinos de la región. Al principio producían dos tinas cada dos días, es decir, como 250 litros diarios. Ahora son mil, pero no se mezcla con nada. Al agave verde los pobladores lo nombran liméño	Verde
Grupo Tonayan (1958)	Federico Paz Osorio	Sin datos	Azul y verde
Licor de Jalisco Ortiz, de la marca "Dos Gallos" (1972)	Carlos Ortiz Gómez	Inició operaciones con dos marcas: Ortiz y Palenque, después se fusionaron en el nombre actual. A veces compraban el agave y otras lo plantaban. Al momento de iniciar se producían 5 mil litros al mes de puro mezcal, ahora 1 200, pero mezclado con otros ingredientes. Actualmente ellos no cultivan agave; sin embargo, un familiar que es el proveedor, tiene plantadas cien toneladas de agave azul y verde	Azul y verde

Fuente: elaboración propia, con información obtenida en las entrevistas.

Otro factor que influyó para que los productores adoptaran el agave azul fue la ampliación del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO), que al principio otorgaba subsidios directos a los productores de maíz, sorgo y frijol, y a partir de 1997 se incluyó al agave azul entre los alternativos (Flores y Zamora 2003).

A diferencia del sistema tradicional de cultivo del agave verde, para sembrar el azul, que fue introducido, se requieren grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas químicos, los cuales causan daños ambientales importantes, cuyos efectos en las tierras y en la salud de las comunidades no se están visualizando ni valorando a largo plazo. Este aumento de los agroquímicos, junto con los arrastres de nutrientes hacia los cauces naturales, así como el drenaje urbano e industrial no tratados, han contaminado el agua de los ríos Tonaya y Tuxcacuesco (Bowen et al. 2004; Martínez et al. 2007).

En general, el incremento del cultivo de agave está vinculado con un beneficio económico en relación con otros de temporal. Sin embargo, esta situación se debe analizar con más detalle porque se debe considerar, además de la obtención de la materia prima, la venta o la transformación de ella, para asegurar la salida y la rentabilidad del cultivo (Gerritsen y Martínez 2010). Un ejemplo de esta reflexión es la sobreproducción de agave en 1998, que impidió que algunos productores pudieran venderlo, y quedaron endeudados con los bancos, y gran parte de las plantas se pudrieron en los campos (Rivera 1998).

Cuando el agave azul se introdujo en Tonaya, a finales de la década de 1990, hubo muchos cambios en las actividades agrícolas para adaptarse a su producción intensiva. Una de las consecuencias más notorias fue que se dejaron de sembrar granos básicos como el maíz. En la localidad existen cerca de 110 productores dedicados al agave, que incluyen a los ejidales y los propietarios privados. También la actividad ganadera se desplazó en casi 50 por ciento (Cárdenas et al. 2008; Núñez 2011).

Efectos sociales de la nueva forma de producción

Los campesinos dueños de parcelas optan por rentar sus tierras por dos razones, la edad avanzada y el desinterés de las nuevas generacio-

nes por las actividades agrícolas, debido a los riesgos económicos o climáticos que conllevan (Moreno 2010). Los arrendadores tienen percepciones positivas y negativas sobre los efectos del cultivo del agave; entre las primeras están que su ingreso monetario es seguro, y que les permite dedicarse a otra actividad y, entre las segundas, el manejo inadecuado que le dan a sus tierras (Nava et al. 2006). Al firmarse un contrato de arrendamiento entre el propietario de la parcela y la compañía agavera, el productor cede todo el manejo de ésta a la empresa, lo que no le asegura la conservación ni el mejoramiento de la tierra cuando el contrato concluye (Gerritsen y Martínez 2010).

Hay alternativas viables para que el cultivo de agave sea rentable, como la producción de miel de agave, y que el gobierno proporcione créditos para este tipo de proyectos; otra opción para los pequeños productores es que podrían organizarse y destilar el agave en grupo o de manera individual. Aunque esto sería a pequeña escala, tendría la ventaja de la diferenciación del producto, porque su sabor sería único (Leclert et al. 2010).

Efectos ambientales de la producción de destilados de agave

Efectos en el cultivo de agave azul

Uno de los efectos ambientales principales del cultivo del agave azul sobre la siembra del verde es el incremento sustancial en el uso de pesticidas; por ser un monocultivo, la planta es más vulnerable a enfermedades y plagas, por lo que aumentó el empleo de éstos. Además, para cultivar agave azul se utilizan clones de una sola planta, lo que lo hace más susceptible a las plagas y las enfermedades que el verde (Valenzuela 2006; Cárdenas 2008; Núñez 2011).

Las tierras rentadas por compañías tequileras se fumigan con avionetas para combatir las plagas. En la etapa de plantación del agave azul es cuando se usan más agroquímicos que en el resto del ciclo, cuando las aplicaciones son periódicas; entre los más empleados están: metomilo (Lannate), tebuthiuron (Combine 500), halosulfuron-metil (Sempra), glifosato (Faena), carbofuran (Furadan 350L y Furadan 5G), clorpirifos (Lorsban 5G), dicloruro de 1,1'-dimetil-4,4'-bipi-

ridilo (Paraquat, Gramoxone), monocrotofos (Nuvacron), terbufos (Counter 5 por ciento), mancozeb (Manzate), sulfato de cobre y cal agrícola (Flores y Zamora 2003). La fumigación también perjudica la producción de miel, porque las colmenas que se encuentran cerca de estos predios se intoxican, y dejan de producirla (Núñez 2011) (véase figura 4).

Figura 4

Toxicidad de algunos plaguicidas utilizados
para el cultivo de agave azul

Agroquímico	Toxicidad	Fauna afectada
Metomilo	Alta	Aves e insectos
Tebuthiuron	Ligera	Abejas, peces y otras especies acuáticas
Halosulfuron metil	Ligera	Peces
Glifosfato	Ligera a moderada	Peces, anfibios y moluscos
Carbofuran	Extrema	Abejas y especies benéficas, zooplancton, crustáceos, peces y aves
Clorpirifos etil	Extrema	Peces, invertebrados acuáticos, organismos marinos y estuarinos (camarones y cangrejos). Grave riesgo para la vida silvestre
Monocrotofos	Alta	Aves, abejas, invertebrados acuáticos (crustáceos y zooplancton) y mamíferos
Terbufos	Extrema	Invertebrados acuáticos (crustáceos y zooplancton), mamíferos, reptiles y aves

Fuente: elaboración propia, con base en las fichas técnicas de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC 2004).

El uso indiscriminado de herbicidas también provoca erosión del suelo, porque elimina más de 90 por ciento de la cubierta vegetal durante los siete años que permanece el cultivo, lo que contribuye a la pérdida de vegetación aledaña y fauna silvestre. Aunado a eso, la tendencia de establecer los surcos en el sentido de la pendiente (en la cosecha las piñas son rodadas para aprovechar la inclinación), erosiona el suelo porque está descubierto y los surcos se han vuelto cárcavas de gran tamaño (Martínez et al. 2007; Moreno 2010).

Existe una tendencia de aclareo en áreas colindantes a los cultivos de agave, sobre todo en las zonas limítrofes con las áreas cubiertas por bosque tropical caducifolio. En los bosques nativos cercanos a los terrenos cultivados con agave azul, en Tonaya, se ha comprobado una disminución en la abundancia y diversidad de aves y coleópteros (Martínez et al. 2007). Un cambio en la cobertura vegetal conlleva a la transformación y degradación de servicios ambientales (Vitousek et al. 1997).

Efectos en la destilación del agave

El proceso de destilación del licor de agave provoca otro tipo de daño, debido a los residuos generados; se inicia con la cosecha, denominada jima, es cuando se separa la planta de su raíz a la altura del cuello. Luego el jimador corta las hojas por la base con una coa de jima, y deja descubierta una bola formada de tejidos fibrosos muy fuertes, con gran cantidad de agua y azúcares, conocida como piña o corazón de la planta, con lo que se termina la jima y las piñas son trasladadas a la fábrica (Flores y Zamora 2003). Primero se cuecen a vapor las piñas partidas a la mitad; el tiempo y tipo de cocción depende de cada empresa. Después se muelen y se extrae el jugo de agave, al residuo que queda se le conoce como bagazo. El jugo se coloca en tinas y se le agrega agua, en algunas fábricas se añade azúcar de caña, y se mantiene ahí durante cuatro días para su fermentación. Sigue la destilación, y al residuo líquido de esta etapa se le conoce como vinazas; puede haber una segunda destilación. Luego, el licor extraído se deja reposando en barricas de maderas diferentes, el tiempo varía según el licor que se quiera obtener, y al final se envasa (García-Herrera et al. 2010).²

En Jalisco es muy común verter el agua residual a los cauces naturales. En las destiladoras en Tonaya, al igual que en la mayoría de las del estado, hasta 2012, sus vinazas se vertían en el drenaje, y luego iban a dar al río. Esto sucede en Tequila; al arroyo Atizcoa lo renombraron “el arroyo de la tuba”, por el olor de las vinazas calientes que

² Comunicación electrónica con Juan Carlos Hernández López, director de planta; entrevistado sobre la destilación de agave en Tonaya (12 de noviembre de 2012).

descargan en él (Hernández 2012). Hay casos similares en Arandas, Jesús María, San Ignacio Cerro Gordo y Atotonilco, donde estaban establecidas alrededor de 40 fábricas de tequila que no trataban sus aguas residuales (Hernández 2003).

La producción de siete a once litros de vinazas por litro de licor destilado representa una fuente importante de contaminación para el agua. Las vinazas alcanzan una temperatura de hasta 90 °C, y contienen una carga orgánica alta, que llegan a ser de 60 mil a 100 mil partes por millón (ppm) de demanda química de oxígeno³ (DQO) total, y de 35 mil a 60 mil ppm de demanda bioquímica⁴ de oxígeno (DBO₅) total, en comparación con la del agua residual urbana que tiene un promedio de 500 ppm de DQO (Jiménez 2001), pH muy ácido (promedio de 4), presencia de metales pesados y concentraciones altas de grasas y aceites (Martínez et al. 2007; López-López et al. 2010), lo que ocasiona daños severos a la flora y la fauna acuática donde se descargan de manera directa o diluida en cuerpos de agua. La alta temperatura y la gran carga orgánica reduce la concentración del oxígeno en el agua, lo que disminuye su disponibilidad para la fauna acuática. En el estudio realizado por Martínez et al. (2007), en cuatro destiladoras de Tonaya, los residuos rebasaron los valores límite de temperatura, de grasas y aceites, de DQO y de zinc permitidos en la descarga de aguas residuales en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, establecidos en la NOM-002-ECOL-1996. En 1999, cuando se generaban 12 800 litros de vinaza por día, las características del agua residual en Tonaya eran equivalentes a las de una ciudad 22 veces su tamaño (Comisión Nacional del Agua, CNA y Montgomery 2001), porque se vertían las vinazas al drenaje. En 2007 se generaban cerca de 58 mil litros de vinaza al día (Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, SEMADES 2011), lo que incrementó considerablemente el problema de contaminación del río.

³ La DQO es la cantidad de materia orgánica e inorgánica en un cuerpo de agua susceptible de ser oxidada por un oxidante fuerte (NMX-AA-030-SCFI-2001). Todo el material orgánico –biodegradable o no– es químicamente oxidado y cuantificado (Universidad Autónoma de Chihuahua 2012).

⁴ La DBO es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en cinco días (NMX-AA-028-SCFI-2001).

Por otro lado, por cada litro de licor se generan 3.6 kg de bagazo en base húmeda (Jiménez 2010), residuo que si no se maneja bien puede provocar contaminación por lixiviados a mantos freáticos, riesgos fitosanitarios y efectos negativos en la fertilidad de las tierras de cultivo (Crespo 2011). El aumento de residuos ha sido proporcional al incremento en la producción de licor de agave en Tonaya, así como la descarga de los residuos líquidos al río Tonaya y, por ende, al Tuxcacuesco. Como resultado, esto ha provocado mortandad de peces y daños en cultivos de Tuxcacuesco en diferentes ocasiones y durante varios años.

Otro aspecto que coadyuva a incrementar el riesgo de mortandad de peces en el río Tuxcacuesco es el cierre de la presa Las Piedras. Esto se realiza antes del inicio de la temporada de lluvias, y ocasiona una reducción drástica del caudal del río que, con las descargas de vinazas, aumenta la concentración de la contaminación y disminuye el oxígeno del agua, lo que provoca la muerte de peces y otros organismos (Martínez y Meza 2011). La contaminación por agroquímicos y las vinazas no se queda en el municipio, sino que continúa río abajo dañando las actividades ganaderas, agrícolas, de recreación (Pérez 2007) y a la fauna acuática. Debido al aumento paulatino de los residuos de la destilación, es importante establecer una alternativa para su destino final.

Fortalecimiento de la gestión institucional para el control de la contaminación

Debido a diversos problemas ambientales, en 2001 ocho municipios ubicados en la cuenca Ayuquila (entre ellos Tonaya), junto con la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno de Jalisco, la dirección de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y el Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (IMPECBIO) del CUCSUR de la UDG, integraron la iniciativa intermunicipal para la gestión integral de la cuenca del río Ayuquila (IIGICRA). Con ésta el gobierno municipal respondió a las demandas e iniciativas locales, y hubo mejor coordi-

nación entre los usuarios del agua (Graf et al. 2006). En 2005 se integraron otros dos municipios a la iniciativa (Gobierno del Estado de Jalisco 2007). En 2007, la IIGICRA decidió darle un enfoque jurídico apropiado para fortalecer las capacidades institucionales en materia ambiental y de manejo de recursos naturales. Así se conformó en el organismo público descentralizado intermunicipal denominado JIRA, cuya función era, y sigue siendo, asesorar y brindar apoyo técnico a los diez municipios en materia de manejo de recursos naturales y cuidado del medio ambiente (Gobierno del Estado de Jalisco 2007).

En junio de 2005 hubo una muerte masiva de peces en el río Tuxcacuesco, causada por las vinazas, lo que llamó la atención de los ciudadanos.⁵ Nadie fue sancionado por este hecho, ni se emprendieron acciones para controlarlo. Fue hasta 2007 cuando, por iniciativa de la Universidad de Guadalajara, la JIRA y la Comisión de la Cuenca del Río Ayuquila, en coordinación con el municipio de Tonaya, las destiladoras y otras autoridades competentes fueron convocadas a discutir una alternativa viable para combatir el problema ambiental provocado por las vinazas en Tonaya. Ese mismo año, en el plan de desarrollo municipal se planteó la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas (PTAR). Sin embargo, fue hasta julio de 2008 cuando se llevó a cabo la primera reunión entre empresas destiladoras e instituciones gubernamentales y ambientales (incluida la JIRA). En este primer acercamiento muy pocas destiladoras firmaron acuerdos para el manejo de vinazas, y sólo se recopiló información de que éstas generaban 57 960 litros de vinazas diarias (SEMADES 2009).

En junio de 2009, personal de la SEMADES visitó algunas empresas para conocer los procesos industriales y caracterizar las aguas residuales, y descubrió que estaban fuera de los límites que establece la NOM-002-ECOL-1996. Como resultado, en septiembre de ese año, las empresas dispuestas a participar acordaron asistir a talleres de alternativas sustentables organizadas en Tequila, Jalisco. También se propuso elaborar un proyecto de compostaje de bagazo y vinazas; sólo las tres compañías más grandes acordaron signar este acuerdo. La propuesta

⁵ Comunicación electrónica con Luis Manuel Martínez Rivera, profesor-investigador de la UDG; entrevistado sobre procesos de contaminación en el río Tuxcacuesco (25 de enero de 2013).

de proyecto se presentó en 2010, y el municipio se comprometió a conseguir el terreno para desarrollarlo (SEMADES 2010).

En 2011, las descargas de vinazas sin tratar se seguían descargando en el río Tuxcacuesco, por lo que algunos agricultores de ese municipio levantaron cargos contra el de Tonaya, porque se deterioraba la calidad del agua para sus cultivos (*Informativo del Sur de Jalisco* 2011; Martínez y Meza 2011; Martínez et al. 2015). En mayo de 2011, la Comisión Estatal del Agua resaltó que las vinazas no estaban en condiciones de ser descargadas a un cuerpo federal, por lo que presionó para que se concretara alguna alternativa de tratamiento. En esa misma reunión se mencionó que se iba a construir una planta tratadora de aguas residuales (SEMADES 2011). Por otra parte, sin haber nada concreto para controlar la contaminación, en junio ocurrió una gran mortandad de peces en el río Tuxcacuesco, seis años después de la anterior (Martínez y Meza 2011). Ante esta nueva contingencia ambiental, se retomaron y se aceleraron las acciones para no descargar vinazas, por lo que el Ayuntamiento de Tonaya se comprometió a buscar un terreno para verterlas, y los propietarios de las destiladoras a invertir en la instalación de cisternas para el acopio de las vinazas, y manifestaron su disposición para apoyar una alternativa mejor.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) fijó el 5 de septiembre de 2011 como fecha límite para que los empresarios dejaran de descargar las vinazas al drenaje urbano y, con ello, se vieron obligadas a atender esta situación. Las acciones emprendidas por la más grande de ellas fue coleccionar las vinazas, llevarlas a una cisterna donde se enfrían y neutraliza su pH con cal, para después esparcir las vinazas en terrenos agrícolas (SEMADES 2011). También, a principios de 2012 comenzó a operar la planta de tratamiento de lodos activados de Tonaya, que trataba ocho litros por segundo de aguas residuales urbanas. Con estas dos acciones, las condiciones de calidad de agua de los ríos Tonaya y Tuxcacuesco mejoraron sustancialmente (Rodríguez 2015). Sin embargo, el éxito obtenido no duró mucho tiempo ya que, con el cambio de administración municipal, tanto la operación de la planta de tratamiento como la vigilancia sobre la descarga de vinazas fueron abandonadas, y de nuevo los desechos urbanos fueron vertidos al río, lo que ocasionó el deterioro de las condiciones de calidad de agua de los dos ríos.

En junio de 2015, en un sitio de disposición de bagazo, sin protección para el subsuelo y establecido a unos metros del pozo de abastecimiento de agua potable de San Luis Tenango, el lixiviado se infiltró hacia el pozo, y lo contaminó e inhabilitó como fuente de abastecimiento para la comunidad. Esta situación continuó por varios meses, y la comunidad se abastecía de agua por medio de pipas (Martínez et al. 2015).

Discusión y conclusiones

El agave se cultiva en Tonaya desde hace más de 170 años (Vázquez 1984). Entre 1900 y 1930 se empezó a producir de manera más formal, lo que aumentó los residuos. El incremento del cultivo de agave azul en Tonaya modificó el paisaje, y disminuyó el bosque tropical caducifolio, como ocurrió en Tequila (Hernández 2012). Al principio, la cantidad de vinazas no representaba un problema, ya que se utilizaban para aplacar el polvo de las calles. Pero, a partir de 1966, sus efectos negativos para la población de Tonaya se hicieron notorios, debido a los malos olores asociados a las vinazas que se vertían al drenaje urbano. Fue hasta 2011, es decir, 45 años después, que se empezaron a gestionar acciones para mitigar el daño ocasionado por éstas.

A pesar de los esfuerzos por remediar el problema ambiental provocado por los residuos de la industria agavera, éste no se ha solucionado, ya que los realizados por las instituciones ambientales son muy lentos y cuando tienen éxito, como sucedió en Tonaya en 2012, retroceden porque no hay seguimiento ni continuidad por parte de las autoridades ambientales de los diferentes órdenes de gobierno. Este es un ejemplo de cómo los cambios de administración inciden en la continuidad de las acciones, y hacen que los resultados positivos se detengan. Esto ocasiona que cada tres años se tengan que reiniciar acciones, e invertir dinero y esfuerzo para combatir un problema que ya se había controlado.

La producción de destilados de agave es una fuente importante de recursos para la economía de este municipio, además de ser una bebida de mucho arraigo cultural en la región. Por tal razón, deben consolidarse acciones que permitan hacer compatible la producción

de esta bebida con la protección y la conservación de los recursos naturales. El caso expuesto aquí es un ejemplo de cómo se puede solucionar un problema ambiental ocasionado por un mal manejo, con acciones concertadas de los actores. La búsqueda de mecanismos que permitan la continuidad de éstas a largo plazo debe convertirse en una prioridad para las autoridades gubernamentales y la sociedad en general.

A continuación se exponen algunas recomendaciones para el manejo de la cantidad de los residuos provenientes de la industria agaveera en Tonaya.

- Continuar con la descarga de las vinazas en las parcelas, pero con ciertas adecuaciones del proceso, como analizar el tipo de suelo para adecuar la cantidad de cal por agregar a las vinazas para neutralizarlas, y así evitar la contaminación del suelo. También hay que cerciorarse de que no está cerca de algún cuerpo de agua o sobre un manto freático, alternar las parcelas para evitar una sobresaturación del suelo, y remover e incorporar la materia orgánica acumulada presente en las vinazas para mejorar la calidad del suelo, aunado a esto, se recomienda hacer un estudio a largo plazo para monitorear la cantidad de metales pesados que pudieran acumularse (Rodríguez 2015).
- Tratar las vinazas mediante una digestión anaerobia (proceso biológico que transforma la materia contaminante en metano y dióxido de carbono), y reutilizar el biogas generado como combustible en el proceso de elaboración (las calderas) del licor de agave. Sin embargo, a largo plazo el costo de esta alternativa es elevado debido al mantenimiento que requiere la maquinaria, por lo que se debe estudiar con más detalle su costo-beneficio (Rodríguez 2015).
- Generar composta mezclando el bagazo y las vinazas, con ciertas precauciones de la ubicación del terreno, como que esté alejado de una población urbana por los olores que pudieran producirse o los incendios accidentales, debido al aumento de temperatura en la descomposición de la materia orgánica, así como instalar una membrana para evitar infiltraciones al subsuelo y evaluar la calidad de la composta. La desventaja de esta alternativa es que la proporción de vinazas generadas es mayor al requerimiento del bagazo en

el composteo, por lo que se puede complementar con la descarga de éstas a las parcelas, esto puede significar un ingreso extra con la venta de la composta (Rodríguez 2015).

- Evaporar a la atmósfera las vinazas que se decantan y enfrían en un tanque, y después se trasladan a un pozo adecuado con una membrana para impermeabilizarlo, con lo que se crea una laguna en la que se evaporan las vinazas con aspersores, a través de microgotas. Los aspersores son hidráulicos, por lo que no requieren electricidad para funcionar; el terreno debe estar alejado de la urbanización para evitar la propagación del olor característico, para esta alternativa se requiere medir constantemente los factores de humedad y viento (Rodríguez 2015).

Bibliografía

- Álvarez Grzybowska, Natalia Sylwia y Peter R. W. Gerritsen. 2013. *Construyendo poderes locales: microdestilerías y agave azul en el sur de Jalisco*. Guadalajara: Editorial Universitaria. Libros UDG.
- Ayuntamiento de Tonaya. 2007. *Plan de Desarrollo Municipal de Tonaya, Jalisco 2007-2027*. Secretaría General de Gobierno. Subsecretaría de Participación Social. Dirección General de Desarrollo Municipal. Centro Estatal de Estudios Municipales de Jalisco.
- Bautista, Juan Antonio y Mascha A. Smit. 2012. Sustentabilidad y agricultura en la “región del mezcal” de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3 (1): 5-20.
- Biernacki, Patrick y Dan Waldorf. 1981. Snowball sampling. Problems and techniques of chain referral sampling. *Sociological Methods & Research* 10 (2): 141-163.
- Bowen, Sarah, Ana Livier Durán Amaya y Peter R.W. Gerritsen. 2004. *Análisis cuantitativo del agave en los municipios de Autlán, El Grullo, El Limón, Tonaya y Tuxcacuesco*. Informe interno. División de

Desarrollo Regional. Departamento de Ecología y Recursos Naturales, CUCSUR-UDG.

Cárdenas Hernández, Oscar Gilberto. 2008. Causes and consequences of deforestation and land-cover change in rural communities of western Mexico. Tesis doctoral. University of Wisconsin-Madison.

CNA y Montgomery Watson. 2001. Estudio de la calidad del agua del río Ayuquila en una longitud de 240 km, en los estados de Jalisco y Colima. Disco compacto. CNA.

Colunga-García Marín, Patricia y Daniel Zizumbo-Villarreal. 2007. El tequila y otros mezcales del centro-occidente de México: domesticación, diversidad y conservación de germoplasma. En *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*, editado por P. Colunga-García Marín, A. Larqué, L. E. Eguiarte y D. Zizumbo-Villarreal, 113-131. México: Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), CONABIO, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE).

CONABIO. 2012. Biodiversidad mexicana. Mezcales. Historia natural. <http://www.biodiversidad.gob.mx/usuarios/mezcales/mHistoria.html> (6 de noviembre de 2012).

Crespo González, Marcos Rafael. 2011. Proceso de compostaje de bagazo de agave tequilero a gran escala y uso de la composta para el cultivo del agave tequilana en contenedor. Tesis doctoral, UDG.

CRT. 2013. Declaratoria general de protección a la Denominación de Origen "Tequila". Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. Dirección General de Inventiones y Marcas. http://www.crt.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=169&Itemid=178&lang=es (15 de marzo de 2013).

CRT. 2011. El tequila, historia. Final. http://www.crt.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=64%3Ahistoria&ca

tid=43%3Ael-tequila&Itemid=173&lang=es (5 de diciembre de 2011).

Díaz Muñoz, José Guillermo. 2005. Iniciativa Intermunicipal para la Gestión Integral de la Cuenca del Río Ayuquila (IIGICRA) Autlán, Ejutla, El Grullo, El Limón, San Gabriel, Tolimán, Tonaya, Tuxcacuesco, Unión de Tula, Zapotitlán de Vadillo, Jalisco. La comunidad de la ingeniería mexicana. <http://comunidad.ingenet.com.mx/iruarioyuquila/files/2010/02/experiencia-IGICRA-CIDE.pdf> (27 de noviembre de 2012).

DOF. 2012. Modificación a la declaración general de protección de la denominación de origen “Mezcal”. IMPI. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5278677&fecha=22/11/2012 (22 de noviembre de 2012).

EMDM. 2010. Tonaya. Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Secretaría de Gobernación. <http://inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM14jalisco/index.html> (3 de diciembre de 2012).

Erickson, Bonnie H. 1979. Some problems of inference from chain data. *Sociological Methodology* 10: 276-302.

Erowid, Fire. 2004. The spirits of maguey. The values of Erowid. http://www.erowid.org/chemicals/alcohol/alcohol_article1.shtml (15 de marzo de 2013).

FAO. 1991. Cinco estudios de caso sobre el uso de dendroenergía en industrias rurales de México. El consumo de leña en la producción de mezcal. El caso de Santiago Matatlán, Oaxaca. <http://www.fao.org/docrep/006/AD096S/AD096S03.htm> (9 de enero de 2013).

Flores Preciado, Elisa Marbella y José Julián Zamora Durán. 2003. Análisis socioambiental de la expansión del cultivo de agave azul (*Agave tequilana* Weber) en los municipios de Autlán de Navarro y

Tuxcacuesco, Jalisco. Tesis de ingeniería en recursos naturales y agropecuarios, UDG.

García Mendoza, Abisaí J. 2007. Los agaves de México. *Ciencias* 87 (087): 14-23. <http://www.redalyc.org/pdf/644/64408704.pdf> (16 de enero de 2013).

García-Herrera, E. Javier, S. de Jesús Méndez-Gallegos y Daniel Talavera-Magaña. 2010. El género *agave* spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica, VIII Simposio-taller nacional y 1er Internacional producción y aprovechamiento del nopal. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, edición especial 5.

Gerritsen, Peter y Luis Manuel Martínez Rivera. 2010. *Agave azul, sociedad y medio ambiente. Una perspectiva de la costa sur de Jalisco*. México: Departamento de Ecología y Recursos Naturales (DERN)-IMECIBIO, CUCSUR-UDG.

Gobierno del Estado de Jalisco. 2007. Convenio de creación del Organismo Público Descentralizado "La Junta Intermunicipal de Medio Ambiente para la Gestión Integral de la Cuenca Baja del Río Ayuquila". *Periódico Oficial del Estado de Jalisco #23*, sección II, tomo CCCLVIII.

González Huezo, Arabella y Bettina Monti Colombani. 2006. Rutas culturales de Jalisco. Itinerarios para conocer la riqueza patrimonial. En *Itinerarios culturales y rutas del patrimonio*. Patrimonio Cultural y Turismo 15. Cuadernos, 88-99. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA).

Goodman, Leo A. 1961. Snowball sampling. *Annals of mathematical Statistics* 32 (1): 148-170. <http://projecteuclid.org/euclid.aoms/1177705148> (30 de marzo de 2012).

Graf Montero, Sergio, Eduardo Santana Castellón, Luis Manuel Martínez Rivera, Salvador García Ruvalcaba y Juan José Llamas. 2006. Collaborative governance for sustainable water resources management: the experience of the Inter-municipal Initiative for the Inte-

grated Management of the Ayuquila River Basin, Mexico. *Environment & Urbanization* 18 (2): 297–313.

Hernández López, José de Jesús. 2012. *Paisaje y creación de valor. La transformación de los paisajes culturales del agave y del tequila*. Zamora: El Colegio de Michoacán.

Hernández López, José de Jesús. 2003. Las vinazas del tequila: nuevos usos, viejas prácticas en el tratamiento de las aguas residuales del tequila en los Altos de Jalisco. *Cuadernos de Los Altos* 3: 103-118.

INAH. 1997. Diosa Mayahuel, Museo del Templo Mayor, México. <http://archaeology.asu.edu/tm/pages/mtm38a.htm> (13 de marzo de 2013).

INECC. 2004. Sistema y consulta de plaguicidas. SEMARNAT. <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/busquedas.html> (20 de octubre de 2015).

INEGI. 2010. Cuéntame, información por entidad, número de habitantes por municipio. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/jal/poblacion/default.aspx?tema=me&e=14> (28 de marzo de 2012).

Informativo del Sur de Jalisco. 2011. Registra mortandad de peces río Tuxcacuesco. 11 de julio. <http://www.periodicoelsur.com/noticia.aspx?idnoticia=60405> (2 de enero de 2016).

Jiménez Cisneros, Blanca Elena. 2001. *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. México: Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C., FEMISCA, Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, Limusa Noriega Editores.

Jiménez Martínez, Juan Francisco. 2010. *Aprovechamiento de los biosólidos de la industria tequilera para la elaboración de composta de bagazo de agave*. Tesis de maestría, UDG.

- JIRA. 2013. Jalisco, México. <http://www.jira.org.mx/jir01/principal/index.php/2-uncategorised/42-programa-feria-ambiental-rio-ayuquila-2013> (18 de marzo de 2013).
- Leclert, L., Peter R. W. Gerritsen y Hielke van der Meulen. 2010. Agave azul: crisis cíclicas y las posibilidades para la planeación del cultivo en el estado de Jalisco. En *Agave azul, sociedad y medio ambiente. Una perspectiva de la costa sur de Jalisco*, editado por Peter Gerritsen y Luis Manuel Martínez Rivera, 19-42, México: DERN-IMECBIO, CUCSUR-UDG.
- López-López, Alberto, Gustavo Dávila-Vázquez, Elizabeth León-Bece-rril, Edgardo Villegas-García y Juan Gallardo-Valdez. 2010. Tequila vinasses: generation and full scale treatment processes. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 9: 109-116.
- Macías Macías, Alejandro y Ana Guadalupe Valenzuela Zapata. 2009. El tequila en tiempos de la mundialización. *Comercio Exterior* 59 (6): 459-472.
- Martínez Rivera, Luis Manuel, Ángel Aguirre García, Tania Román Guzmán, Carlos Arreola Campos y David Escandón. 2015. Contaminación del pozo de abastecimiento de agua del poblado de San Luis Tenango en el municipio de Tonaya, Jalisco. Reporte de campo. UDG, Gerencia Operativa de la Comisión de la Cuenca del Río Ayuquila-Armería, JIRA.
- Martínez Rivera, Luis Manuel y Demetrio Meza Rodríguez. 2011. Diagnóstico preliminar del siniestro ambiental río Tuxcacuesco. DERN-IMECBIO, CUCSUR-UDG.
- Martínez Rivera, Luis Manuel, Peter R. W. Gerritsen, Jesús J. Rosales Adame, Arturo Moreno H., Sarahy Contreras M., Arturo Solís M., Luis E. Rivera C., Oscar G. Cárdenas H., Luis I. Íñiguez D., Ramón Cuevas G., Carlos Palomera G., Edith García R., Ángel Aguirre G. y José Luis Olguín L. 2007. Implicaciones socioambientales de la expansión del cultivo de agave azul (1995-2002) en el municipio de Tonaya, Jalisco, México. En *En lo ancestral hay un futuro: del tequila, los*

- mezcales y otros agaves, editado P. Colunga-García Marín, A. Larqué, Luis E. Eguiarte y Daniel Zizumbo-Villarreal, 265-286. México: CICY, CONACYT, CONABIO, SEMARNAT, INE.
- Meter, Karl M. van. 1990. Methodological and design issues: techniques for assessing the representatives of snowball samples. En *The collection and interpretation of data from hidden populations*, editado por Elizabeth Y. M.S. Lambert, 31-43. National Institute on Drug Abuse Research Monograph 98.
- Molina Moreno, Juan C. y Leobigildo Córdova Téllez (compiladores y editores). 2006. *Informe nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación. Recursos fitogenéticos en México para la alimentación y la agricultura*. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México. <http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/Mexico.pdf> (20 de febrero de 2013).
- Moreno Hernández, Arturo. 2010. Factores asociados a la sustentabilidad de agroecosistemas de agave azul (*Agave tequilana* Weber) en la sierra de Amula, Jalisco: propuesta metodológica para su medición. Tesis doctoral, Colegio de Postgraduados.
- Nava López, Arturo, Arturo Moreno Hernández, Peter Gerritsen y Jesús Juan Rosales Adame. 2006. El agave en Tonalá, Jalisco: tradición vs globalización. *Carta Económica Regional* 29 (97). *Revista del Departamento de Estudios Regionales-INESER*.
- Norma oficial mexicana NMX-AA-028-SCFI-2001. Análisis de agua - determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO₅) y residuales tratadas-método de prueba. Dirección General de Normas (DGN), Secretaría de Economía.
- Norma oficial mexicana NMX-AA-030-SCFI-2001. Análisis de agua - determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba. DGN, Secretaría de Economía.

- Norma oficial mexicana NOM-002-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- Norma oficial mexicana NOM-006-SCFI-1994. Bebidas alcohólicas-tequila-especificaciones.
- Núñez Hernández, Alfonsina. 2011. La construcción de nichos alternos en el mercado de las bebidas espirituosas en México: los licores de agave de Tonaya sin la protección de la Denominación de Origen Tequila, ni Mezcal. Tesis de maestría, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Pérez Carrillo, Gabriela. 2007. Los alcances de la educación ambiental en la gestión integral de los desechos sólidos municipales. Tesis de maestría, UDG.
- Puerto, María Guadalupe y Ana Laura Prudencio Guerrero. 2009. Caracterización del agroecosistema tradicional y diversidad in situ de agaves mezcaleros en Monte Grande, Tolimán, Jalisco. Tesis de ingeniería, UDG.
- Ramírez, Jacinta. 1995. Los magueyes, plantas de infinitos usos, CONABIO. *Biodiversitas* 3:1-7.
- Rivera, María. 1998. El boom del tequila. <http://www.jornada.unam.mx/1998/03/01/mas-rivera.html> (25 de noviembre de 2012).
- Rodríguez Contreras, Francia Elizabeth. 2015. Contaminación y degradación ambiental por vinazas en el río Tonaya y su impacto en el río Tuxcacuesco. Tesis de maestría, UDG.
- Romero, Martha, Eva María Rodríguez, Ana Durand-Smith, Rosa María Aguilera. 2003. Veinticinco años de investigación cualitativa en salud mental y adicciones con poblaciones ocultas. Primera parte. *Salud Mental* 26 (6): 76-83.

Santana C., Eduardo, Sonia Navarro, Luis Manuel Martínez, Ángel Aguirre, Pedro Figueroa y César C. Aguilar. 1993. Contaminación, aprovechamiento y conservación de los recursos acuáticos del río Ayuquila, Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima. *Tiempos de Ciencia* (30): 29-38.

SEMADES. 2011. Industrias mezcaleras de Tonaya, Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico de la CONAGUA, PROFEPA, Comisión Estatal del Agua de Jalisco, Gobierno del Estado de Jalisco, JIRA, Comisión de Defensa del Agua y Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca del río Ayuquila-Armería, COMPOSTAMEX, UDG.

SEMADES. 2010. Minutas de las reuniones de acercamiento con industriales del mezcal en Tonaya. Industrias mezcaleras de Tonaya, JIRA, IMECBIO-UDG y la Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca del Río Ayuquila-Armería.

SEMADES. 2009. Minutas con el grupo de productores de mezcal en el municipio de Tonaya. Destiladoras de agave, JIRA, Gerencia Operativa de la Comisión de la Cuenca del Río Ayuquila-Armería, Ingenio Melchor Ocampo y ZUCARMEX.

Universidad Autónoma de Chihuahua. 2012. Caracterización de aguas residuales por DBO y DQO. Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales. Facultad de Ciencias Químicas. <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/dboydqd2.pdf> (1 de octubre de 2012).

Valenzuela Zapata, Ana G. 2006. Agave azul. Historia por venir. En *Itinerarios culturales y rutas del patrimonio*. Patrimonio Cultural y Turismo 15. Cuadernos, 145-157. México: CONACULTA.

Valenzuela Zapata, Ana G. y Marie-Sarita Gaytán. 2011. Mayahuel la diosa pulquera. *La Jornada*. <http://ciencias.jornada.com.mx/investigacion/ciencias-quimicas-y-de-la-vida/investigacion/mayahuel-la-diosa-pulquera> (13 de marzo de 2013).

- Vázquez Lara Centeno, Florentino. 1984. *Altos estudios en Colima 1760-1882*. Colección Collimán I. Colima: Universidad de Colima.
- Vitousek, Peter M., Harold A. Mooney, Jane Lubchenco y Jerry M. Melillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, new series 277 (5325): 494-499.
- Yoldi, Miguel. 2000. Agave tequilero; pencas que abrazan al mundo. *Revista Abriendo Surcos*: 3-32.
- Zizumbo-Villarreal, Daniel y Patricia Colunga-García Marín. 2007. La introducción de la destilación y el origen de los mezcales en el occidente de México. En *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*, editado por P. Colunga-García Marín, A. Larqué, L. E. Eguiarte y D. Zizumbo-Villarreal, 85-112. México: CICY, CONACYT, CONABIO, SEMARNAT, INE.