

# ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD Y LA VULNERABILIDAD DE LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN DEL TEQUILA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Alejandra Aguilar Ramírez  
Josué Díaz Vázquez  
Miguel Ángel Domínguez Morales  
Graciela Hernández Cano

Nancy Hernández Valdez  
Carmen Gómez Lozano  
Sergio Graf Montero  
Carlos Fernando López de la Cruz





---

## Consejo Regulador del Tequila

Jalisco, México, 2023

### **Estrategia de sostenibilidad y la vulnerabilidad de la Denominación de Origen del Tequila ante el cambio climático**

---

Alejandra Aguilar Ramírez

Josué Díaz Vázquez

Miguel Ángel Domínguez Morales

Graciela Hernández Cano

Nancy Hernández Valdez

Carmen Gómez Lozano

Sergio Graf Montero

Carlos Fernando López de la Cruz

---

Av. Patria # 723 Jardines de Guadalupe

C.P 45030 Zapopan, Jalisco México

[www.crt.org.mx](http://www.crt.org.mx)

# ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD Y LA VULNERABILIDAD DE LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN DEL TEQUILA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO





## Contenido

Presentación	(6)
Prólogo: La industria tequilera en el contexto de cambio global	(9)
Introducción	(15)
La estrategia de sustentabilidad de la agroindustria tequilera	(35)
Protocolo ARA “Agave Responsable Ambiental” por un Tequila libre de deforestación	(49)
Gestión y uso eficiente del agua	(73)
Hacia la descarbonización del tequila	(81)
Retos y perspectivas de sostenibilidad en la Agroindustria Tequilera	(95)



*Lic. Miguel Ángel Domínguez Morales*

La sostenibilidad y la conciencia ambiental se han convertido en una prioridad de la agroindustria tequilera, es por ello que desde el año 2016 ha implementado una serie de acciones para la protección y conservación del entorno natural con el que cuenta la Denominación de Origen Tequila. Estas acciones forman parte de la estrategia de sustentabilidad, que establece metas de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), reducción de la huella de agua y el aumento en el uso de energías renovables, entre otras, para el año 2030.



El protocolo ARA “Agave Responsable Ambiental” es un componente fundamental de esta estrategia. A través de ARA, la agroindustria se ha comprometido en fomentar prácticas responsables y sostenibles en el cultivo del agave, para garantizar la trazabilidad de no deforestación de la materia prima del tequila y preservar así la biodiversidad y las áreas forestales de los estados que cuentan con la Denominación de Origen Tequila.

Nuestro compromiso con la sustentabilidad no se limita solo al ámbito ambiental, también abarcamos aspectos socioeconómicos en nuestras acciones. Buscamos promover el desarrollo y el bienestar de las comunidades involucradas en la producción del agave y del tequila, generando empleos dignos, promoviendo la equidad de género y apoyando proyectos que impulsen la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

Nuestra estrategia de sustentabilidad y el programa ARA “Agave Responsable Ambiental” reflejan el compromiso del Consejo Regulador del Tequila y de toda la agroindustria tequilera, en ser agentes de cambio positivo y líderes en la protección del medio ambiente; un ejemplo mundial de agroindustria sustentable. Estamos convencidos de que solo a través de la colaboración y el trabajo conjunto entre todos los sectores de la cadena productiva agave-tequila y las autoridades, podremos garantizar un futuro próspero y sostenible para el tequila y para las generaciones venideras.



**Lic. Miguel Ángel Domínguez Morales**

Presidente del Consejo Regulador del Tequila, A.C.



# Prólogo: La industria tequilera en el contexto de cambio global

*Sofía Hernández Morales*

En noviembre de 2022 superamos los 8 mil millones de habitantes, en un contexto con crisis globales superpuestas que obligan a una actuación de gran envergadura. La pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la contaminación son fenómenos que interactúan entre sí y se retroalimentan, exacerbando los problemas ambientales que enfrentamos y poniendo en riesgo no solo la viabilidad económica de nuestra sociedad, sino la de la existencia de la humanidad misma.

El cambio climático está reconocido como uno de los mayores desafíos que enfrentamos como humanidad. La ciencia ha demostrado la irrefutabilidad de la influencia humana en el avance del cambio climático. La acumulación de gases y compuestos de efecto invernadero en la atmósfera provocados por la quema de combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural y el carbón, para la generación de energía y el transporte, emite grandes cantidades de dióxido de carbono y otros gases y compuestos de efecto invernadero. Estos gases atrapan el calor en la atmósfera, provocando un aumento de la temperatura global y el cambio climático. De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la velocidad con que se generan los cambios físicos en el sistema climático no tiene precedentes. Por otra parte, la continua pérdida de bosques y selvas limitan la capacidad del planeta para la absorción del carbono agudizando la crisis y potenciando el calentamiento global.

Por décadas el cambio climático ha estado en el discurso público y en los compromisos políticos, pero no se ha hecho lo suficiente para que el umbral del aumento en la temperatura promedio global a 1.5°C no se alcance. Por muchos años se hablaba del 2030 como un hito en el tiempo disponible para avanzar hacia la sostenibilidad, y nuevas estimaciones indican que el 1.5°C podría alcanzarse entre 2026 y 2028, mucho antes de lo estimado y muy pronto para estar preparados ante las consecuencias de este escenario. El aumento en la temperatura en el planeta tiene consecuencias en el agravamiento de desastres naturales, las olas de calor, el incremento en el nivel del mar y la acidificación de los océanos. La biodiversidad también se ve afectada por esta crisis y las actividades humanas.

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) más de 42,100 especies están amenazadas de extinción; es decir, el 28% del total de las especies evaluadas hasta hoy están amenazadas. Cuando hablamos de pérdida de biodiversidad no son solo especies, sino la diversidad genética y los ecosistemas en los que habitan.

La biodiversidad es particularmente importante para países como México. México tiene el 12% de la biodiversidad global, es el quinto país en biodiversidad y el tercer país en diversidad biocultural, con la mayor riqueza de ecorregiones. Jalisco es el cuarto estado mexicano en biodiversidad, con 9 de los 11 ecosistemas de nuestro país.

Sabemos que la relación entre la biodiversidad y el cambio climático es bidireccional. Los efectos del cambio climático aceleran la pérdida de biodiversidad, lo que complica la lucha contra el cambio climático cuando se reducen los reservorios de carbono, por lo que la acción por el clima debe ser planeada estratégicamente de forma coordinada con la acción por la biodiversidad, para lograr un impacto sinérgico de ambas agendas.

Resulta claro que debemos priorizar acciones de conservación de la biodiversidad que favorezcan la lucha contra el cambio climático, principalmente por la capacidad de los ecosistemas de funcionar como sumideros de carbono. Al tener una dinámica equilibrada de los ecosistemas, las tasas de crecimiento y reproducción permiten una mayor eficiencia en la captura de carbono.

La contaminación también puede tener efectos indirectos en la biodiversidad a través de la degradación del hábitat. La contaminación del suelo y del agua, como resultado de la liberación de productos químicos tóxicos y desechos industriales, puede dañar los ecosistemas y reducir la disponibilidad de recursos necesarios para el sustento de las especies. Esto puede llevar a la disminución de la biodiversidad, ya que muchas especies dependen de hábitats saludables y de una calidad ambiental adecuada para sobrevivir y reproducirse.

Parte importante de las amenazas a la biodiversidad son las dinámicas de degradación y deforestación que ocurren en los ecosistemas naturales.

De acuerdo con el análisis de las cartas de uso de suelo y vegetación I a VI, generadas por el INEGI, la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) de Jalisco estima que en el periodo de 1993 a 2013, Jalisco perdió aproximadamente 729,200 hectáreas de ecosistemas naturales, como los bosques. Más de 450,000 hectáreas de tierras forestales pasaron a ser pastizales, y más de 270,000 hectáreas de tierras forestales cambiaron a terrenos agrícolas.

Se ha encontrado que las actividades agropecuarias son motores de estos cambios, particularmente la actividad ganadera, el cultivo de agave y de aguacate son consideradas las causas directas más importantes de la deforestación en Jalisco.

En el mundo, el aprovechamiento agrícola es uno de los principales motores de degradación y deforestación, por el cambio de uso de suelo de ecosistemas naturales que generan.

Durante 2022 la agroindustria tequilera consumió 2 millones 600 mil toneladas de agave para producir 651 millones de litros de tequila, de los cuales se exportaron 416.8 millones a más de 120 países en el mundo. Al cierre del año 2022 en la Denominación de Origen Tequila (DOT) se cuenta aproximadamente con una superficie cultivada de 426 mil 425 hectáreas de agave.

Para muchos el crecimiento es una muestra de desarrollo, para otros es además un reto. Si una cadena productiva tan posicionada a nivel nacional e internacional tiene tanto crecimiento que el cultivo de su materia prima pone en riesgo objetivos como la conservación de los ecosistemas y el cumplimiento de los instrumentos para el ordenamiento del territorio, requiere de una atención coordinada entre los sectores público y privado.

La estrategia de sustentabilidad de la agroindustria tequilera se ha diseñado para la implementación de acciones que atiendan los retos del tequila, como la descarbonización de sus actividades, el uso eficiente del agua, prácticas agrícolas sustentables, tequila libre de deforestación, tratamiento de residuos, fortalecimiento de programas sociales y el desarrollo económico de la DOT.

En este contexto, se fortaleció la sinergia entre el sector tequilero y el sector público y en el marco de la Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático COP 25 celebrada en Madrid, el lunes 9 de diciembre de 2019 se firmó un acuerdo sin precedentes en la industria de las bebidas espirituosas a nivel mundial, un esfuerzo conjunto con la visión puesta en la sustentabilidad de la producción del tequila.

Así, en la Casa de México en España, se presentó la iniciativa “Tequila libre de deforestación”, a través de la firma del Convenio entre el Gobernador de Jalisco, Enrique Alfaro Ramírez y el Presidente del Consejo Regulador del Tequila, Miguel Ángel Domínguez Morales.

En el convenio se incluye como línea estratégica prioritaria el diseño e implementación del protocolo y certificación de tequila libre de deforestación, para lo que se crearía un mapa de elegi-

bilidad para el registro de agave. Además, se acordó trabajar en el desarrollo de mejores prácticas productivas para la conservación de la biodiversidad y en la innovación de soluciones tecnológicas para la gestión de las vinazas y el bagazo.

La visión común, establece que: para el año 2027 en Jalisco el abastecimiento de Agave Tequilana Weber variedad azul, destinado a la producción de tequila, asegura no haber provocado deforestación de bosques naturales, tomando como base el año 2016.

Este evento es un hito en la producción sostenible de tequila. A partir de este acuerdo, se desarrolla el mapa de elegibilidad de agave y el reporte de compatibilidad que arroja, como un nuevo requisito para el registro de plantaciones de agave ante el Consejo Regulador del Tequila. Además, se desarrolla la marca de certificación ARA (Agave Responsable Ambiental), que se detalla en un capítulo específico.



La agroindustria tequilera considera valiosa las alianzas con las Entidades Federativas de la DOT para alcanzar los objetivos de sustentabilidad planteados por la estrategia diseñada en colaboración con el Centro Mario Molina, es por ello que el 16 de junio del 2021, en Pénjamo, Guanajuato se firmó el convenio tripartita entre el Gobierno de Jalisco, el Gobierno de Guanajuato y el Consejo Regulador del Tequila teniendo como testigo de honor a la Cámara Nacional de la Industria Tequilera (CNIT), con el objeto de coadyuvar para la sustentabilidad del sector tequilero en el Estado de Guanajuato.



Las acciones tomadas por la agroindustria tequilera para convertir al tequila en un producto cada vez más sustentable y responsable, a través del respeto al medio ambiente, buscando el desarrollo social y económico de las comunidades de su DOT, sin lugar a dudas posicionarán a nuestra bebida nacional por excelencia, como un producto sostenible y continuará siendo el regalo de México para el mundo.



# Introducción

*Nancy Hernández Valdez*

En las últimas décadas, en el mundo se han registrado daños y pérdidas considerables por la ocurrencia de fenómenos naturales como inundaciones, derrumbes y deslizamientos de laderas, sequías, olas de calor y mareas de tormenta, ciclones tropicales, frentes fríos, altas temperaturas y lluvias intensas; tan solo entre 1970 y 2019, los riesgos meteorológicos, climáticos e hídricos representaron el 50% de todos los desastres registrados a nivel mundial, el 45% del total de muertes en la población y el 74% de las pérdidas económicas notificadas por daños y afectaciones en infraestructura y equipamiento (aproximadamente 2.06 millones de muertes y 3.6 millones de millones de dólares), según datos registrados en la base de datos EM-DAT<sup>1</sup> (OMS, 2021).

La distribución del riesgo ante el Cambio Climático y los fenómenos hidrometeorológicos extremos, así como sus afectaciones no es homogénea en un territorio, ya que dependen de factores físicos, ambientales, climáticos, meteorológicos, sociales, económicos, tecnológicos, políticos y culturales, que influyen y, en algunos casos, determinan el nivel de daños y pérdidas que pueden sufrir las sociedades y el medio natural (CEPAL, 2013; Lucatello & Garza, 2017).

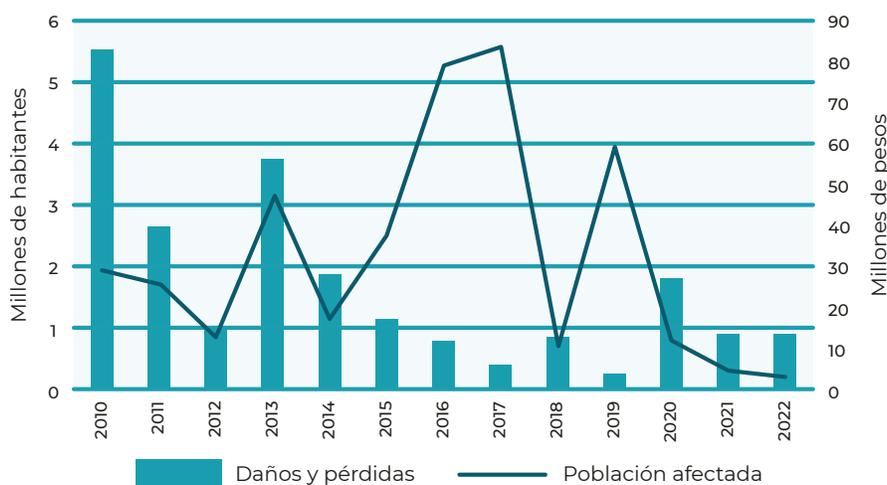
En México, se han registrado más de 6 mil muertes y más de 50 mil millones de dólares y pérdidas económicas en los últimos 50 años, siendo los ciclones tropicales y las inundaciones pluviales las de mayor impacto (OMS, 2021). En 2020, el costo de los desastres ocurridos en México fue de

---

<sup>1</sup> Centre for Research on the Epidemiology of Disasters' (CRED) Emergency Events Database (EM-DAT)

más de 31 millones de pesos, lo que representó un valor tres veces superior a lo reportado en 2019. Por otro lado, el mayor costo reportado en daños, derivados de fenómenos hidrometeorológicos extremos, fue en 2010, debido a los huracanes Alex, Karl y Mathew (CENAPRED,2020), tal como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1. Daños y pérdidas por fenómenos hidrometeorológicos en México, 2010-2022**



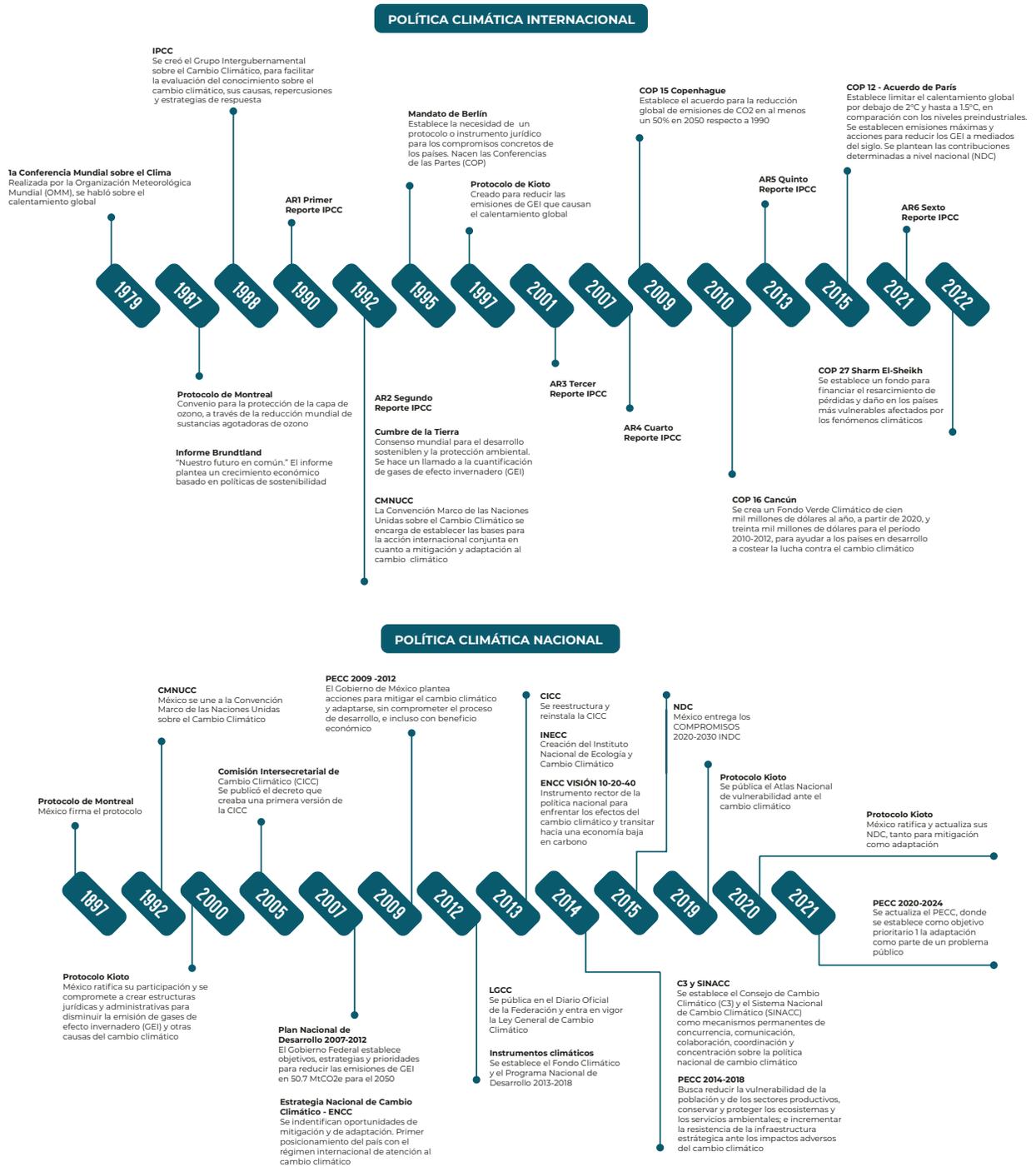
Fuente: Serie: Impacto socioeconómico de los Desastres en México, CENAPRED

A nivel internacional, desde sus inicios, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha preparado, hasta 2022, seis informes de evaluación sobre cambio climático y sus impactos, donde se ha manifestado que el uso de los recursos energéticos de origen fósil propició no solo un rápido crecimiento y desarrollo económico, sino que derivó en el incremento de la temperatura en 1°C sobre el nivel preindustrial, lo cual ha originado desajustes climáticos (IPCC, 2021; IPCC, 2018). Si las emisiones de CO<sub>2</sub> continúan incrementándose al ritmo actual se alcanzará un calentamiento de 1.5°C, entre 2030 y 2052 (IPCC, 2018), lo cual ocasionaría cambios irreversibles sobre el clima global.

El IPCC reporta datos que reflejan diversos cambios que han acontecido en el sistema climático global, por lo que es necesario mitigar las emisiones y evaluar y reducir la vulnerabilidad de los elementos expuestos al cambio climático para minimizar sus riesgos (IPCC, 2022).

Durante los últimos 40 años, a nivel internacional y nacional se han realizado esfuerzos para establecer acuerdos y estrategias que mitiguen los efectos del cambio climático y las emisiones de GEI, tal como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2. Línea del tiempo internacional y nacional de instrumentos climáticos**



Fuente: Elaboración propia

Particularmente, la agroindustria tequilera y el Consejo Regulador del Tequila (CRT), han realizado acciones para contribuir a la reducción de GEI y promover la sustentabilidad a través la marca de certificación Agave Responsable Ambiental (ARA), que garantiza que el tequila certificado con ARA se elaboró con agaves establecidos en parcelas que no han provocado un cambio de uso de suelo (deforestación) teniendo como año base el año 2016; asimismo, el CRT en coordinación con el Centro Mario Molina (CMM) plantearon la Estrategia de Sustentabilidad de la Cadena Agave-Tequila en 2016 y su actualización en 2020, dónde se incluyó el análisis de vulnerabilidad al cambio climático y un componente social que evaluó las acciones que el sector ha realizado en favor de la población.

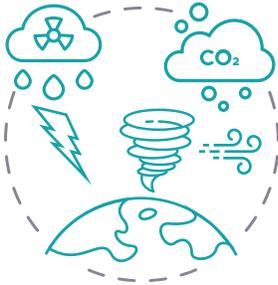
El principal resultado obtenido de la evaluación de la vulnerabilidad en la Estrategia de Sustentabilidad de la Cadena Agave-Tequila 2020, indica que el cambio climático es sólo un factor en la probabilidad de impacto y daño causado por un fenómeno hidrometeorológico extremo y que para algunos tomadores de decisiones estos eventos extremos pueden ser más importantes que las tendencias climáticas de largo plazo.

## **Metodología para evaluar la vulnerabilidad de la Denominación de Origen Tequila**

Bajo las consideraciones metodológicas adoptadas por el Instituto Nacional de Cambio Climático (INECC), se entiende que la vulnerabilidad es *“el grado en que los sistemas pueden verse afectados adversamente por el cambio climático, dependiendo de si éstos son capaces o incapaces de afrontar los impactos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos”* (INECC, 2019). Los tres componentes que definen la vulnerabilidad son la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

Asimismo, el INECC, bajo el enfoque del IPCC (2007) define los componentes de la vulnerabilidad de la siguiente manera (INECC, 2019):

## Exposición



**Exposición:** es el carácter, magnitud y velocidad de cambio y variación del clima que afecta a un sistema.

## Sensibilidad



**Sensibilidad:** es el grado en que un sistema resulta afectado por la variabilidad o el cambio climático debido a las características que lo definen.

## Capacidad adaptativa



**Capacidad adaptativa:** se refiere a los recursos, instrumentos, capital humano e institucional que permiten generar procesos de adaptación y reducción de la vulnerabilidad.

Asimismo, se estableció como unidad de análisis los límites administrativos municipales de los 181 municipios distribuidos en los estados de Jalisco y Tamaulipas, que conforman la DOT, tal como se muestra en la Figura 3.

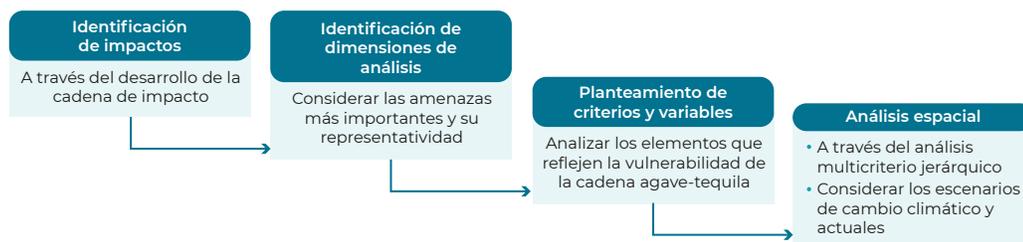
**Figura 3. DOT**



Fuente: (CRT, 2021)

El análisis de vulnerabilidad de la DOT consideró la utilización de diferentes herramientas. En primera instancia se identificaron los impactos esperados a través de la elaboración de cadenas de impacto, posteriormente, se identificaron las amenazas más importantes y se plantearon criterios y variables que evaluarán la vulnerabilidad ante cada amenaza. Finalmente, a través de un análisis espacial, se evaluó la vulnerabilidad actual a partir de las variables definidas y la vulnerabilidad futura considerando los escenarios de cambio climático, representados con MCG.

**Figura 4. Principales actividades para realizar el análisis de vulnerabilidad**



Fuente: Elaboración propia

Se consideró como un impacto cualquier efecto en los sistemas naturales y humanos generados por episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático (GIZ-EURAC, 2017). Los impactos generalmente se refieren a los efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economía, sociedades, culturas, servicios e infraestructura debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren dentro de un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos (GIZ, 2014; GIZ-EURAC, 2017).

Para identificar los impactos se empleó una herramienta analítica planteada por la GIZ denominada *cadena de impacto* que ayuda a comprender, sistematizar y priorizar los factores que llevan al riesgo en el sistema de interés (GIZ, 2014). La estructura de la cadena de impacto desarrollada según el enfoque del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IE5), se basa en la comprensión de la vulnerabilidad y sus componentes (exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación). De acuerdo con las definiciones del IE5 del IPCC, se establecieron los *impactos* como los bloques básicos para la elaboración de cadenas de causa-efecto desde los elementos de exposición hasta la vulnerabilidad e incluso hasta el riesgo.

A partir de las cadenas, se identificaron las variables que representan cada componente de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa) y para su integración se utilizó la siguiente ecuación (INECC, 2019):

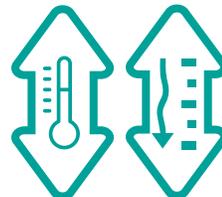
$$V = E + S - CA$$

donde: V es la vulnerabilidad; E, la exposición; S, la sensibilidad; y, CA la capacidad adaptativa.

## Análisis de la vulnerabilidad de la Denominación de Origen Tequila

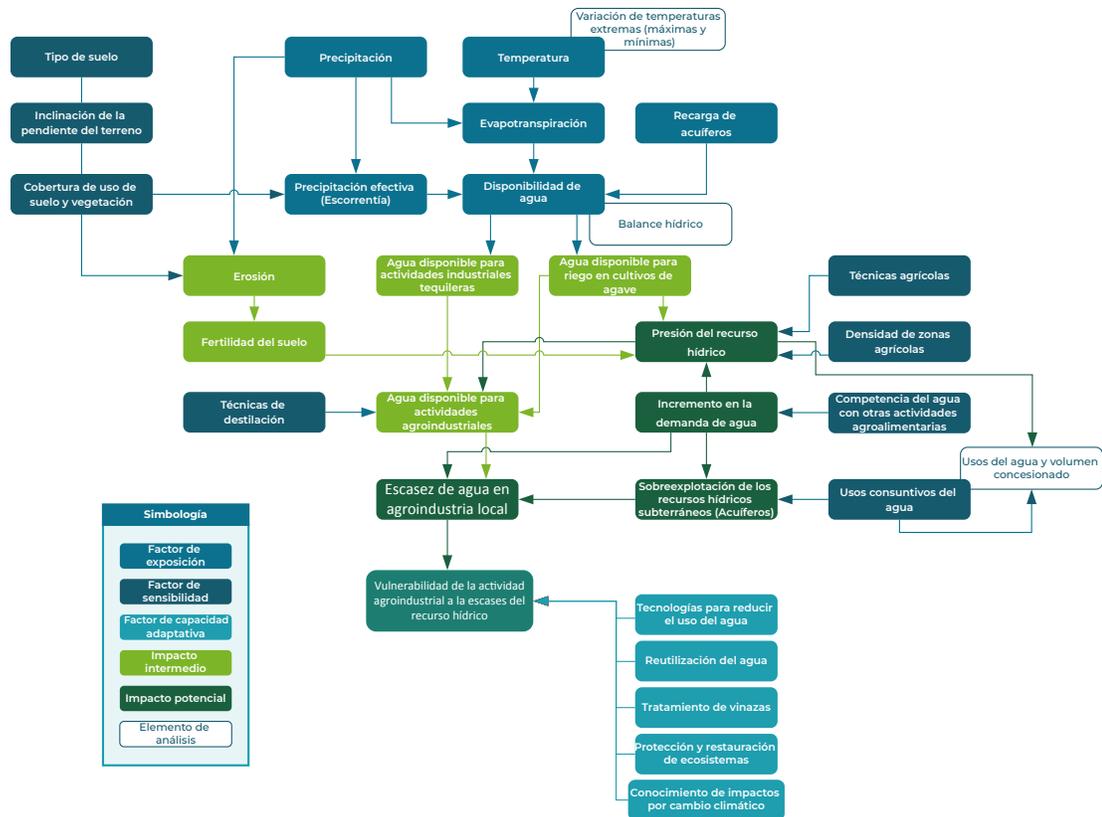
Para realizar el planteamiento de las cadenas de impacto, se consideraron como amenazas climáticas de análisis las siguientes:

- Disminución o incremento de la temperatura
- Disminución o incremento de la precipitación



Para evaluar la disminución de la precipitación y el incremento de la temperatura se consideró como fenómeno resultante de estas modificaciones de variables climáticas a la escasez de agua; por tanto se evaluó la vulnerabilidad de la DOT ante la escasez de agua, según la Figura 5.

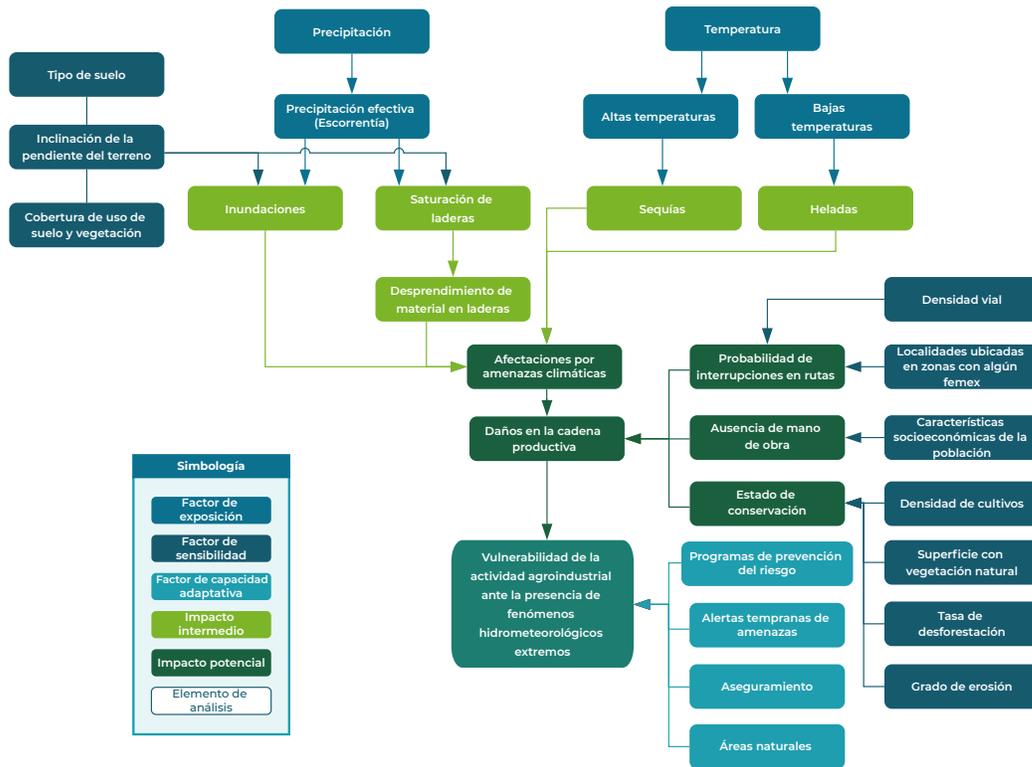
**Figura 5. Cadena de impacto para la vulnerabilidad ante escasez de agua**



Fuente: Elaboración propia

Mientras que para evaluar el incremento, tanto de precipitación como de temperatura, se consideró la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos; por tanto se evaluó la vulnerabilidad de la DOT ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, según se muestra la Figura 6.

**Figura 6. Cadena de impacto para evaluar la vulnerabilidad ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos.**



Fuente: Elaboración propia

Para estimar la vulnerabilidad se sumaron los valores normalizados de los componentes de exposición y de sensibilidad, y a este resultado se restó el valor normalizado de capacidad adaptativa.

Para el caso de la vulnerabilidad futura, los valores del componente de exposición son los valores normalizados generados para cada uno de los escenarios de cambio climático de los Modelos de Circulación General (CNRMC-M5, MPI-ESM-LR, HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y el horizonte temporal cercano 2015-2039). Mientras que los componentes de sensibilidad y capacidad adaptativa son los mismos que se utilizan para estimar la vulnerabilidad actual.

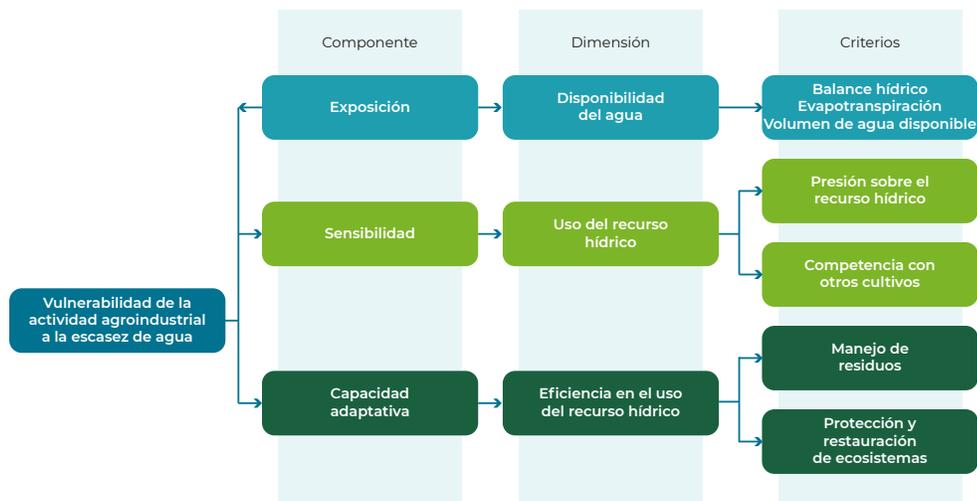
## Vulnerabilidad de la Denominación de Origen Tequila ante la escasez de agua

La escasez de agua es un fenómeno relacionado con la disponibilidad del agua, que puede persistir con o sin lluvias y sin que ocurra una sequía; este fenómeno se debe a la acción humana y consiste en extraer y consumir más agua de la que se logra recargar y de la que se encuentra en existencia y disposición (Esparza, 2014).

Particularmente, en el estado de Jalisco, se identifican como zonas productoras de tequila, las regiones de los Altos Sur, Centro y Valles. En estas zonas las fuentes de agua predominantes son las subterráneas, es decir se extrae agua de los acuíferos. La disponibilidad de los acuíferos en el estado de Jalisco es variable, sin embargo, de los 47 acuíferos identificados en la zona productora, el 30% de ellos no cuenta con disponibilidad de agua, lo que implicaría que no es posible dar concesiones nuevas para actividades consuntivas.

Los criterios planteados para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático de la agroindustria tequilera ante la escasez de agua, se presentan según la Figura 7.

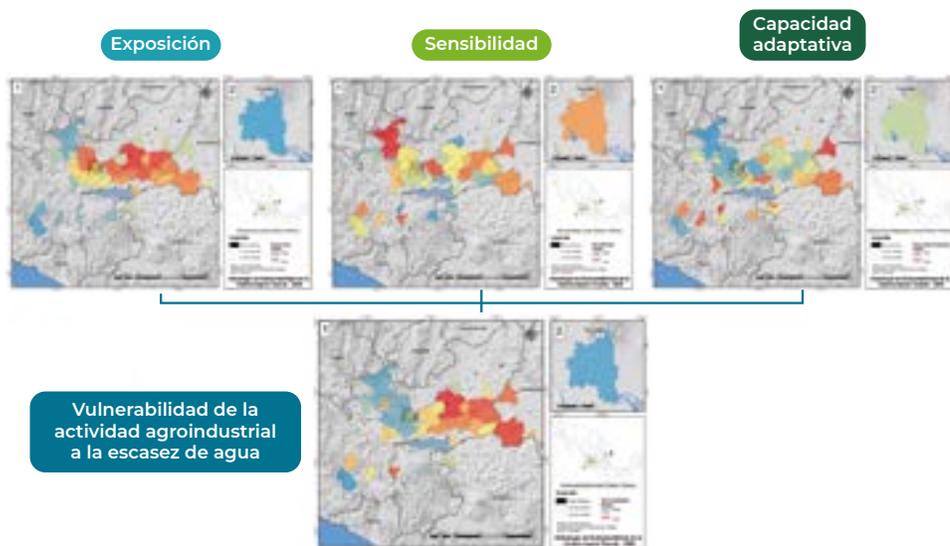
**Figura 7. Criterios de evaluación de vulnerabilidad al cambio climático de la DOT ante la escasez de agua**



Fuente: Elaboración propia

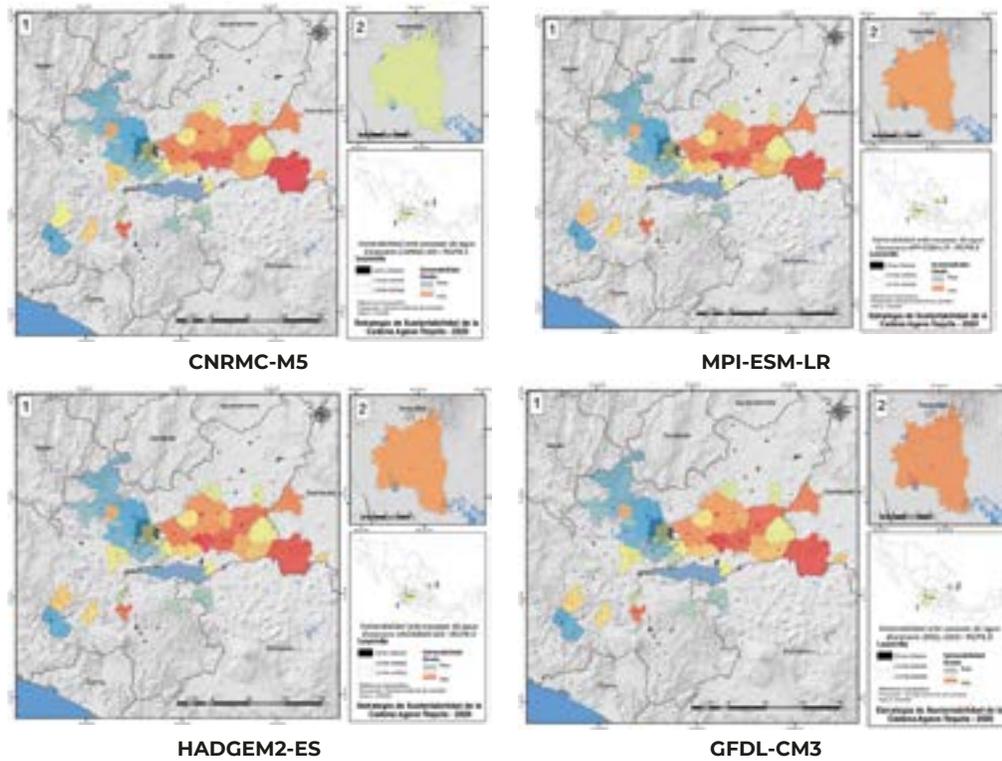


**Figura 8. Vulnerabilidad actual de la DOT ante la escasez del agua**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 9. Vulnerabilidad futura de la DOT ante la escasez del agua**



Fuente: Elaboración propia

La exposición se construyó a través de las variables asociadas a la disponibilidad de agua, se puede observar que la mayor disponibilidad superficial se concentra en el noroeste del conjunto de municipios que conforman la zona tequilera. Sin embargo, en el caso de la disponibilidad de agua subterránea, la menor disponibilidad se presenta en la zona centro, donde los acuíferos se encuentran sobreexplotados, lo que representa una mayor exposición, al condicionar el volumen de agua disponible para actividades industriales, o generar conflictos por la competencia de los usos del agua. Para integrar las variables, se utiliza un análisis multicriterio jerárquico, donde los valores normalizados de cada variable indican su relación con la exposición, es decir, a mayor disponibilidad, tanto superficial como subterránea, menor será la exposición y a menor disponibilidad mayor será la exposición.

En similitud al componente de exposición, cada variable de sensibilidad tiene asociado un valor de función normalizado, que indica los supuestos con los cuales son construidos. Por ejemplo, para la variable de agua utilizada para producir tequila, se asume que a mayor cantidad de agua utilizada mayor será la sensibilidad, dado que el volumen estará condicionado a la disponibilidad de cada cuenca donde se desarrollen las actividades tequileras y esto podría mermar las actividades en el caso donde la disponibilidad se redujera. O bien, la variable denominada competencia del agave con cultivos de temporal, se asume que a mayor superficie de zonas de producción de agave, existe una mayor competencia con cultivos como maíz o trigo. Si existiera la condicionante de reducción de disponibilidad de agua, aquellas zonas donde el agave tiene mayor superficie, podría experimentar conflictos debido a la competencia que existiría con cultivos que son meramente alimentarios. Entonces, cada una de estas variables fue propuesta desde un enfoque de escasez de agua, es decir, que características de la DOT se verían afectadas dadas sus condiciones ante este fenómeno.

Al igual que los otros componentes, las variables que construyen el componente de capacidad adaptativa reflejan los elementos que hacen que la sensibilidad y la exposición se reduzca, en este caso, las variables identificadas se basan en los servicios hidrológicos que son generados a través de las masas forestales, particularmente de aquellas que permanecen o son protegidas. Asimismo, la reducción de residuos, en este caso el tratamiento de vinazas, ya que es un elemento que indica claramente las zonas que tienen identificada esta actividad como parte de la conservación y cuidado del agua.

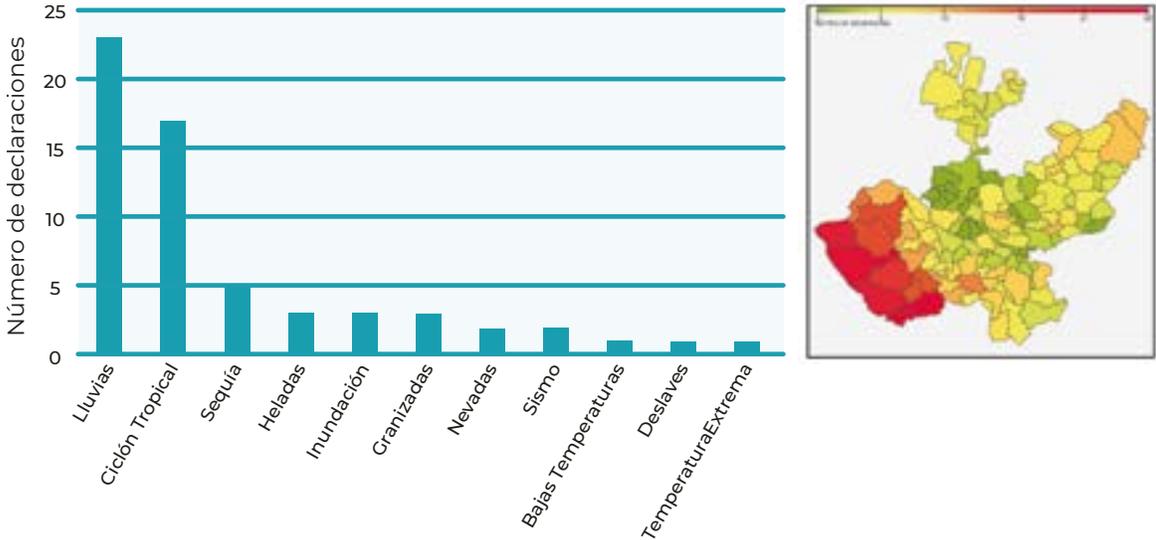
Finalmente, se integran todas las variables analizadas a través de análisis multicriterio jerárquico para cada componente. Y para la determinación de las zonas de vulnerabilidad se suman los resultados de la exposición y la sensibilidad y se restan los de capacidad adaptativa. Con esto se obtiene el mapa inferior, donde se puede observar que la mayor vulnerabilidad se zonifica con mayor énfasis en las regiones Centro, Ciénega y Altos Sur del estado de Jalisco, mientras que la menor vulnerabilidad se ubica en la región de Valles.

El 38% de las fábricas productoras de tequila se encuentran ubicadas en municipios con vulnerabilidad muy alta, mientras que el 18% de las fábricas se ubican en municipios con vulnerabilidad muy baja. La distribución de la vulnerabilidad se acentúa debido a la disponibilidad de agua superficial y subterránea.

# Vulnerabilidad de la DOT ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos

En el estado de Jalisco, desde el año 2000 hasta el 2020, se han registrado 61 declaratorias de emergencia, desastre o contingencia climática, las lluvias y los ciclones tropicales son los que mayor relevancia tienen; sin embargo, los principales municipios afectados son los costeros. Para la zonas de producción de tequila, el número de declaratorias es bajo y se relacionan a los fenómenos de precipitación.

Figura 10. Declaratorias en el estado de Jalisco, 2000-2020



Particularmente, para las zonas de producción de tequila, se observa que los fenómenos hidrometeorológicos extremos no representan una constante. El agave es un organismo completamente adaptado a las condiciones climáticas de la zona, donde la presencia de sequías no afecta de manera significativa el cultivo. Sin embargo, la presencia de bajas temperaturas, heladas o nevadas, implica un riesgo para el cultivo.

Adicionalmente, fenómenos como las inundaciones o los deslizamientos, no afectan de manera directa los cultivos, pero sí las zonas donde se comercializa el tequila o los lugares donde habita el personal que laboran en las industrias; mientras que fenómenos como incendios forestales afectan los cultivos de agave cuando se salen de control. Por ello es importante analizar la influencia de los fenómenos de manera indirecta a la DOT.

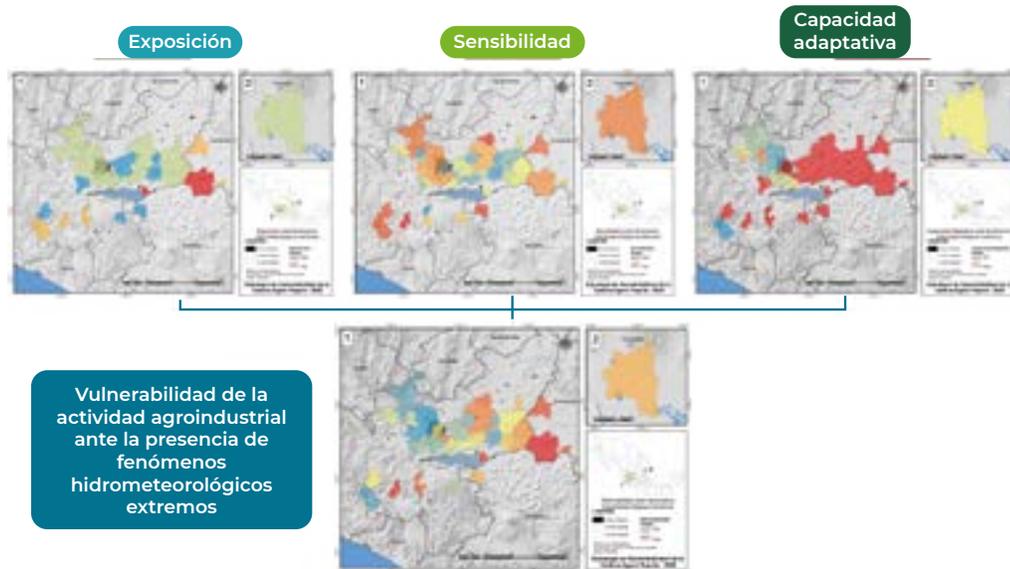
Los criterios planteados para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático de la DOT ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos, se presentan según la Figura 10.

**Figura 11. Criterios de evaluación de vulnerabilidad al cambio climático de la DOT ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos**



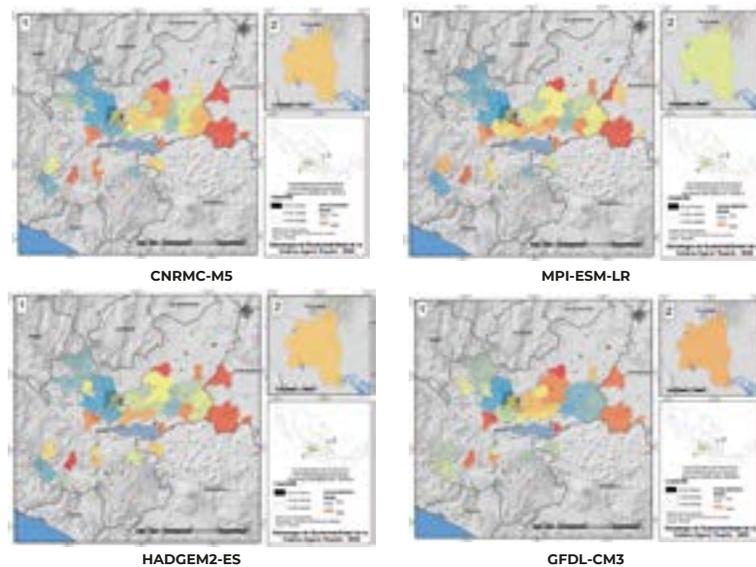
Fuente: Elaboración propia

**Figura 12. Vulnerabilidad actual de la DOT ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 13. Vulnerabilidad futura de la DOT ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos**



Fuente: Elaboración propia

En este caso la exposición se construyó a través de las variables asociadas a los fenómenos derivados por precipitaciones, específicamente el índice de estacionalidad de precipitación, que indica si durante un año la mayor cantidad de precipitación se presenta en un periodo corto de tiempo, lo cual indicaría alta probabilidad de lluvias extremas; mientras que los fenómenos derivados por temperaturas se representan por el índice de Lang, que representa el nivel de aridez de un territorio. Se observó que la mayor concentración de precipitación se ubica en la zona sur de la zona productora de tequila, además de presentar regiones húmedas y muy húmedas, lo que indica que la región tiene un clima que no representa déficit de precipitación y por tanto poca probabilidad de presentar fenómenos asociados con temperaturas extremas. Para integrar las variables, se utiliza un análisis multicriterio jerárquico, donde los valores normalizados de cada variable indican su relación con la exposición, es decir, a mayor concentración de precipitación y valores extremos del índice de Lang, mayor será la exposición y viceversa.

Al igual que los otros componentes, las variables que construyen el componente de capacidad adaptativa reflejan los elementos que hacen que la sensibilidad y la exposición se reduzca, en este caso, las variables identificadas se basan en los servicios hidrológicos que son generados a través de las masas forestales, particularmente de aquellas que son protegidas a través de la denominación de áreas Naturales Protegidas y áreas de Pago por Servicios Ambientales.

Finalmente, se integran todas las variables analizadas a través de análisis multicriterio jerárquico para cada componente. Y para la determinación de las zonas de vulnerabilidad se suman los resultados de la exposición y la sensibilidad y se restan los de capacidad adaptativa. Los resultados indicaron que la mayor vulnerabilidad se zonifica con mayor énfasis en las regiones Centro y Ciénega del estado de Jalisco, mientras que la menor vulnerabilidad se ubica en la región de Valles y Costa Sur.

El 5% de las fábricas productoras de tequila se ubican en municipios con vulnerabilidad muy alta, mientras que el 32% de las fábricas se ubican en municipios con vulnerabilidad muy baja.

## Conclusiones

La agroindustria tequilera es una de las industrias más representativas e importantes para México, según las condiciones de la región de la DOT y las condiciones del cultivo del agave, no se identifica una alta vulnerabilidad para la DOT. Sin embargo, debe considerarse que los impactos de cambio climático son, generalmente, a largo plazo y que los eventos hidrometeorológicos extremos son particulares para la afectación de la agroindustria tequilera. Parte de los insumos utilizados para la evaluación de la vulnerabilidad fueron cuestionarios de percepción de los productores de agave

y tequila, identificando fenómenos como lluvias torrenciales, heladas e incendios forestales, que aunque no son recurrentes sí son los de mayor impacto, tal como se muestra en la Figura 13.

**Figura 14. Percepción de impactos en actividades de la agroindustria tequilera por amenazas climáticas**

Amenaza	Producción del agave (sembradíos)	Producción del tequila (cadena productiva)	Comunidades aledañas a zonas productivas	Distribución o comercialización del producto
Altas temperaturas (olas de calor)	Mayor afectación	Menor afectación	Mayor afectación	Menor afectación
Bajas temperaturas (heladas)	Mayor afectación	Menor afectación	Mayor afectación	Menor afectación
Sequía (anual o multianual)	Mayor afectación	Mayor afectación	Mayor afectación	Menor afectación
Lluvias torrenciales	Mayor afectación	Mayor afectación	Mayor afectación	Mayor afectación
Inundaciones	Mayor afectación	Mayor afectación	Mayor afectación	Mayor afectación
Deslizamientos	Menor afectación	Menor afectación	Menor afectación	Menor afectación
Incendios forestales	Mayor afectación	Menor afectación	Mayor afectación	Menor afectación
Huracanes	Menor afectación	Menor afectación	Menor afectación	Menor afectación

Fuente: Elaboración propia

Si bien, la escasez del agua no afecta directamente a la plantación del agave, los posibles impactos que pudiera generar este fenómeno radican en la disponibilidad del recurso hídrico en el proceso de fabricación del tequila. Según estimaciones realizadas en la Estrategia de Sustentabilidad de la Cadena Agave-Tequila 2020, **para producir un litro de tequila es necesario utilizar 14.9 litros de agua**, lo que implicó, para ese año, un consumo de 5.6 millones m<sup>3</sup> de agua, que representa el 86% del total de agua concesionada<sup>2</sup> para actividades de producción de tequila en la DOT. Si disminuye la disponibilidad de agua, si se incrementa el número de usuarios o si se incrementa el consumo de agua en otras actividades, repercutiría directamente en el grado de presión sobre el recurso hídrico y podría ocasionar disminuciones en la calidad y cantidad de agua disponible para las actividades de producción de tequila.

<sup>2</sup> Dato estimado a partir de la información disponible en el REPDA.

Por otro lado, aunque los fenómenos hidrometeorológicos extremos no afecten de manera directa el cultivo del agave o las fábricas donde se produce el tequila, estos fenómenos repercuten de manera indirecta en otros procesos de la cadena productiva, como la transportación de las piñas de agave de los predios a la fábrica, el almacenaje del producto, el tránsito y la salud del personal, así como la comercialización del producto.



Por tanto, es necesario establecer una estrategia de adaptación, que no esté enfocada únicamente en una sola parte de la cadena productiva (agrícola, industrial, comercial), sino que involucre de manera complementaria las implicaciones que representa el cambio climático en el sector, así como la evaluación y cuantificación del riesgo para estimar el posible costo de los daños esperados de manera más confiable. Para ello se deberá seguir el enfoque del riesgo, como el propuesto por el IPCC (2014).



# La estrategia de sustentabilidad de la agroindustria tequilera

Graciela Hernández Cano

Carlos Fernando López de la Cruz

## Sustentabilidad empresarial

El término de sustentabilidad tiene sus bases desde el año 1798, cuando se publicó el ensayo sobre el “Principio de la Población” en donde Thomas Malthus indica que la “*población tiende a crecer más rápido que los recursos*”, es decir que el planeta no tiene tiempo para poder regenerarse, lo que ha dado origen a la actual crisis ambiental que vivimos.

A partir de esa fecha surgieron diversos acontecimientos con repercusiones importantes en el tema del desarrollo sustentable (ver línea de tiempo), dos de ellos en 1972, el primero fue en junio cuando se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano celebrada en Estocolmo, Suecia, siendo esta la primera conferencia mundial en hacer el tema del medio ambiente un tema de relevancia.

El segundo acontecimiento fue la publicación del informe “Los límites del crecimiento”, encargado por el Club Roma al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). El grupo de expertos del MIT, bajo el liderazgo del Dr. Meadows, analizaron las consecuencias de mantener el crecimiento económico a largo plazo, mediante un modelo de simulación matemático sobre las interacciones de cinco tendencias de interés mundial: aceleración de la industrialización, rápido crecimiento de la población, malnutrición generalizada, agotamiento de recursos no renovables y un medio ambiente en deterioro.

El informe concluye que si se continuaba con el mismo ritmo de crecimiento sin cambiar las variables, el planeta llegaría a un límite catastrófico tanto de la población como de la capacidad industrial en los próximos cien años, también indica que es posible alterar estas tendencias y llegar a una estabilidad ecológica y económica sostenible en el futuro que permite satisfacer las necesidades materiales básicas de cada persona en el planeta pero que era necesario actuar cuanto antes para evitar el colapso.

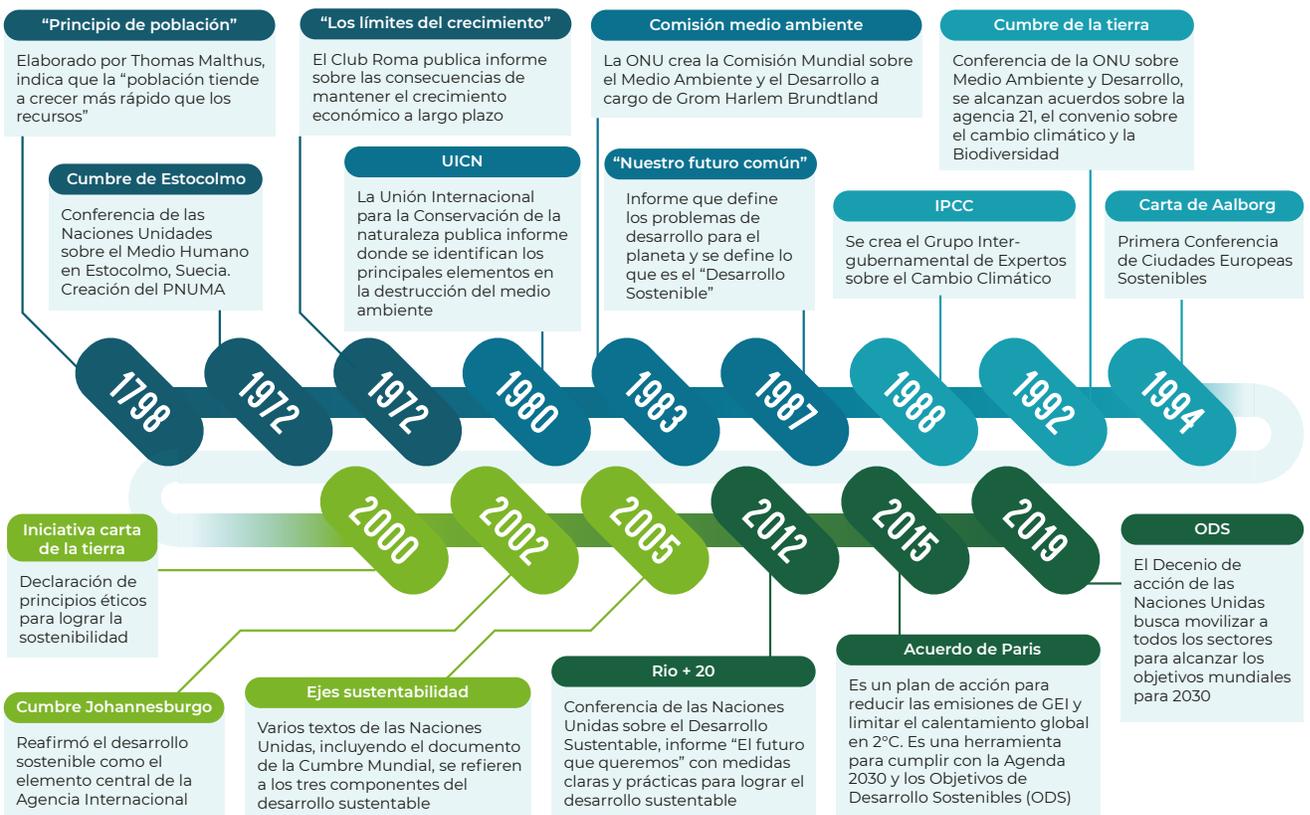
En este informe se define al desarrollo sustentable como “tratar de hacer lo mejor con los recursos naturales que recibimos, siempre y cuando no dejemos menos recursos para el beneficio de las generaciones venideras”<sup>3</sup>.

3 Informe del “Club de Roma. 1972 (fullblog.com.ar); Los límites del crecimiento, el informe que predijo el colapso global en 1972 (informador.mx); The Limits to Growth, Abstract, 1972 (ratical.org); DE LOS LÍMITES DEL CRECIMIENTO AL DESARROLLO SUSTENTABLE. ENSAYO EN HONOR DE VÍCTOR L. URQUIDI from Desarrollo sustentable y cambio global on JSTOR

Estos acontecimientos son los que dan origen, en 1987, al importante Informe Bruntland titulado “Nuestro futuro común”, que es el que ha definido los problemas del desarrollo para el planeta, en este informe se define al desarrollo sostenible como:

**“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la posibilidad de las del futuro para atender sus propias necesidades”.**

**Figura 1. Principales eventos sobre la evolución del concepto de desarrollo sustentable**



Posterior a este informe se han llevado a cabo cumbres, reuniones y conferencias, se han creado comisiones y desarrollado políticas ambientales así como se han realizado análisis e informes que concluyen lo mismo, las actividades humanas tienen impactos importantes sobre su entorno por lo que es necesario protegerlo y buscar soluciones que no solo consideren el aspecto ambiental sino también el desarrollo económico y social, porque los problemas están interconectados y se tienen

que solucionar de manera global, es por eso que la sustentabilidad se ha convertido en objetivo prioritario para las empresas y las autoridades en todo el mundo.

En específico las empresas deben tener una mayor comprensión de su entorno externo y anticiparse a estos cambios, transformando los actuales modelos de negocio bajo principios de sustentabilidad y de economía circular, encaminados hacia metas de cero emisiones, incluyendo en sus modelos a sus cadenas de valor, actualmente la mayoría de las empresas, sin importar su tamaño, están integrando la sustentabilidad en sus planes de negocios y los gobiernos responsables están creando las condiciones para que el crecimiento económico se dé en armonía con el medio ambiente y con la sociedad.

El objetivo de la sustentabilidad empresarial es que sus actividades no impacten de manera negativa al medio ambiente y a la sociedad, buscando reducir la brecha de desigualdad o impacto a una comunidad. Una empresa sustentable basa sus acciones en favor del bienestar común, de sus empleados y del medio ambiente.

Son múltiples las ventajas que obtienen las empresas que se transforman en sustentables; disminuyen sus costos y sus impactos ambientales, obtienen acceso a nuevas fuentes de financiamiento y nuevos mercados, mejoran el ambiente laboral, disminuyen su vulnerabilidad y sus riesgos y mejoran su reputación e imagen.

En la actualidad las empresas están totalmente comprometidas en medir sus impactos ambientales, a lo largo de su cadena de suministro, para determinar estrategias que les permitan reducirlas y cumplir con metas de reducción autoimpuestas, analizar su vulnerabilidad e impactos ambientales y anticiparse a los retos buscando reducir su vulnerabilidad además de buscar estrategias de adaptación y estrategias de recuperación de sistemas, biodiversidad y de capital natural.

Anteriormente las empresas solo se enfocaban en medir sus propias emisiones, pero en la actualidad se preocupan también por las emisiones en toda su cadena de suministro, que en ocasiones son las áreas en donde se puede realizar una reducción importante de sus impactos ambientales.

En México son muchas las empresas que han adoptado la sustentabilidad como uno de sus objetivos medulares y que han establecido estrategias y planes ambiciosos para mejorar su desempeño ambiental. La cadena productiva agave-tequila es uno de los sectores agroindustriales que se ha incorporado a esta tendencia.

## Cambio climático y el sector tequila

La búsqueda de la implementación de prácticas amigables con el ambiente en los procesos industriales es relativamente nueva. Durante la última década del siglo XX, la industria presentó un incremento en su producción, sin embargo, fue en esa misma década en donde el concepto de cambio climático comenzó a hacerse más visible. En 1992, la Convención Marco sobre Cambio Climático definió al “cambio climático” como: *El cambio en el clima que es atribuible directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima que se ha observado sobre períodos de tiempo comparables* (ONU,1992).

Fue a partir de ese momento, en donde todos los sectores, incluyendo el industrial, se dieron cuenta de que el fenómeno del cambio climático impactaba negativamente en todos los sentidos, convirtiéndose directamente en una amenaza general para la vida en el planeta y de manera particular para su productividad. Por esa razón, el sector industrial reconoce y acepta su compromiso para el cumplimiento de las metas globales.

La crisis climática ha dado origen a grandes cambios económicos en el sector industrial, variaciones en la producción de materias primas, implementación de impuestos al carbono, afectación en la redes de suministro, implementación de etiquetas ambientales, afectaciones a infraestructura en carretera, entre otros, por lo cual las empresas deben anticiparse y adaptarse a estos cambios, asegurando con esto la competitividad ante este nuevo escenario económico<sup>4</sup>.

El caso de la industria tequilera no es la excepción, mediante procesos de evaluación rigurosos, se han identificado diversas acciones y estrategias que pueden atender las necesidades en los distintos ámbitos de la sustentabilidad, mostrando así la voluntad de ser parte del cambio y no dejar el reto solo en manos de las autoridades.

El sector tequila, es un sector fundamental de la economía en México que está en el centro de desafíos asociados al crecimiento de la población, la seguridad alimentaria, el cambio climático y la escasez de recursos. Este sector requiere de cantidades importantes de insumos como son los fertilizantes y agroquímicos así como de altos consumos de agua y combustibles fósiles, generando una importante cantidad de residuos sólidos, líquidos y de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio.

Este sector al tener un componente agrícola, tiene impactos en toda la cadena productiva ya que a pesar de no ser de los principales sectores de consumo energético en el país sí tiene impactos en el agotamiento de los recursos naturales.

Debido a sus impactos a lo largo de su cadena productiva, el sector tequila tiene consciencia de

---

4 industria\_sostenible\_para\_el\_cambio\_climatico.pdf (panda.org)

la importancia de mejorar sus prácticas agrícolas e industriales para reducir sus consumos de recursos naturales y de combustibles, buscando alternativas para el aprovechamiento de sus residuos generados tanto en la fase agrícola como en la industrial.

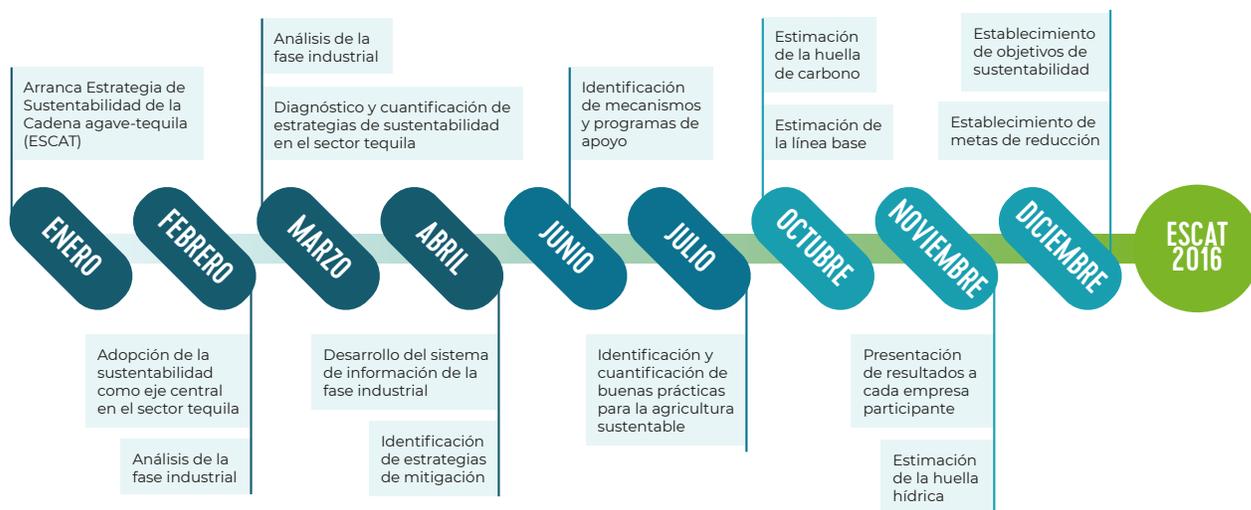
## **Elaboración de la Estrategia de Sustentabilidad para la cadena agave-tequila**

Para alcanzar en el largo plazo la plena sustentabilidad económica, ambiental y social de la cadena agave-tequila es necesario contar con un diagnóstico cuantitativo de su situación, así como con una estrategia y un plan que indiquen la ruta y establezcan objetivos y metas conjuntas de mejora, es por eso que en junio de 2014 el Dr. Mario Molina, premio nobel de química y director del Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, se acercó al Consejo Regulador de Tequila, con la propuesta de elaborar la primera estrategia de sustentabilidad para un sector agroindustrial en México.

El contar con una estrategia de sustentabilidad hace la diferencia con otros sectores porque permite a estas empresas ser conscientes de sus obligaciones ambientales y sociales, buscando cómo reducir y beneficiar a su medio ambiente, las empresas y agaveros del sector tequila han trabajado desde 2016 en su estrategia buscando como reducir sus emisiones, invirtiendo en tecnologías innovadoras pero al mismo tiempo buscando el beneficio social de sus trabajadores, proveedores, consumidores y pobladores aledaños a los predios de agave y las fábricas de tequila. El tener una estrategia de sustentabilidad es el cambio para lograr un crecimiento empresarial ético en búsqueda de un beneficio común.

La primera estrategia consistía en estimar la huella de carbono, considerando toda la cadena de suministro (alcance 3) y estimar la huella hídrica del sector tequila y con ello comprometerse de manera voluntaria a la reducción de sus impactos ambientales.

**Figura 2. Desarrollo de la Estrategia de Sustentabilidad 2016**



La reducción de la huella de carbono y la huella hídrica conlleva a la implementación de estrategias de mitigación para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), reducción en el consumo de energía fósil, reducción en el consumo de materias primas con alta huella de carbono, reducción en el consumo de agua y uso eficiente de la misma, que permiten cumplir con los objetivos y compromisos voluntarios adquiridos por el sector en compromiso con el medio ambiente.

Durante 2021, se realizó la actualización de la estrategia con la finalidad de cuantificar los compromisos adquiridos en 2016, la actual estrategia de sustentabilidad de la cadena agave-tequila incluye la estimación de la huella de carbono y huella hídrica sectorial, un análisis de los programas sociales que se implementan en el sector tequila, análisis de la vulnerabilidad al cambio climático, análisis de la alineación de los objetivos de desarrollo sostenible y la cadena agave-tequila así como la cuantificación de metas comprometidas y compromisos con nuevas metas.

**Figura 3. Actualización de la Estrategia de Sustentabilidad 2020**



Entre los principales resultados se estima que la mayor emisión de gases de efecto invernadero (GEI) son indirectas. En la fase agrícola la mayor contribución es por las emisiones por la quema de combustibles de origen fósil en la maquinaria agrícola y por el transporte de las piñas a las fábricas de tequila, así como, por las emisiones por el uso de fertilizantes nitrogenados utilizados en campo.

En la fase industrial, la mayor contribución a las emisiones se debe a la producción de la botella de vidrio seguido por las emisiones generadas durante la quema de los combustibles de origen fósil utilizados para la obtención de vapor.

Con respecto a los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), se identificó que la cadena agave-tequila se alinea con 16 ODS mediante acciones que se están desarrollando actualmente o que se encuentran próximas a implementarse en un corto a mediano plazo y que pueden contribuir a uno o más de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Todas estas estrategias y acciones de mitigación se pueden relacionar con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales fueron diseñados para atender de manera directa y puntual todos los ámbitos en los que interfiere el ser humano. En el caso del sector industrial, se puede identificar esta relación directa con el ODS 9, Industria, Innovación e Infraestructura; así como con el ODS

12, Producción y consumo responsable. Sin embargo, es importante entender que los ODS son una herramienta que busca abarcar todas las actividades, pero que de ninguna manera son limitativos y que para muchas de las metas establecidas pueden ser cumplidas mediante la aportación de todos los sectores.

**Figura 4. Acciones de la Cadena Agave-Tequila alineadas a los ODS de la ONU**



Con la intención de mejorar permanentemente su eficiencia operativa y su desempeño ambiental, la Estrategia de Sustentabilidad de la cadena Agave-Tequila está sustentada en siete ejes estratégicos que contribuirán al cumplimiento de los compromisos adquiridos.

**Figura 5. Estrategia de Sustentabilidad de la Agroindustria Tequilera**



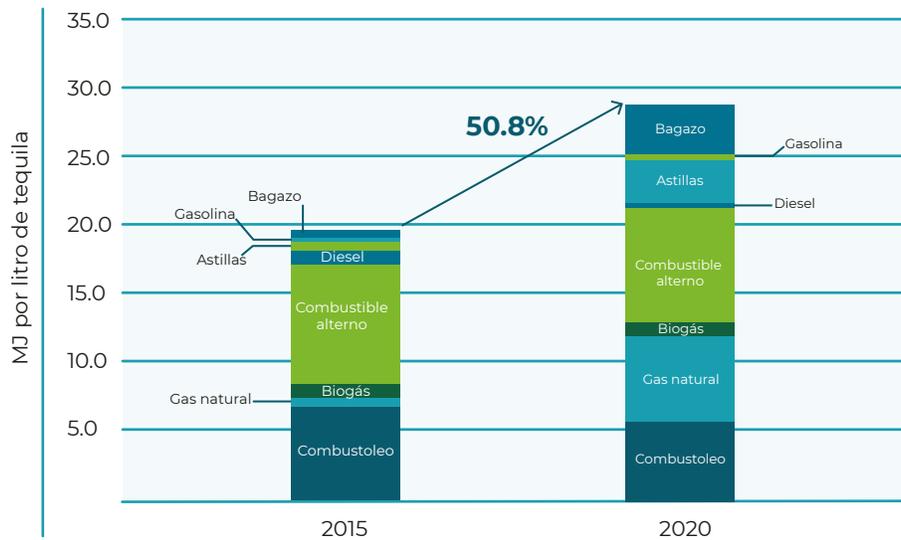
## Descarbonización de la industria

La mitigación de emisiones, referida al cambio climático, es la aplicación de políticas orientadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a potenciar los sumideros de carbono. En el sector tequila se han identificado importantes esfuerzos e inversión para mejorar su desempeño ambiental siendo conscientes de sus impactos principalmente su impacto al cambio climático.

Este eje analiza las posibles estrategias de mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero que se puedan implementar en la etapa de fabricación de tequila incluyendo la cadena de suministro y el aprovechamiento de los residuos tanto sólidos como líquidos.

Los proyectos de eficiencia energética y el aprovechamiento de residuos como el bagazo de agave y la vinaza para generar biocombustibles forman parte de la estrategia de descarbonización de la agroindustria tequilera.

**Figura 6. Sustitución de combustibles fósiles**



Fuente: Elaboración propia.

## Uso eficiente del agua

El consumo de agua en la fabricación de tequila es un componente importante, la reducción del consumo de agua y su uso eficiente implica ahorros económicos y un menor impacto ambiental. Al reducir su consumo y reutilizar el agua tratada minimiza el riesgo de la dependencia de este limitado recurso hídrico al mismo tiempo que reduce la carga sobre la infraestructura de servicios públicos de agua potable y de agua residual. Es importante también la fase de educación tanto de empleados como de consumidores para fomentar el uso del agua.

Un sector preocupado por un recurso no renovable, como el agua, en busca de implementar mejoras para reducir su consumo y reutilización, refuerza su imagen como sector sustentable diferenciándolo de otros sectores y mostrando liderazgo comunitario y ambiental.

Es por eso que en este eje el sector tequila cuenta con metas y compromisos de reducción y uso eficiente del agua y con planes de educación por medio de pláticas y talleres para empleados sobre la conservación del agua y la medición de su huella hídrica.

## Prácticas agrícolas sostenibles

Las buenas prácticas agrícolas son actividades y medidas en campo que buscan principalmente que la calidad de los productos sean inocuos y que además mantengan un alto nivel de calidad; pero también son acciones que se llevan a cabo con la finalidad de reducir riesgos microbiológicos, físicos y químicos, así como reducir el impacto ambiental, de manera que en conjunto, se puedan identificar como una práctica de agricultura sustentable.

En este eje se analizan las estrategias de mitigación y adaptación que se pueden llevar a cabo en campo mediante prácticas de agricultura sustentable y secuestro de carbono prestando especial atención a aquellas relacionadas con el manejo de suelos, el uso de agua, gestión de desechos, así como el manejo integrado de plagas y fertilizantes.

## Tequila Cero Deforestación

Buscando la conservación de los recursos naturales de la Denominación de Origen del Tequila (DOT), la agroindustria tequilera estableció una ruta para demostrar la trazabilidad de no deforestación de su materia prima, el agave tequilana weber variedad azul, con esta acción se desvinculará al agave del cambio de uso de suelo sin permiso de la autoridad competente en México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Este mecanismo de trazabilidad se encuentra basado en tres ejes principales, una herramienta que permite a los productores de agave revisar y demostrar que el lugar en donde establecerá su cultivo de agave se encuentra en un lugar con vocación agrícola, una marca de certificación para reconocer a los lotes de tequila que utilizan agave que demuestra la trazabilidad de no deforestación para su producción y una autorregulación de la agroindustria tequilera de no utilizar una materia prima ligada a un cambio de uso de suelo posterior teniendo como año base el año 2016.

## Tratamiento de residuos

La aspiración nacional de pasar a economías de bajo carbono debe ser parte de las estrategias de mitigación de cada estado, región y sectores industriales del país, donde la economía circular puede ofrecer oportunidades formando a los sectores industriales más eficiente en el uso de los recursos y en el aprovechamiento de sus residuos.

Para alcanzar el desarrollo de bajo carbono es necesaria la estimación y evaluación de estrategias que permitan disminuir sus impactos ambientales donde el aprovechamiento integral de sus

residuos puede ser un camino hacia una economía baja en carbono y circular.

En este eje se analizan y cuantifican las estrategias de mitigación en materia del tratamiento y aprovechamiento de los residuos generados tanto en la fase agrícola como en la fase industrial del sector tequila

## **Fortalecimiento de programas sociales**

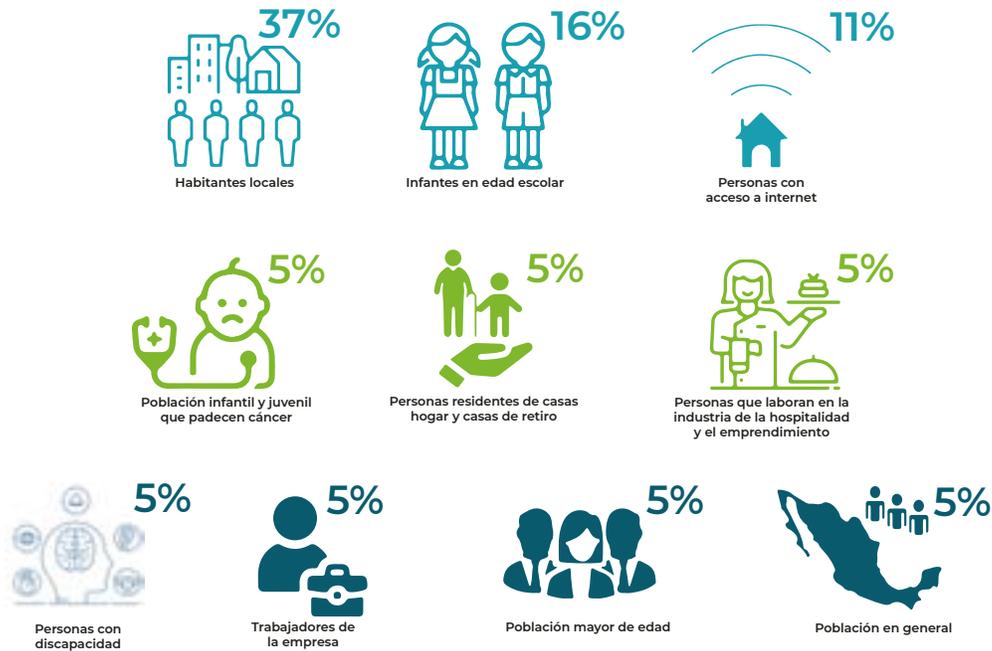
En los últimos tiempos, nos hemos enfrentado como sociedad a diferentes cambios de paradigmas, cada vez más se reconoce la importancia de reducir la brecha de la desigualdad, garantizar el acceso a los diferentes bienes y servicios, y con ellos, facilitar la movilidad social.

Por esta razón, muchas empresas han decidido diseñar programas que permitan aportar desde su sector, con la mejora de las condiciones de la sociedad y con ello, transformar su imagen, principalmente ante sus principales consumidores, como una empresa responsable con la sociedad. Sin embargo, al ser prácticas que son relativamente nuevas, no se han logrado unificar tanto el proceso de ejecución, como la evaluación de los resultados.

Los programas sociales son diseñados como instrumento para transferir a la sociedad parte de los beneficios que una empresa obtiene derivados de su actividad, comprendiéndose entonces como parte de una corresponsabilidad emanada del sistema económico y un acto de justicia social.

Una de las partes más importantes al momento de planificar, diseñar y evaluar un programa social, es sin duda el presupuesto destinado para su ejecución, en este eje se analizarán los diferentes programas sociales en donde el sector tequila puede participar y se priorizaran los que tengan un mayor impacto.

**Figura 7. Población beneficiada por los programas sociales**



Fuente: Elaboración propia.

Una de las acciones en proceso de implementación es la “Compra Social de Agave”, la cual busca incluir a pequeños productores, para que puedan comercializar de manera directa su agave accediendo a una bolsa de compra garantizada por parte de los productores de tequila a un precio justo. Dicho programa generará un impacto directo en los pequeños productores y sus familias, garantizando la venta de su producción y al mismo tiempo, verificando que el proceso cumpla con todos los criterios considerados dentro de la agricultura sostenible.

Dentro de las comunidades se llevan a cabo programas particulares de apoyo físico y emocional a empleados o familiares, así como a grupos vulnerables como población infantil y juvenil que padecen enfermedades como cáncer, personas residentes de casas hogar y casas de retiro, así como aquellas que presentan algún tipo de capacidad diferente, programas de educación acerca de los efectos nocivos del alcohol y capacitación al sector restaurantero y la industria hospitalaria, para el cuidado de personal y clientes ante la pandemia causada por la COVID 19.

## **Desarrollo económico de la región**

El desarrollo económico de las regiones con denominación de origen tequila ha sido impulsado de manera significativa a través de la implementación de estrategias de sostenibilidad por parte de la agroindustria tequilera. Estas estrategias se han centrado en fortalecer la cadena de valor del tequila, promover el uso responsable de los recursos naturales, fomentar la generación de empleo local y promover una economía circular.

En este sentido la agroindustria tequilera ha establecido alianzas con instituciones educativas para promover la formación especializada en temas relacionados con la producción de tequila, desde el cultivo del agave, elaboración, envasado, hasta la comercialización. Esto ha permitido desarrollar habilidades y conocimientos dentro de la comunidad local, generando de esta manera fuentes de empleo en la DOT, a través de la contratación local.

El desarrollo de proveedores locales también ha sido una estrategia fundamental. La agroindustria tequilera ha buscado fortalecer los lazos con los productores locales, fomentando el uso de insumos y materiales provenientes de la región. Esto ha generado un impacto positivo en las economías locales, ya que se promueve la producción y consumo de sus productos, así como el desarrollo de pequeñas y medianas empresas dentro de la cadena de valor del tequila.

En el cierre del año 2022, la agroindustria tequilera contaba con la participación de 36 603 productores de agave, generando más de 3.2 millones de jornales en la producción de agave. De esta agroindustria dependen de manera directa más de 100,000 familias, teniendo un impacto directo en la economía familiar, su seguridad y en las condiciones económicas para satisfacer sus necesidades.

En el año 2022, el valor estimado del tequila en el mercado nacional, internacional y del cultivo del agave represento más del 7,167 millones de dólares, en beneficio de las comunidades que cuentan con la DOT.

# Protocolo ARA “Agave Responsable Ambiental” por un Tequila libre de deforestación

*Alejandra Aguilar Ramírez*

*Josué Díaz Vázquez*

*Carmen Gómez Lozano*

*Sergio Graf Montero*

*Carlos Fernando López de la Cruz*

## **La difícil conciliación de la producción y la conservación de los recursos naturales.**

Jalisco tiene una extensión territorial de casi 78,000 km<sup>2</sup> (7.8 millones de hectáreas). Su tamaño, ubicación latitudinal, historia biogeográfica, combinada con una diversidad geomorfológica compleja, que abarca un gradiente altitudinal que va desde 0 hasta más de 4,000 metros sobre el nivel del mar, en la cual encontramos desde llanuras extensas y cuencas costeras, hasta picos montañosos, que hacen de Jalisco uno de los estados con mayor diversidad de ecosistemas del país. El territorio jalisciense alberga 20 tipos de vegetación que cubren aproximadamente el 62% de la superficie del estado, más de 4.6 millones de hectáreas. (ver Figura 1), mientras que la superficie de uso agrícola representa el 27 %, destinada ya sea para cultivos anuales o perennes, incluyendo los pastizales inducidos para ganadería. En estas casi 3 millones de hectáreas encontramos la producción primaria más importante del país, haciendo que Jalisco sea considerado el gigante agroalimentario de México. El PIB del sector primario de Jalisco ha crecido de manera sostenida en los últimos 10 años, haciendo del estado el principal productor de cerdo, pollo, huevo, leche y agave.

**Figura 1. Mapa de cobertura de suelo 2016 Jalisco**



Fuente: SEMADET 2022

En este contexto, la diversidad agropecuaria en Jalisco es muy variada, podemos encontrar aguacate, maíz, *berries*, trigo, sorgo, entre otros. El efecto directo de ser un gran productor agropecuario a nivel nacional ha sido el cambio de uso de suelo de bosques y selvas, generando una importante pérdida de biodiversidad, siendo la ganadería extensiva, la producción de agave y aguacate, los principales motores de deforestación en el estado.

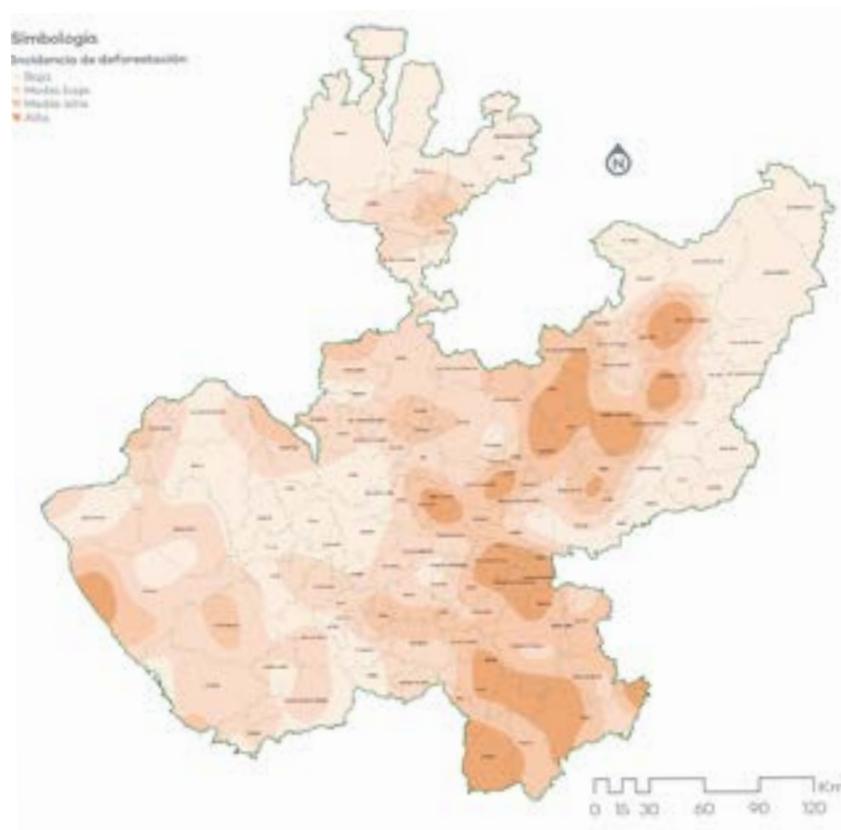
La producción de tequila ha crecido de manera constante desde la creación del Consejo Regulador del Tequila, lo que generó un incremento importante en el abastecimiento de la materia prima agave, detonando una expansión exponencial de la superficie plantada.

En los últimos 5 años la superficie plantada de agave en la Denominación de Origen del Tequila (181 municipios de los estados de Jalisco:125, Guanajuato:7, Nayarit:8, Michoacán:30 y Tamaulipas:11) ha crecido de manera importante, pasando de 130 630 hectáreas en el año 2017 a 426 mil 425 hectáreas en el año 2022, siendo Jalisco quien tiene la mayor superficie con aproximadamente

316 mil 10 hectáreas. Este crecimiento ha significado una importante pérdida de superficie forestal, especialmente de selvas bajas y encinares.

Específicamente, en Jalisco, del año 2001 al 2018, a nivel estatal, se han perdido 287,905 hectáreas de ecosistemas forestales, el equivalente a casi 16 mil hectáreas al año<sup>5</sup>. Para el periodo 2016 al 2020 la pérdida fue de aproximadamente 70,614 hectáreas, lo que representa una pérdida anual de poco más de 17,000 hectáreas. Se calcula que cerca de 7 mil hectáreas anuales fueron deforestadas por la siembra de agave<sup>6</sup>.

**Figura 2. Hotspots de deforestación en el estado de Jalisco**



Fuente: Conafor-Semadet, 2020

5 CONAFOR, 2020. [https://idefor.cnf.gob.mx/uploaded/documents/INFOPOSTER\\_DEFORESTACION\\_JALISCO\\_ALTA\\_1\\_YB4xD72.pdf](https://idefor.cnf.gob.mx/uploaded/documents/INFOPOSTER_DEFORESTACION_JALISCO_ALTA_1_YB4xD72.pdf)

6 SEMADET, 2020. Dato calculado por la Dirección de Geomática e Información Ambiental y Territorial de la SEMADET.

El Consejo Regulador del Tequila consciente de que, el aprovechamiento de los elementos naturales requieren de la atención y prevención para evitar un deterioro ambiental, considera que su protección es fundamental para la calidad de vida de la población. La protección de los recursos naturales es una responsabilidad compartida entre el sector público, privado y social, respecto al equilibrio ecológico para alcanzar una gestión sostenible y uso eficiente de los recursos naturales.

## **Gestión para la atención de un efecto ambiental generado por la industria del tequila**

Desde el año 2016, como antecedente y primer esfuerzo del Consejo Regulador del Tequila en la agenda ambiental, el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, elaboró la Estrategia de Sustentabilidad de la cadena agave-tequila. (Disponible en: Microsoft Word - Estrategia de Sustentabilidad 2016 vf (crt.org.mx)), con información de 11 empresas, tomando como año base el año 2014 y a través del uso de la metodología de análisis del ciclo de vida, se estimó la huella de carbono, el consumo de energía y agua y la generación de vinazas y bagazo de la agroindustria en la Denominación de Origen Tequila. Adoptando por primera vez metas y compromisos de sustentabilidad. Uno de los resultados obtenidos en la actualización de la estrategia realizada el año 2020 muestra una reducción del 6,3% en la huella de carbono directa de la agroindustria comparada con el año 2014.

En febrero del 2019 el gobierno del estado de Jalisco interpuso una denuncia ante la PROFEPA por el cambio de uso de suelo de más de 1,500 hectáreas de bosque convertidas en huertas de agave. A partir de esa acción gubernamental, el Consejo Regulador del Tequila gestionó una serie de reuniones con el gobierno del estado, específicamente con la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) con la intención de buscar un modelo que permitiera atender los retos ambientales generados por la cadena agave-tequila.

El trabajo coordinado entre el Consejo Regulador del Tequila y el Gobierno del estado de Jalisco se formalizó y concretó en un convenio de colaboración para establecer las bases para la formulación y conducción de un esquema de cooperación institucional con el objetivo de coadyuvar a la sustentabilidad del sector tequilero el cual se firmó en diciembre de 2019, en el marco de la vigésima quinta reunión de la Conferencia de las Partes (COP25) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en Madrid, España. Los tres ejes fundamentales del convenio son:



Diseño e implementación del protocolo y certificación de “Agave - Tequila Cero Deforestación”.



Mesas técnicas, para la innovación de soluciones tecnológicas de sus residuos (vinazas y bagazo).



Mejores prácticas productivas para conservación de biodiversidad y su restauración.

El trabajo específico para atender el tema de deforestación detonó una agenda de trabajo muy prolífera, que se concretó en marzo del 2021 con el registro ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) de la marca de certificación ARA “Agave Responsable Ambiental (Reg. No. 2224824). Previamente se trabajaron de manera conjunta elementos relacionados con la marca de certificación, como por ejemplo el mapa de compatibilidad de cultivo, diseño de marca y reglas de uso, mecanismo de trazabilidad de la cadena productiva y mecanismo de atención a controversias. A partir de esa fecha inicia la operación de ARA en Jalisco, en busca de un tequila libre de deforestación.

En este contexto, el estado de Guanajuato se suma a la iniciativa de ARA buscando homologar la política en todo el territorio de la Denominación de Origen Tequila y salvaguardando su territorio de posibles fugas ambientales de productores de agave buscando territorios más permisivos. En junio del 2021 se firma un convenio tripartita de colaboración entre el Gobierno de Jalisco, el Gobierno de Guanajuato y el Consejo Regulador del Tequila.

**Figura 3. Firma del convenio de colaboración CRT-Jalisco-Guanajuato**

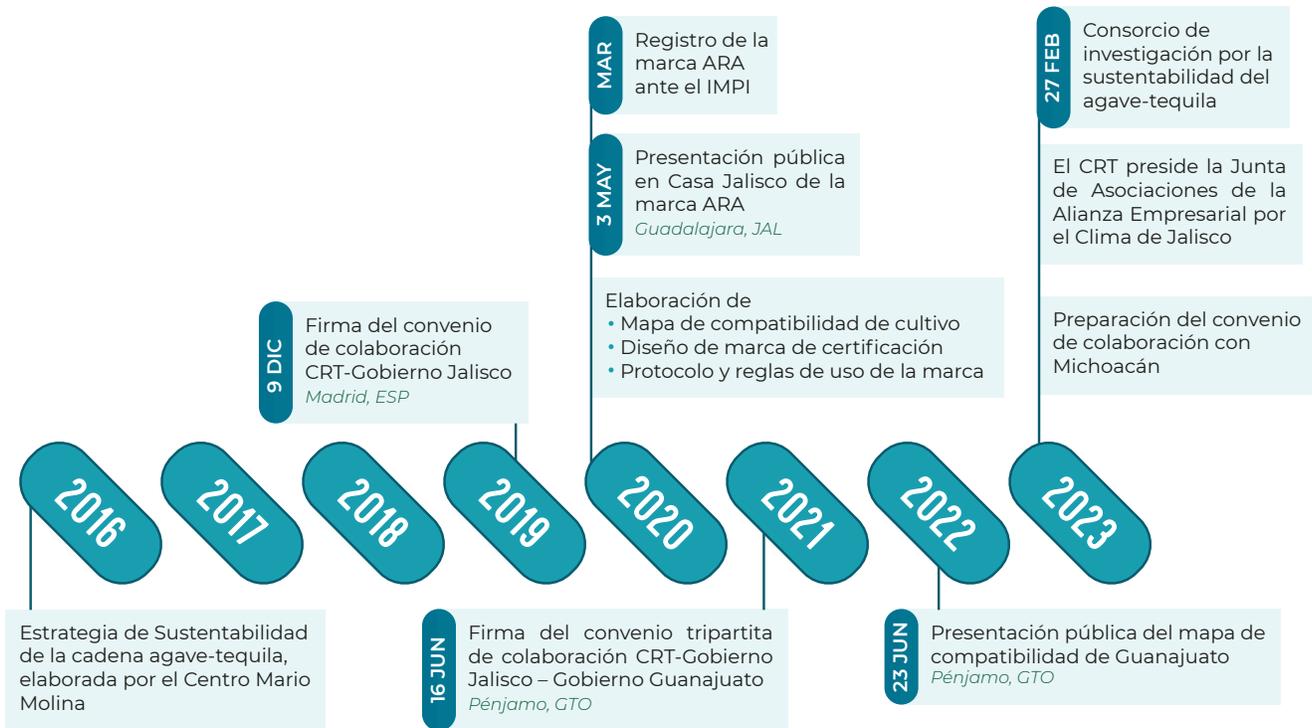


Es importante destacar que al cierre del año 2022, el agave plantado en los estados de Jalisco y Guanajuato representan el 87,5% del agave registrado en toda la Denominación de Origen para la producción de tequila.

En el año 2023, el Consejo Regulador del Tequila se posiciona e impulsa otras agendas ambientales como la de cambio climático, a través de la presidencia de la junta de Asociaciones en la Alianza Empresarial por el Clima de Jalisco. Así como en la creación del Consorcio de investigación por la sustentabilidad de la cadena agave-tequila, con el objetivo de coordinar las investigaciones que universidades, centros de investigación y centros de innovación realizan para generar prácticas e innovaciones tecnológicas para fortalecer la sustentabilidad de la agroindustria tequilera, particularmente en el tratamiento de vinazas, la no deforestación, la captura de carbono por agave, la reutilización del bagazo, prácticas agrícolas sustentables, modelos de planeación estratégica del agave, análisis y proyección de la cadena agave-tequila.

En este mismo año existe interés y acercamiento del estado de Michoacán para sumarse a la iniciativa de ARA, buscando el reconocimiento de la no deforestación de las plantaciones de agave establecidas en este estado.

**Figura 4. Línea de tiempo protocolo ARA**



## La marca de certificación ARA como un modelo de gestión territorial

### Visión de la agroindustria tequilera ARA

El protocolo ARA “Agave Responsable Ambiental”, es un mecanismo de autorregulación que la agroindustria tequilera ha implementado para que los productores de agave puedan validar sus parcelas en donde pretenden establecer su cultivo, con este mecanismo se garantizará que el agave que se pretenda utilizar para producir tequila no provenga de zonas forestales teniendo como año base el año 2016. Con este mecanismo se genera certeza a los productores de tequila de utilizar una materia prima no vinculada a procesos de deforestación.

Esta autorregulación está diseñada para garantizar el cumplimiento de las leyes federales establecidas por las autoridades competentes y coadyuvar con las políticas públicas de las Entidades Federativas que cuentan con la Denominación de Origen Tequila.



ARA “Agave Responsable Ambiental”, es una marca de certificación registrada en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial en marzo del año 2021, en co-propiedad entre el Consejo Regulador del Tequila el Gobierno de Jalisco.

El sello de ARA en las botellas de tequila le garantiza al consumidor que el producto se elaboró con agaves establecidos en parcelas que no han provocado deforestación teniendo como año base el 2016.



En este sentido ARA no certifica medidas fitosanitarias ni sobre producción orgánica de los cultivos de agave; sin embargo, sí se posiciona como la primera certificación de trazabilidad de no deforestación en bebidas alcohólicas a nivel mundial.

Para poder hacer uso de la marca de certificación ARA el producto debe cumplir con tres reglas principales:

1. Debe ser o contener tequila; y por lo tanto cumplir con la NOM-006-SCFI-2012.
2. Debe provenir de parcelas establecidas en zonas no forestales de acuerdo al mapa de compatibilidad de cultivo de agave.
3. Debe demostrar trazabilidad desde la parcela hasta la botella.

Es por eso, que ARA es una medida de autorregulación de la agroindustria tequilera en el marco de los esfuerzos globales para combatir el cambio climático y detener la pérdida de biodiversidad, así como en el cumplimiento de la legislación ambiental nacional, como por ejemplo la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

El protocolo ARA, además de ser un mecanismo de autorregulación, genera varios beneficios a la agroindustria tequilera, entre ellos:

1. Satisface nuevas tendencias de mercados cada vez más exigentes, como por ejemplo productos libres de deforestación del Pacto Verde Europeo.
2. No tiene ningún costo el uso y la certificación ARA para los productores de agave y productores de tequila, lo que puede asociarse a un valor agregado del producto.
3. Distingue a empresas ambientalmente responsables.
4. Es un instrumento efectivo para desvincular al tequila de cambios de uso de suelo sin autorización de la autoridad competente en México.

## **Tequila Cero Deforestación -Mapa de compatibilidad para el cultivo de agave**

En un contexto de cambio global como el que vivimos ahora, representado por una multicrisis generada por la pérdida de biodiversidad, contaminación y cambio climático, la viabilidad de industrias tan dependientes de la naturaleza y del mercado internacional, como lo es la industria tequilera, requiere asegurar la sustentabilidad de sus cadenas de producción. Es necesario que la cadena productiva agave-tequila pase de ser un factor de deterioro a uno que contribuya a la protección, restauración y conservación de los ecosistemas de cuyos elementos depende. Es menester, ordenar y determinar que las áreas o sitios cumplan con criterios ambientales que permitan precisar la factibilidad de las plantaciones de agave. Para lograr tal objetivo, se desarrolló el mapa de compatibilidad para el cultivo de agave.

La consolidación de esta herramienta exigía la identificación y delimitación detallada de las zonas factibles para el cultivo de agave, es decir, aquellas áreas donde se ha respetado la frontera agrícola (SIAP, 2017) y las tierras forestales (CONAFOR-SEMADET, 2016) respectivamente. Para ello, fue necesario hacer uso de la cartografía de la frontera agrícola de los municipios con Denominación de Origen, junto con el mapa de cobertura del suelo, año base 2016.

## La frontera agrícola como modelo de control para la expansión agropecuaria.

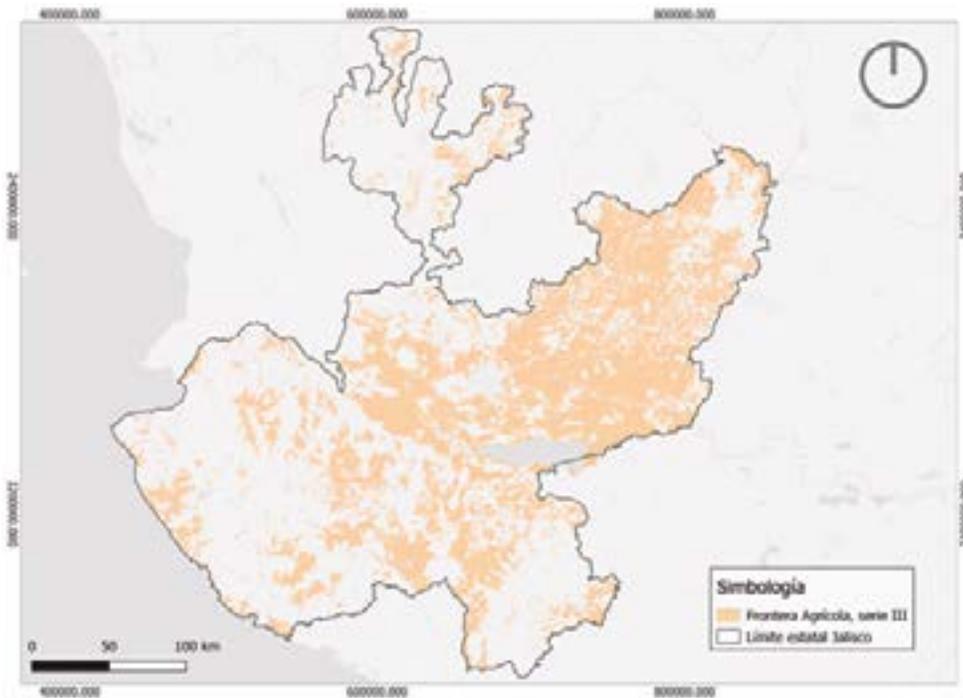
La frontera agrícola se trata de un insumo cartográfico que identifica la distribución territorial de la superficie dedicada a las actividades agrícolas de México, a cargo del servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP); esta frontera se ha producido en los últimos 6 años, a partir de imágenes de satélite de la constelación SPOT y con la aplicación de técnicas de interpretación visual y trabajo de campo. El resultado ha sido la delimitación de más de 750,000 polígonos en todo el país a escala 1:10,000.

Este producto es la base para cualquier estudio territorial del sector agropecuario y de otros sectores relacionados en México. Sus principales beneficios son:

- Mayor exactitud y confiabilidad en la obtención de cifras de superficie agrícola.
- Ha permitido reducir costos y tiempos de traslado para trabajos de campo de otros proyectos.
- Es un insumo que permite la toma de decisiones gubernamentales.
- Se emplea como herramienta espacial para la determinación y verificación de los apoyos económicos a productores del campo.

Para el estado de Jalisco, la frontera agrícola registra cultivos como el agave, aguacate, ajonjolí, alfalfa, arroz, avena forrajera, caña de azúcar, cebolla, chile, frambuesa, frijol, limón persa, maíz forrajero, granos, mango, nopal, palma de coco, papa, pastos, sandía, sorgo, tamarindo, zarzamora, tomate rojo y verde; si bien, las parcelas se diversifican y se dividen entre aquellas que corresponden a cultivos de temporal y de riego, en Jalisco se observa una disminución de su frontera agrícola con hasta un 14.3% menos que la superficie reportada hasta antes de la serie III, producto de cambios de uso de suelo (SIAP, 2020).

**Figura 5. -Mapa frontera agrícola, serie III-**



A través del uso de tecnologías y sistemas de información geográficas, el Gobierno de Jalisco, particularmente la SEMADET, determinaron las parcelas agrícolas existentes, hasta el año 2016 bajo técnicas de percepción remota; éstas fueron comparadas contra la frontera agrícola, serie III (SIAP, op. cit. ) y lograr un consenso entre ambos instrumentos. Para este ejercicio también fueron útiles imágenes satelitales de alta y mediana resolución espacial, detectando y determinando las zonas y parcelas que presentan vegetación de selvas y bosques mayoritariamente, clasificadas o nombradas genéricamente como tierras forestales y separando a aquellas agropecuarias.

El mapa de compatibilidad supuso el esfuerzo de personas especialistas en imágenes de satélite, con formación en ciencias ambientales y ciencias de la tierra, integrando un equipo de personas especialistas e interpretadoras visuales, con capacidades técnicas para la digitalización y clasificación semi-automatizada de mapas de cobertura y amplio conocimiento en ecosistemas y ordenación territorial.

La interpretación visual permitió incluir la digitalización de áreas dedicadas a la agricultura que habían quedado al margen de la frontera agrícola, pero que se logró verificar su manejo agrícola, o bien, se incluían por la presencia de vegetación inducida o cultivada con histórico de manejo pecuario, gracias al uso de mosaicos de imágenes a 10 metros de resolución por píxel\*.

Se realizó un **mosaico\*** de medianas con la fusión de 139 imágenes que cubrieron tanto la temporada de sequía (estiaje), como el temporal de lluvias (húmeda), con datos provenientes del programa espacial de la Unión Europea Copernicus Sentinel, año 2016. Este insumo fue muy útil para diferenciar las áreas urbanas y agrícolas de las forestales, a partir de índices de vegetación, clasificación con aprendizaje supervisado a través del algoritmo Random Forest y composiciones en falso color y síntesis de bandas, con el uso predominante de aquellas **bandas de infrarrojo cercano\***.

#### Glosario técnico

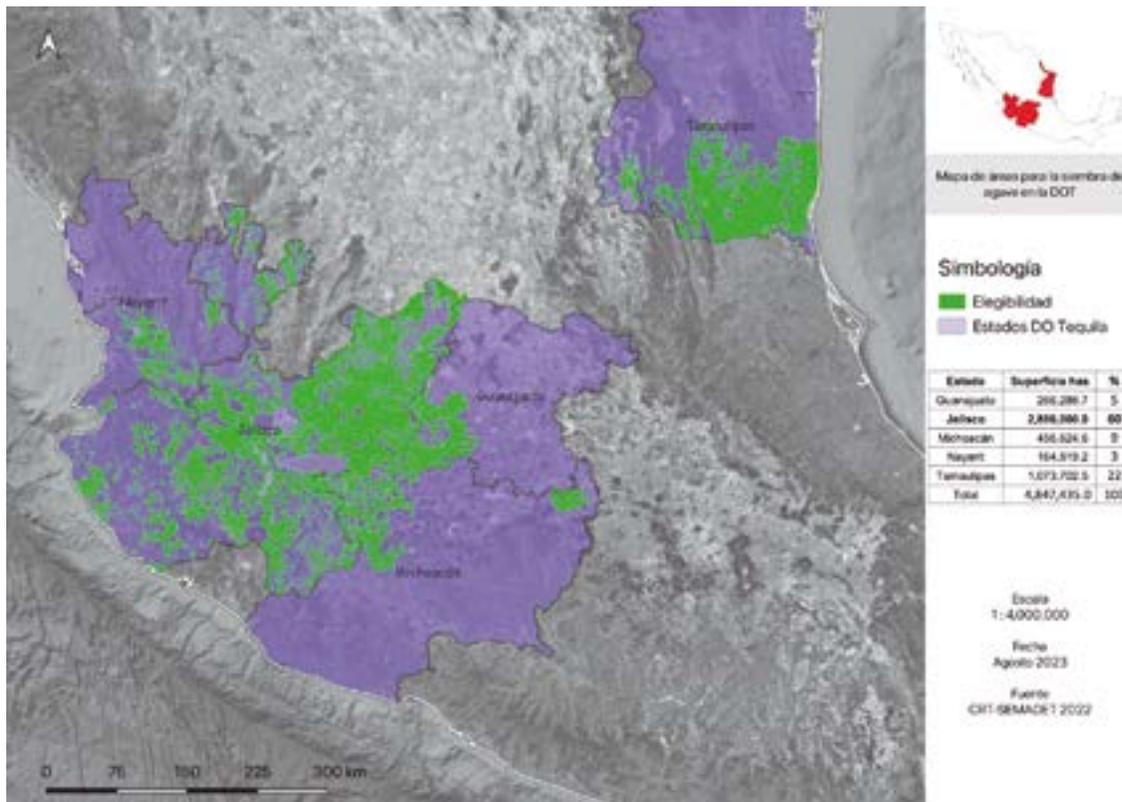
**\*Píxel:** Un píxel es la unidad mínima homogénea que conserva información en color o escala de grises de una imagen digital.

**\*Mosaico:** es una fusión de dos o más imágenes satelitales de una determinada área.

**\*Bandas infrarrojo cercano:** Esta es una de las combinaciones más empleadas en el estudio de la vegetación, la cual aparece en tonos rojizos. Cuanto más sana se encuentre, resulta más brillante y se logra diferenciar de otras coberturas o elementos del territorio fácilmente; además el uso de las bandas del infrarrojo cercano permite distinguir entre diferentes tipos de vegetación en comparación con una imagen en color real o natural. Esta combinación de bandas es muy usada en la observación remota de vegetación vs cultivos.

Finalmente, las áreas caracterizadas como agrícolas hasta el año 2016 se incluyeron en la cartografía de compatibilidad para el cultivo de agave en los 125 municipios de Denominación de Origen, en el estado de Jalisco; en oposición, aquellas parcelas, predios o zonas que se caracterizan por la presencia de vegetación forestal, tanto primaria como secundaria fueron excluidas de esta frontera y salvaguardadas, considerando el año 2016 como el año base o línea base para integrar plantaciones de agave dentro de estas zonas compatibles y por lo cual no han provocado cambios que representan la remoción parcial o total de la vegetación, señalada como deforestación, de ahí que las plantaciones que son cultivadas dentro del mapa de compatibilidad, producirán un **Tequila Cero Deforestación**.

**Figura 6. Mapa de cobertura de las áreas para la siembra de agave en DOT**



El mapa de compatibilidad contempla casi 3 millones de hectáreas en Jalisco y puede consultarse en el sitio <https://mapa.jalisco.gob.mx/>

En el estado de Guanajuato los 7 municipios con Denominación de Origen (Abasolo, Cuerámaro, Huanímaro, Manuel Doblado, Pénjamo, Purísima del Rincón y Romita), cuentan con zonas compatibles para el cultivo del agave. La superficie de compatibilidad dentro de los municipios con Denominación de Origen Tequila en el estado de Guanajuato es de 266 mil 100 hectáreas, siendo el 64.66 % de la superficie, compatible para el cultivo.

El mapa de compatibilidad para el cultivo de agave en el estado de Guanajuato, se generó a partir de la cartografía de uso de suelo y vegetación 2014, alineado con las políticas territoriales establecidas en el Modelo de Ordenamiento Sustentable del Territorio (MOST) del PEDUOET 2019; y con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Usos del suelo compatibles para el cultivo: agricultura de riego, agricultura de temporal, agricultura de humedad y pastizal inducido.

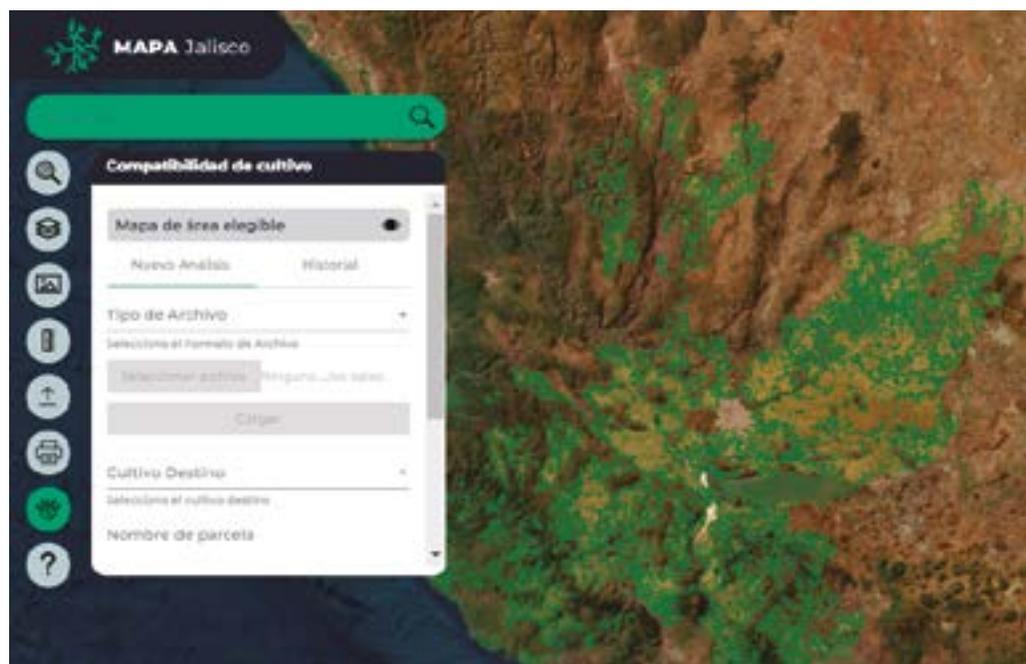
El mapa de compatibilidad de Guanajuato puede consultarse en el sitio <https://smaot.guanajuato.gob.mx/agave/> y en la aplicación móvil ecoapp Agave.GTO: <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/ecoapp/>

## Reporte de compatibilidad, un sistema eficiente y amigable para productores

Antes de cultivar agave, es necesario que las personas productoras se aseguren que las parcelas de interés se ubiquen dentro del mapa de compatibilidad y obtengan su reporte de compatibilidad, ya que es uno de los requisitos que el Consejo Regulador del Tequila solicitará al dar de alta, a todas las parcelas que busquen su registro.

Este requisito inició en mayo del 2021, y monitorea a todas las plantaciones registradas desde el año 2016, buscando asegurar que al año 2027, la cadena productiva agave-tequila estará libre de deforestación (eje fundamental de la certificación ARA).

**Figura 7. Imagen plataforma Mapa.Jalisco**



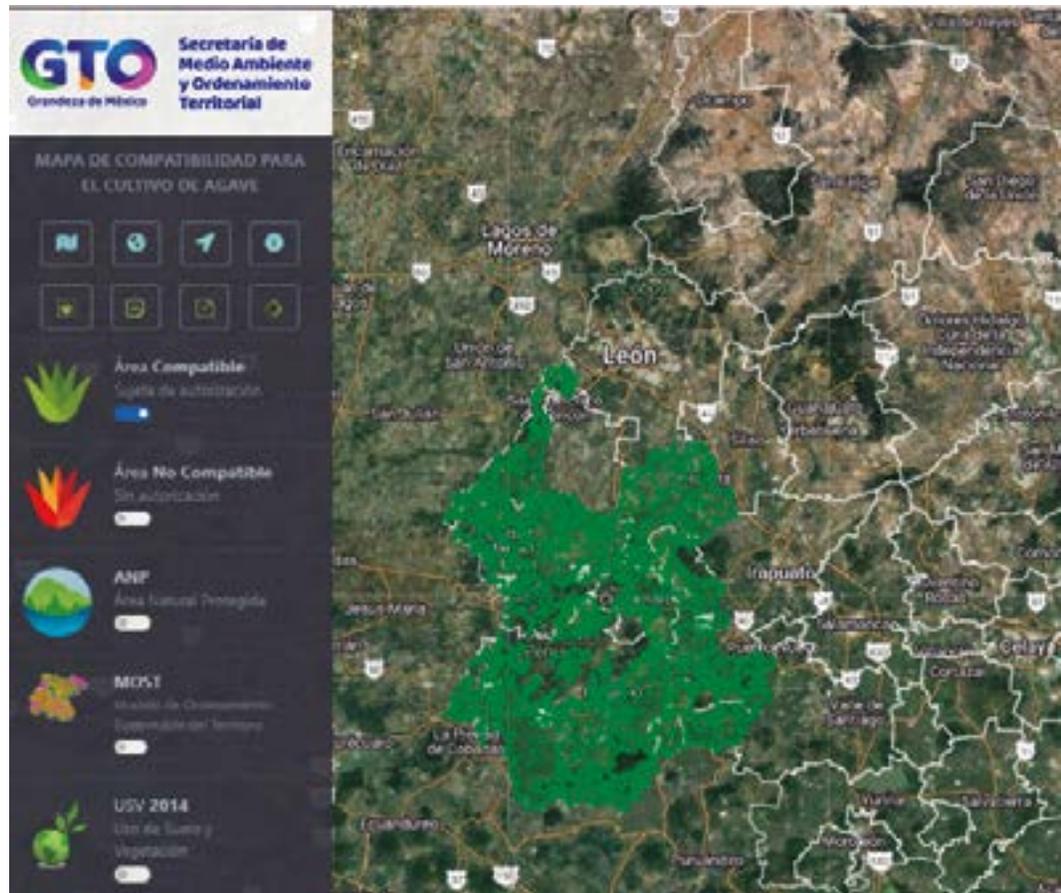
Para los productores de agave que van a establecer su plantación en el estado de Jalisco, a través de la plataforma Mapa Jalisco, la SEMADET desarrolló el módulo de ubicación de las zonas compatibles de agave, permitiendo que las personas productoras obtengan en línea, su reporte de compatibilidad, mismo que es descargado automáticamente y que contiene un único folio y código QR indicando el estatus de la plantación.

Para ello, es necesario que el productor o productora previamente haya generado el polígono o perimetral de su parcela, guardándola en formatos compatibles como son: kml., shp., GeoJSON o geopackage.

Figura 8. Reporte de Compatibilidad para el cultivo del agave en Jalisco



Figura 9. Imagen plataforma Smaot.Guanajuato



Para los productores de agave que van a establecer su plantación en el estado de Guanajuato, a través de las plataformas [smaot.guanajuato](http://smaot.guanajuato) y la aplicación móvil [ecoapp agave](#). GTO\*, la SMAOT desarrolló las herramientas para que los productores obtengan en línea, su Reporte de Compatibilidad, mismo que es descargado automáticamente y que contiene un único folio y código QR indicando el estatus de la plantación.

**Figura 10. Reporte de Compatibilidad para el cultivo del agave en Guanajuato**



El Reporte de Compatibilidad obtenido a partir de las páginas oficiales de las Secretarías de Medio Ambiente de los estados de Jalisco y Guanajuato pueden indicar alguno de los siguientes resultados a los productores de agave: positivo, negativo o parcial. Es decir, el sistema lleva a cabo un análisis geoespacial donde verifica que el polígono coincida con la zona de compatibilidad para el cultivo de agave, señala si éste se ubica en un Área Natural Protegida y si presentó algún incendio con un histórico desde el año 2008, teniendo las siguientes categorías:

## Empalmes por capa

Capa	Sin conflicto	Parcialmente aceptable	Conflicto potencial	Conflicto
Área elegible	100%	99% a 70%	69% a 30%	< 30%
Área Natural Protegida	0%	1% a 25%	26% a 80%	> 81%
Incendios	0%	1% a 25%	26% a 80%	> 81%

## Supuestos del reporte

Los productores de agave podrán continuar con su trámite de registro ante el Consejo Regulador del Tequila, llevando el reporte de compatibilidad que obtiene previamente y de manera gratuita, junto con la documentación solicitada por el propio CRT, de acuerdo con los siguientes supuestos:

- **Reporte positivo, sin conflicto (verde):** continúa con su trámite normal de registro.
- **Reporte parcialmente aceptable (amarillo):** solo el porcentaje de la superficie del predio, parcela o fracción que coinciden con el mapa de compatibilidad, podrá plantarse e ingresarse para registro de la plantación.
- **Registro con conflicto potencial o conflicto (naranja y rojo):** no podrá plantar agave o registrarse ese predio, parcela o fracción de agave para tequila; puede recurrir al mecanismo de resolución de controversias.

## Mecanismo de resolución de controversias

Una parcela, predio o fracción con conflicto potencial o conflicto, a nivel de territorio, significa que cuenta con vegetación forestal antes del año 2016 o dentro de un Área Natural Protegida, por lo cual, no podrá ser registrado en el Consejo Regulador del Tequila.

Los productores de agave que obtengan un reporte no viable para su plantación, cuentan con la posibilidad de solicitar a la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco y a la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial de Guanajuato, la revisión puntual de

su predio, mediante el ingreso de un escrito en formato libre, dirigido al Órgano Técnico de Controversias ARA, en la Oficialía de Partes de las instituciones, detallando el nombre y ubicación de la parcela, folio del reporte de compatibilidad y polígono de ubicación.

Los interesados también pueden adjuntar evidencia disponible o autorización de cambio de uso de suelo que se haya otorgado previamente por la SEMARNAT, como documentos auxiliares para completar la revisión técnica; todo este proceso se conoce como Mecanismo de Resolución de Controversias.

La resolución de la controversia se traduce en un análisis geoespacial de parcelas, empleando insumos como mapas de cobertura forestal, imágenes satelitales de alta resolución y salidas de verificación al campo, así como la conciliación y rastreo de autorizaciones de cambio de uso de suelo con bases de datos que otorga la propia SEMARNAT.

Si la resolución de la controversia es favorable, es decir, se verifica la no deforestación o autorización de cambio de uso del suelo con la debida compensación ambiental, se anexa el predio al mapa de compatibilidad. La SEMADET y la SMAOT entregarán un oficio de respuesta con un nuevo reporte que indique que la superficie de interés se encuentra sin conflicto (verde) para continuar su trámite ante el Consejo Regulador del Tequila.

En caso contrario, no se podrá plantar y registrar la parcela como plantación de agave para producir tequila.

## **Compromiso de la agroindustria tequilera por un tequila libre de deforestación**

Buscando la conservación de los recursos naturales de la Denominación de Origen Tequila, la agroindustria tequilera estableció una ruta para demostrar la trazabilidad de no deforestación de su materia prima, el agave tequilana weber variedad azul. Con esta acción se desvinculará al agave del cambio de uso de suelo sin autorización de la autoridad competente en México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

**Figura 11. Pilares del protocolo ARA**



Para que un productor de tequila pueda utilizar la marca de certificación ARA, es necesario que firme un convenio de uso de la marca ARA con el Consejo Regulador del Tequila. Adicionalmente debe de cumplir con una serie de reglas de uso de la marca, entre las que se consideran las siguientes:

- Se aplicará a la bebida alcohólica tequila, así como también a las bebidas alcohólicas que contengan Tequila.
- Los usuarios autorizados de la marca de certificación podrán colocar la misma en sus etiquetas y/o envases, previo a su comercialización y/o distribución.

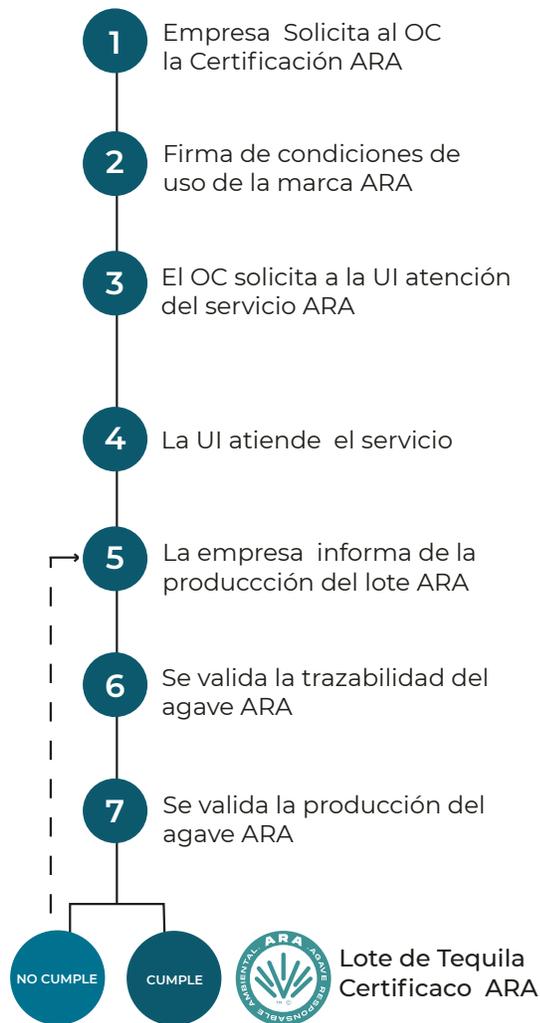
La autorización para usar la Marca de Certificación ARA se otorgará a toda persona física o moral que cumpla los siguientes requisitos:

- Ser productor, envasador y/o comercializador de tequila, y bebidas alcohólicas que contengan tequila, y en consecuencia que cumpla con las condiciones determinadas en las presentes reglas de uso y la NOM-006-SCFI-vigente.
- El agave debe provenir de áreas dentro del mapa de compatibilidad para agave.
- Debe garantizar un sistema de trazabilidad del predio al embotellado por lote.
- Usarla tal y como aparezca protegida.

Los productores autorizados de tequila pueden solicitar la certificación de sus lotes de producción de tequila ARA, a través del proceso de inspección permanente que realiza el Consejo Regulador del Tequila para garantizar la autenticidad del tequila.



**Figura 12. Reporte de compatibilidad para el cultivo del agave en Guanajuato**



## Avances del protocolo ARA Agave Responsable Ambiental

La primera botella de tequila ARA fue presentada en el marco de la vigésima sexta reunión de la Conferencia de las Partes (COP26) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, llevado a cabo en noviembre de 2021, en Glasgow, Reino Unido, por el Secretario de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del estado de Jalisco.

**Figura 13. Presentación primer lote de tequila ARA, Glasgow, Reino Unido**



A partir de la implementación del protocolo ARA “Agave Responsable Ambiental” en noviembre del 2021 en el Estado de Jalisco y hasta el cierre del año 2022 con el protocolo implementado en los Estados de Jalisco y Guanajuato, se estima que este mecanismo ha evitado la deforestación de cerca de 7 561 hectáreas, al convertirse en una herramienta de consulta para los productores de agave, los cuales realizan la validación de su parcelas antes de realizar el cultivo, así como también por la determinación tomada por la agroindustria tequilera de desvincular al agave utilizado para producir tequila a procesos de cambio de usos de suelo.

Actualmente se cuenta con más de un millón de litros de tequila ARA Certificado, elaborado por 7 productores de tequila. Estos primeros lotes de tequila ARA representan el primer paso de nuestra visión, en donde todo el tequila producido a partir del año 2027, garantizará que su materia prima, el agave, cuenta con una trazabilidad de no haber causado deforestación para su cultivo.

ARA “Agave Responsable Ambiental” en una acción exitosa de la agroindustria tequilera de la mano con los Gobiernos Estatales y el Consejo Regulador del Tequila para garantizar la sostenibilidad de la bebida nacional por excelencia de México, el Tequila.



# Gestión y uso eficiente del agua

Graciela Hernández Cano



## Huella Hídrica

**Actualmente no solo vivimos una crisis climática sino también una crisis hídrica**, aunado a las olas de calor cada vez más extensas e intensas, el problema del abastecimiento de agua se intensifica dejando a miles de millones de personas alrededor del mundo sin agua potable y saneamiento, a pesar de que ambos servicios son un derecho humano.

Esta crisis hídrica tiene una clara repercusión a nivel social, la dificultad de acceso a la calidad y cantidad de agua conlleva a problemas en la salud en poblaciones de pobreza extrema. Es por eso que la Asamblea General de las Naciones Unidas convocó a principios del 2023, en Nueva York, a la Conferencia del Agua, la primera reunión de su categoría en 50 años, esta conferencia dio origen a la adopción de la Agenda de Acción para el Agua con un plan que incluye 689 compromisos y 300,000 millones de dólares prometidos para proteger “el bien común global máspreciado de la humanidad”<sup>7</sup>.

Más de 50 empresas líderes mundiales se unieron a asumir un compromiso colectivo con el ODS 6: *Agua limpia y saneamiento* y se unieron para solicitar que más empresas se unan a la Agenda de Acción para el Agua *Las empresas son los mayores usuarios de agua en el mundo y tienen un gran interés en garantizar que los recursos hídricos se gestionen de forma responsable, justa y sostenible*<sup>8</sup>.

Actualmente los países que no cuentan con suficientes recursos hídricos para producir alimentos y bienes los compran a naciones que pueden elaborarlos, así en lugar de usar sus escasos recursos hídricos para la producción de algún alimento o bien, los importan. México es uno de los países importadores netos de agua virtual a pesar de contar con regiones con escasez de agua, por lo que es importante garantizar su seguridad hídrica y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030 mediante un cambio de paradigma en la gestión del agua.<sup>9</sup>

De acuerdo al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en México más de la mitad de su huella hídrica es por productos de origen animal y otra contribución importante es para la obtención de cultivos que se exportan parcialmente para la producción de bioenergéticos. Es importante impulsar el uso de bioenergéticos con baja huella de carbono siempre y cuando no se ponga en riesgo la seguridad hídrica de un país.

7 Conferencia sobre el agua: 689 compromisos para no que no pasemos sed | Noticias ONU (un.org)

8 Sanda Ojiambo, CEO del Pacto Mundial de la ONU a nivel internacional

9 Huella hídrica en México: análisis y perspectivas (imta.mx)

Un indicador sobre el impacto por el consumo humano de agua es la huella hídrica, la cual se dio a conocer en el año 2002 por Arjen Hoekstra y P. Hung, el cual se basa en los conceptos de la huella ecológica, el agua verde y el agua virtual, para definir a la Huella Hídrica como el volumen de agua impactada debido al consumo de forma directa o indirecta para la obtención de un producto.

El consumo directo se refiere al consumo durante el proceso de fabricación y el consumo indirecto se refiere al consumo de agua que contienen las materias primas utilizadas para la obtención del producto.

De acuerdo a la metodología del Water Footprint Network, descrita por Hoekstra, la huella hídrica total se cuantifica en tres huellas, en función del tipo de agua que se consume:



Huella hídrica verde: la cual contabiliza el volumen de agua proveniente de la lluvia y que se utiliza en la agricultura debido a la evapotranspiración y al contenido de agua de las plantas;



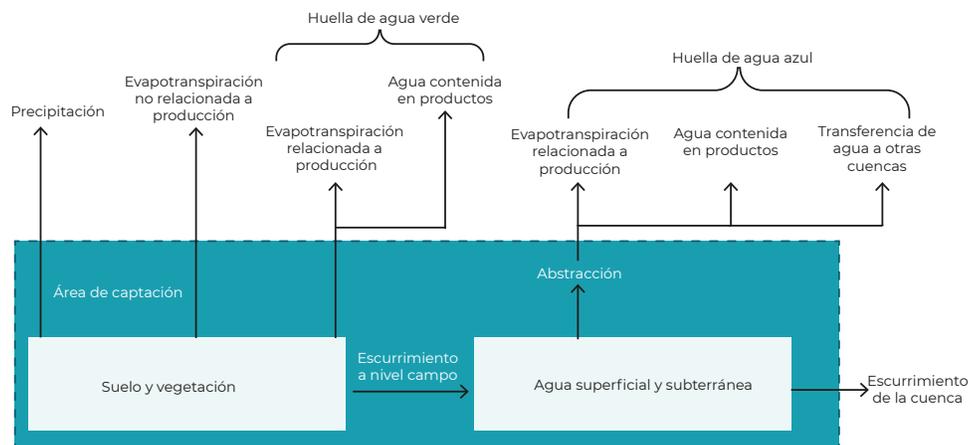
Huella hídrica azul: la cual contabiliza el consumo proveniente del agua dulce superficial, lagos y ríos, y de agua subterránea;



Huella hídrica gris: la cual contabiliza el agua necesaria para asimilar la carga contaminante que se desecha en cuerpos de agua y permanece dentro de los estándares de calidad de agua establecidos.

La suma de estas tres huellas da como resultado la huella de agua del producto. En la siguiente figura se muestran los componentes del agua verde y azul. Para el agua gris, se realiza un cálculo basado en la carga contaminante del agua desechada.

**Figura 1. Huella de agua verde y azul en relación con el balance de agua de una cuenca**



Fuente: Traducido de Hoekstra et al. (2011)

La huella hídrica no toma en cuenta solamente el consumo directo o indirecto de agua para la obtención de un producto sino que también permite distinguir en dónde y en qué momento se usó, además del tipo de agua que fue usada, por lo que es un indicador con dimensión temporal y espacial, tomando en cuenta aspectos cualitativos y cuantitativos, por lo cual las propuestas deben ser integrales y es responsabilidad de todos, empresas, gobierno y sociedad.

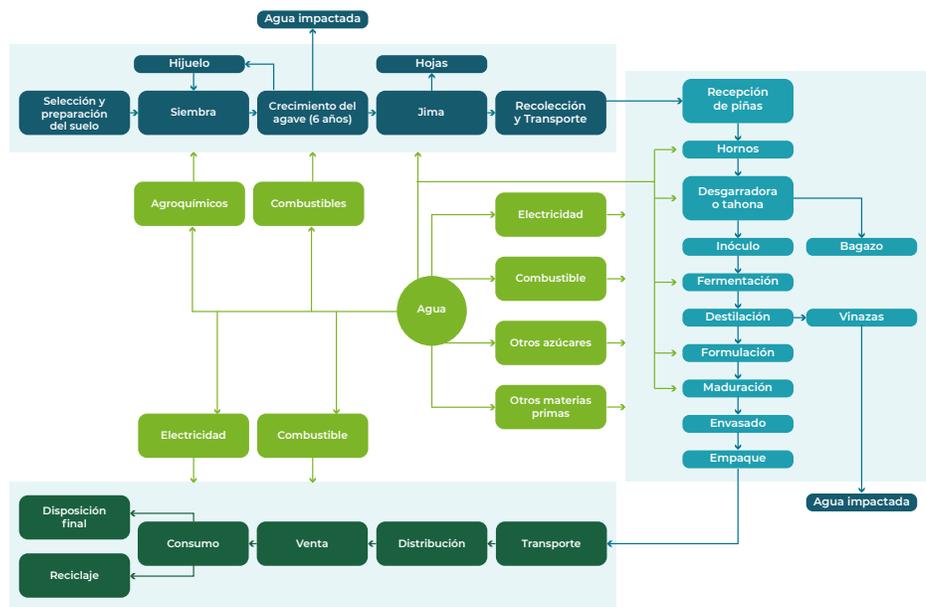


## Huella hídrica de la cadena agave-tequila

Para la estimación de la huella hídrica de la agroindustria tequilera se utilizó la metodología descrita anteriormente. Esta metodología es la más utilizada y cuenta con una variedad de estudios que han contabilizado el uso de agua en diferentes procesos. Además esta metodología es la recomendada por la Mesa Redonda Ambiental de la Industria de Bebidas (BIER por sus siglas en inglés), por lo cual se ha comprobado su relevancia para la industria del tequila.

Las fuentes de información para los límites de concentración de contaminantes se obtienen de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) y de la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA). Para la producción de otros azúcares y otros insumos utilizados en la producción del tequila, se utilizan publicaciones de huella hídrica y para el consumo en fábrica se utilizó información del mismo sector tequila.

**Figura 2. Análisis huella de agua agave-tequila**



Elaboración propia



## Fase agrícola

Los insumos agrícolas contienen una gran cantidad de agua verde, la principal fuente de agua para la agricultura salvo en lugares con irrigación intensiva. En el caso del agave, debido a que es un cultivo que no requiere irrigación, solo se cuantifica el agua verde y el agua gris.

Basado en el trabajo de (Gerbens-Leenes & Hoekstra, 2012) y (Mekonnen & Hoekstra, 2010), se calcularon los componentes de las huellas de agua para los insumos agrícolas principales: agave, caña de azúcar y maíz. El agave tequilana weber variedad azul, debido a que es un cultivo exclusivo para el tequila, no cuenta con datos específicos para la especie, pero se tomaron datos genéricos del agave utilizado para producción de fibras con lo que se estimó la huella hídrica de la piña de agave.

Para el maíz y la caña se realizó una asignación de la huella hídrica, debido que son productos que se utilizan para diversos productos, como la harina, almidón, salvado, aceite, entre otros. A continuación se presenta un resumen de huella hídrica para el agave y los otros azúcares que se utilizan en el sector.

### Resumen huella hídrica para el agave y otros azúcares

	Piña de agave (L/kg de piña)	Azúcar de maíz (L/kg azúcar)	Azúcar de caña (L/kg azúcar)
Verde	465	1,673	1,068
Azul	0	127	261
Gris	19	426	119
Total	484	2,226	1,448



## Fase industrial

En la fase industrial el agua azul es un componente fundamental para la dilución de los azúcares para su fermentación y destilación y para la etapa final de concentración de salida del tequila para su comercialización.

El agua también tiene usos indirectos en el proceso como es el uso en el área de servicios para la producción de vapor que se requiere en todo el proceso. Además el agua es utilizada para la condensación durante la destilación. Otros usos son el lavado de equipos, riego de jardines y otros servicios menores.

Para la estimación de la huella de agua azul, se utilizaron los datos de extracción de agua y su fuente, producción de vinazas y datos de calidad antes y después de tratamiento de las vinazas.

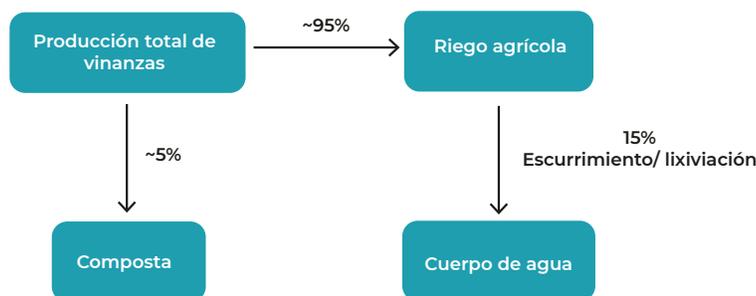
Es importante saber que el consumo de agua se refiere al volumen de agua que se extrajo de una fuente y que no fue regresada a la misma fuente. En la producción de tequila la mayor parte de las empresas extrae el agua de pozos, la cual es utilizada en el proceso, y una parte restante es descargada en la superficie, por lo que el consumo es toda el agua que se extrae del pozo.

Para la estimación de la huella de agua gris es necesario contar con información de la producción de vinazas, las cuales son uno de los problemas ambientales más importantes de la industria tequilera, debido al gran volumen que se genera y su alto contenido orgánico, lo cual dificulta su disposición y tratamiento.

La estimación de agua gris del proceso depende de la calidad del agua desechada, es decir, de la cantidad de materia orgánica y otros contaminantes en las vinazas, el volumen producido y el método de disposición final. Fue necesario realizar una serie de consideraciones para la estimación del agua gris que se ilustran en la siguiente figura.

Con respecto a los consumos indirectos debido al consumo de cartón y electricidad, principalmente, se tomó como referencia estudios nacionales e internacionales. Para el caso del cartón, se tomó como referencia el caso para Estados Unidos estudiado por (van Oel & Hoekstra, 2010) con una huella promedio de 1,603 L/kg de cartón. El caso de la electricidad, se tomó en cuenta un promedio de 7.3 L/kWh calculado para México a partir de datos de Mekonnen, Gerbens-Leenes y Hoekstra (2015) y la mezcla energética para la producción eléctrica nacional (SENER).

**Figura 3. Consideraciones de flujos de vinazas para el cálculo de agua gris**



Elaboración propia

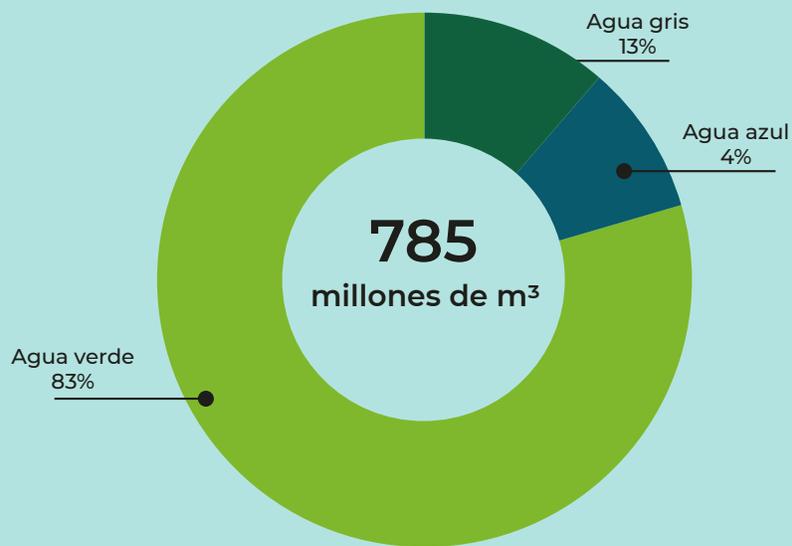


## Resultados

La mayor contribución a la huella hídrica del sector tequila, similar a otros productos agrícolas, es el agua verde. Aunque el agave no requiere de riego, requiere de 6 a 7 años para crecer por lo cual utiliza agua de lluvia durante todo este periodo. Durante el análisis por empresas se pudo determinar la importancia de contar con un sistema eficiente de tratamiento de vinazas, lo que reduce de manera importante la huella gris en comparación con las empresas que no cuentan con ningún tipo de tratamiento.

Durante 2020 se estima una huella hídrica de 785 millones de metros cúbicos de agua impactada, esto equivale a que en 2020 la huella hídrica es de 2,099 litros por litro de tequila.

**Figura 4. Huella hídrica total sector tequila, 2020**



Elaboración propia

**Figura 5. Huella gris y azul, 2020**



Elaboración propia

La agroindustria tequilera conocedora de la huella hídrica de su producto, ha emprendido acciones para reducir su impacto, implementando programas de disminución en el consumo de agua dentro de sus instalaciones, la cual es utilizada para la producción del tequila, disminuyendo de esta forma una cantidad considerable del agua que es extraída del subsuelo.

En los últimos 10 años se han realizado inversiones de más de 128 millones de dólares en plantas de tratamiento de vinazas, en las cuales además de generarse biocombustibles a través de los tratamientos anaerobios implementados, actualmente un porcentaje del agua tratada, la cual cumple con las normatividades vigentes, es reutilizada en el proceso de producción, en las áreas de servicio, así como en el riego de áreas verdes dentro de las mismas instalaciones.

Conscientes del recurso hídrico, un grupo de productores de tequila participan actualmente en proyectos de restauración de microcuencas, a través de programas de conservación y reforestación en zonas, las cuales generan servicios ambientales a las comunidades, como es el aumento en la infiltración del agua, lo cual permite lograr una recuperación importante del agua en esas microcuencas.



# Hacia la descarbonización del tequila

Graciela Hernández Cano  
Carlos Fernando López de la Cruz

Los dos últimos informes publicados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), recopila los más recientes conocimientos sobre el cambio climático, las amenazas a las que nos enfrentamos actualmente y lo que podemos hacer para limitar los aumentos de temperatura y por lo tanto reducir los riesgos a los que el planeta se enfrenta.

El último informe confirma que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) siguen aumentando y los planes actuales no han sido suficientemente ambiciosos para limitar el calentamiento a 1.5 grados centígrados en comparación con los niveles preindustriales, por lo que es necesario acelerar la descarbonización mediante, no solo la reducción de emisiones sino mediante, el secuestro de los gases que ya están en la atmósfera.

Tanto la sociedad, como el gobierno y el sector empresarial juegan un papel importante en la acción climática para poder lograr las metas establecidas. El IPCC reconoce que llegar a la neutralidad de carbono en la industria es una meta desafiante pero posible, alcanzable mediante soluciones que reduzcan la necesidad de producción primaria de materiales y energéticos<sup>10</sup>. Al igual que los gobiernos, el sector empresarial debe comprometerse a la reducción a cero emisiones mediante diversas estrategias de mitigación y compensación.

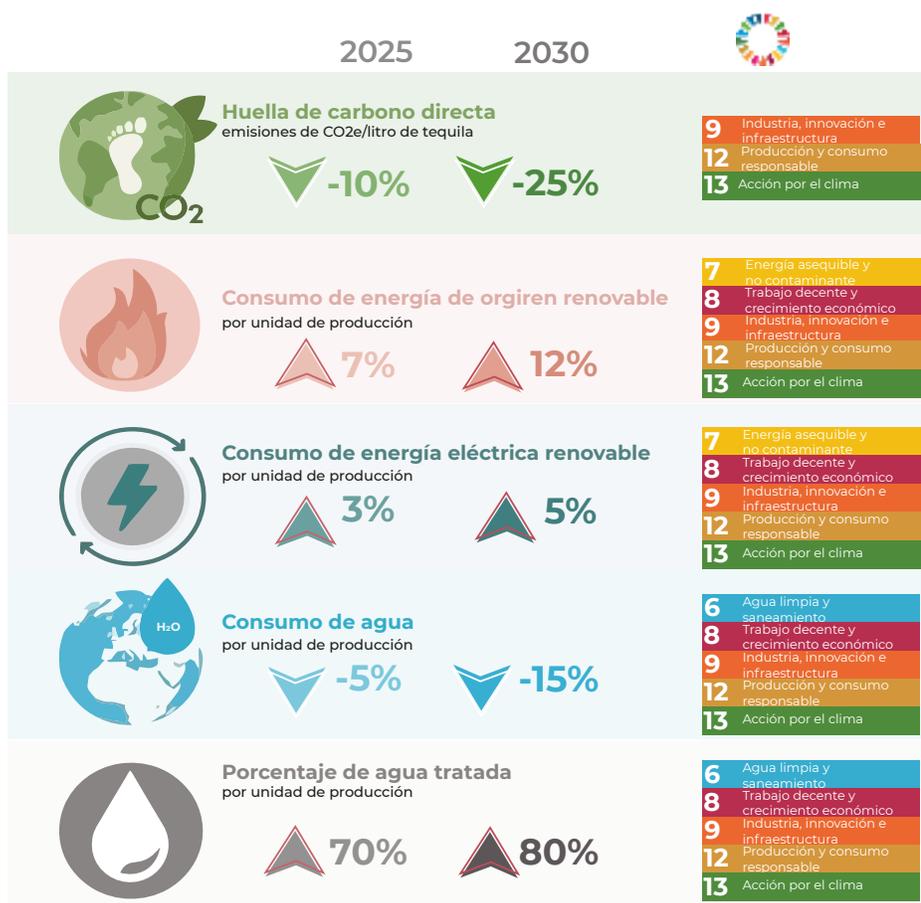
Para el sector tequila este compromiso empezó desde el 2016 con la elaboración de su primera estrategia de sustentabilidad y continúa ahora con su actualización 2020. La Estrategia de Sustentabilidad de la agroindustria tequilera que ha sido desarrollada entre el Consejo Regulador del Tequila (CRT) y el Centro Mario Molina (CMM), da cuenta de los esfuerzos dirigidos a incrementar la sustentabilidad de la cadena agave-tequila, mediante la medición de su huella de carbono y huella hídrica y la identificación de las actividades de mayor impacto, además de realizar el diagnóstico de su vulnerabilidad ante el cambio climático y la relación de las acciones que se llevan a cabo dentro del sector tequila con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El sector tequila es consciente de los impactos ambientales que genera por lo cual continúa con su compromiso de reducirlos y seguir en la búsqueda e implementación de estrategias que mitigan, reduzcan y/o compensen sus impactos ambientales.

10 IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem,(eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

La mitigación del cambio climático surge de esfuerzos operativos, tecnológicos y basados en la naturaleza dirigidos a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para que los impactos derivados del cambio climático no lleguen a sus últimas consecuencias. El sector tequila está comprometido con alcanzar la sustentabilidad, por lo que mantiene sus metas y compromisos para el año 2030 con una evaluación intermedia al año 2025.

**Figura 1. Metas establecidas para el año 2030**





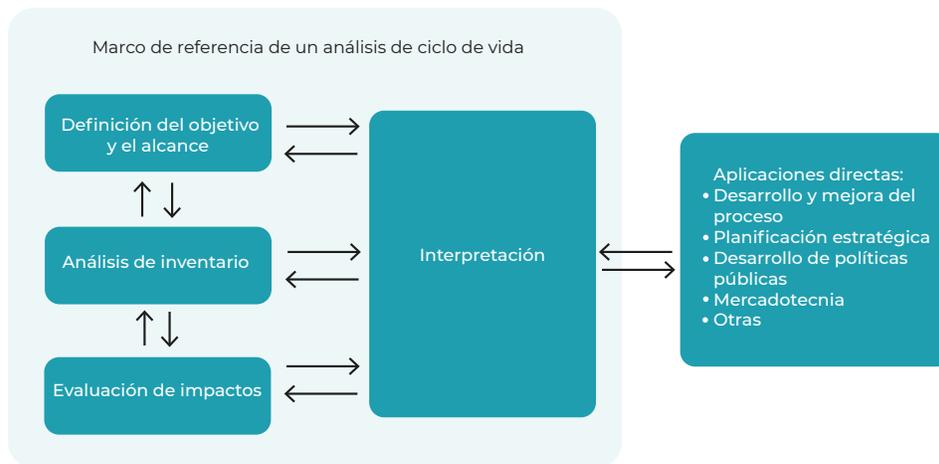
## Huella de carbono

Para evaluar las cargas e impactos ambientales derivados de la producción de un bien o servicio se ha utilizado y aceptado a nivel internacional la metodología denominada análisis de ciclo de vida (ACV), la cual cuenta con lineamientos expedidos por la Organización Internacional de Estandarización (ISO). Los análisis de ciclo de vida siguen siendo un referente en la toma de decisiones para proyectos de sustentabilidad.

Esta metodología de gestión ambiental determina los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto o servicio durante su ciclo de vida<sup>11</sup>, es decir, analiza todas las etapas desde la extracción, transformación y uso de la materia prima, producción, transporte y generación u obtención del producto o servicio hasta su eliminación o reciclado. El marco metodológico para llevar a cabo el análisis de ciclo de vida comprende de cuatro etapas en cumplimiento con la metodología ISO-14040:2006<sup>12</sup>.

Una medida de impacto ambiental que adoptaron las empresas como indicador para evaluar su contribución a la problemática del cambio climático es la huella de carbono. El conocer esta huella de carbono y de dónde provienen sus emisiones ayuda a identificar propuestas eficaces para la reducción de este impacto ambiental.

**Figura 2. Metodología de análisis de ciclo de vida**



Fuente: ISO 14040:2006

11 Organización Internacional de Normalización (ISO), ISO:14040:2006 Gestión ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Principios y Marco.

12 ISO-14040:2006 donde están descritos los principios y aplicaciones del ACV e ISO-14044:2006 donde están definidos los requisitos y guías. En el año 2008 se aprobaron en México las normas NMX-SSA-14040-IMNC-2008 y la NMX-SSA-14044-IMNC-2008 análogas a la serie ISO-14040 pero de carácter voluntario en este país.

La huella de carbono indica la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa e indirectamente, por una actividad particular o productos a lo largo de su ciclo de vida, estos análisis ayudan a la toma de decisiones informadas al proveer un panorama completo sobre el desempeño ambiental del producto a analizar.

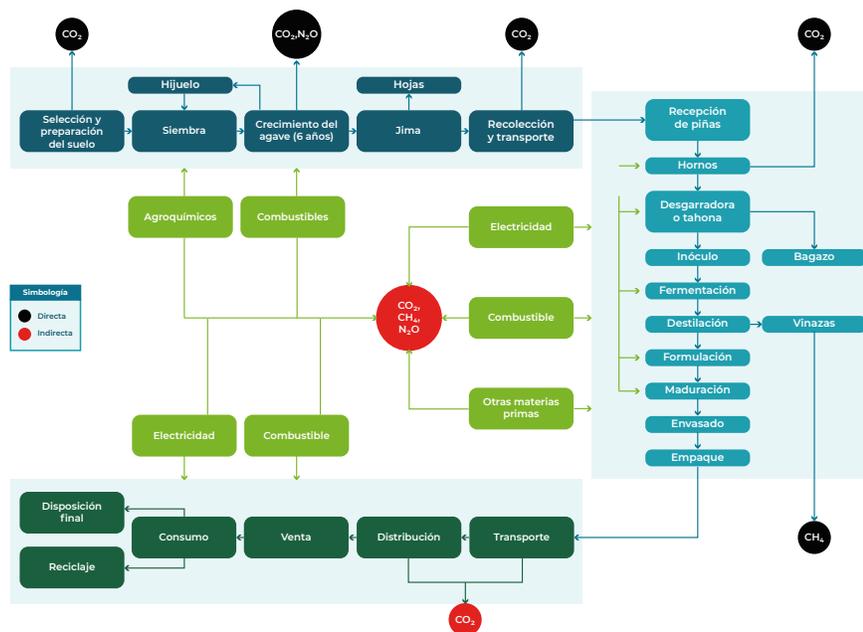
Es importante mencionar que las regulaciones ambientales son cada vez más estrictas en la nueva versión de la norma ISO 14064 exige a las empresas que determinen las emisiones indirectas de GEI (alcance 3) que sean significativas. En la versión anterior, el reporte de las emisiones de alcance 3 eran voluntarias.



## Huella de carbono de la agroindustria tequilera

Para la obtención de una botella de tequila es necesario considerar desde la fase de selección y preparación del suelo donde se planta el agave, hasta la entrega de la botella empaquetada para su venta, considerando el transporte en cada fase, así como los residuos generados. En la siguiente figura se presentan todas las fases que comprenden la producción de tequila así como las emisiones directas e indirectas que se llevan a cabo.

**Figura 3. Fases de la cadena productiva agave-tequila**



Las emisiones directas son aquellas que se emiten en el sitio de producción de agave o de tequila, por ejemplo, la quema de combustibles fósiles para la generación de vapor en la fábrica de tequila. Las emisiones indirectas se refieren a las que se llevan a cabo en un lugar diferente a la producción, por ejemplo, la generación de energía eléctrica se lleva a cabo en una planta de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) o provienen de algún campo de energía renovable, fuera del predio agrícola o de la fábrica de tequila. Estas emisiones se consideran indirectas porque no se generan en el sitio, pero se cuantifican a la huella de carbono porque se consume energía eléctrica durante el proceso de producción.

Para la estimación de la huella de carbono de la cadena agave-tequila se divide en dos fases:

- **Fase agrícola** desde la preparación del suelo hasta el transporte de la piña de agave a la empresa productora de tequila.
- **Fase industrial** desde la recepción de la piña de agave, hasta su envasado, empaquetado para su distribución nacional e internacional al primer punto de entrega, incluyendo las emisiones por el tratamiento de sus residuos (bagazo y vinazas), así como el transporte de los residuos sólidos urbanos al relleno más cercano.

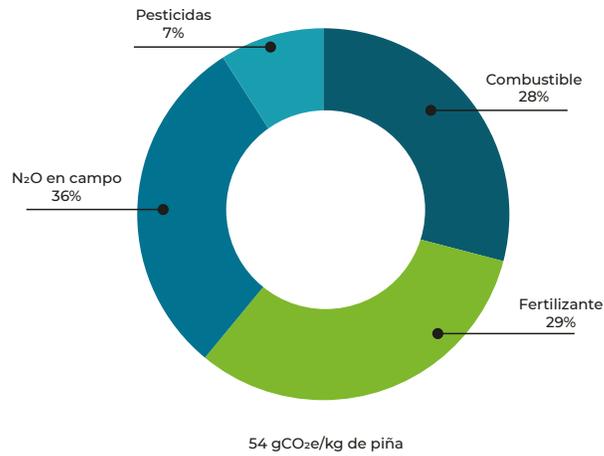


## Fase agrícola

El agave tequilana weber variedad azul es la principal materia prima para la producción de tequila. En promedio una planta de agave madura a los seis años antes de su jima, es decir antes de ser cortada para obtener la piña de agave. Durante estos años requiere de actividades agrícolas para su mantenimiento, así como de la aplicación de agroquímicos para su crecimiento los cuales tienen cargas e impactos ambientales derivados de su producción y consumo.

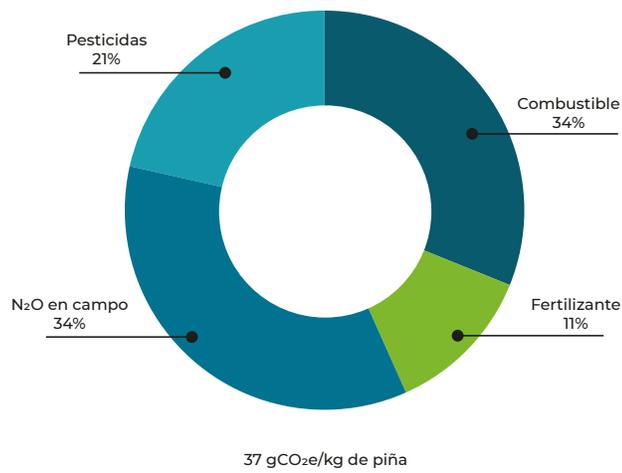
La huella de carbono promedio ponderada para el año de jima 2020 es de 37 gramos de CO<sub>2</sub>e por kilogramo de piña de agave entregado en puerta a la fábrica de tequila, la mayor contribución es por el consumo de combustibles fósiles, en su mayoría utilizados en la maquinaria agrícola y por el transporte de las piñas, así como las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) emitido en campo.

**Figura 4. Distribución porcentual de huella de carbono 2014**



Elaboración propia

**Figura 5. Distribución porcentual de huella de carbono 2020**



Elaboración propia



## Fase industrial

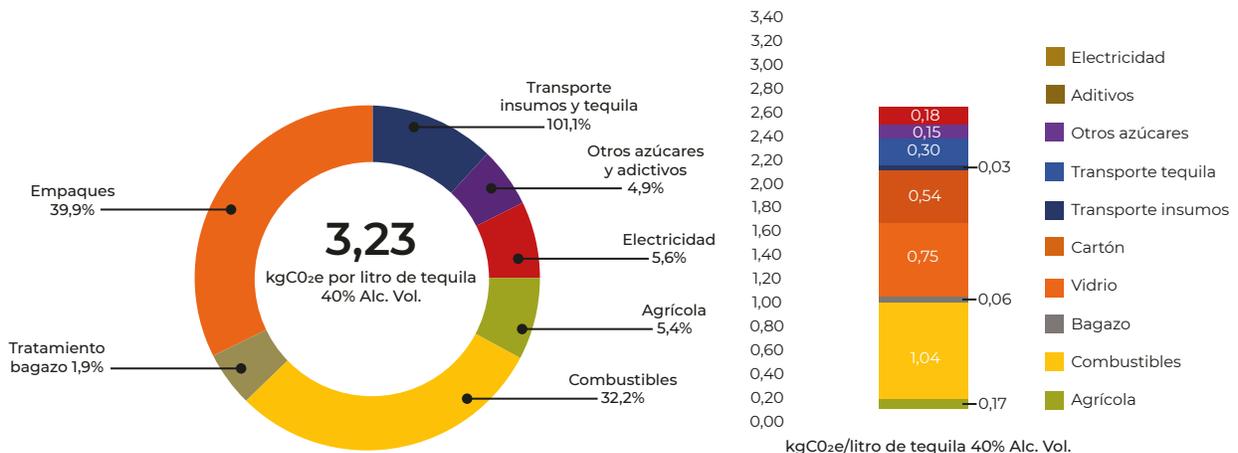
En la fase industrial de manera general existen siete etapas para la producción de tequila:

1. Recepción de la piña
2. Cocimiento
3. Molienda
4. Fermentación
5. Destilación
6. Formulación o envío a maduración
7. Envasado

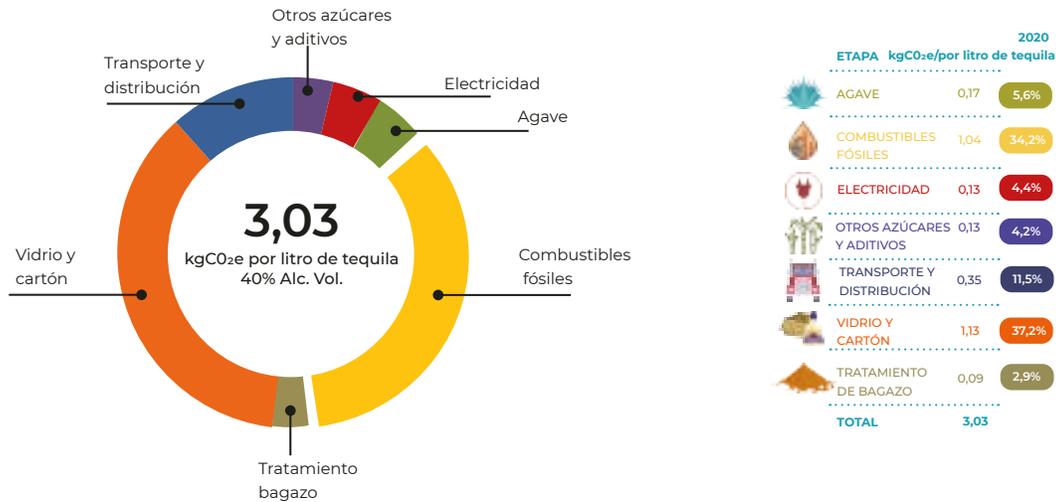
Existen diferentes tipos de procesos para la producción de tequila desde la más tradicional que utiliza una tahona para la molienda del agave cocido hasta difusores y torres de destilación. El tipo de tecnología define el perfil del tequila, así como los rendimientos en la producción. El proceso de obtención no es un proceso continuo, aunque para fines del análisis se considera como un proceso continuo.

Se estima que durante el año 2020, la agroindustria tequilera emitió 825.7 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e, con una huella de carbono de 3.03 kg CO<sub>2</sub>e por litro de tequila a 40% Alc. Vol., esta huella es menor a la estimada en 2014. Las emisiones biogénicas antropogénicas se estimaron en 118,7 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e.

**Figura 6. Distribución y contribución porcentual de la huella de carbono del sector tequila, 2014**



**Figura 7. Distribución y contribución porcentual de la huella de carbono del sector tequila, 2020**



Con respecto a la composición de la huella de carbono las etapas de mayor contribución son la de empaques (37.2%), seguida por la quema de combustibles (34.2%) y la etapa de transporte de tequila a granel y envasado (11.5%). Dentro de la etapa de empaque, el vidrio es el de mayor aporte con 24.2% al total de la huella de carbono. Con respecto a las emisiones directas estas contribuyen con el 39,9% a la huella de carbono de la cadena agave-tequila.



### Acciones de sustentabilidad en la agroindustria tequila

Las empresas tequileras son conscientes del significativo impacto que tiene su proceso y de la importancia que tiene mantener un medio ambiente libre de contaminación, por lo que ha dedicado cuantiosos esfuerzos y recursos para mejorar su desempeño ambiental.

Actualmente casi todas las empresas realizan el compostaje del bagazo con vinazas para su aprovechamiento en campo, aunque no se han cuantificado los beneficios por esta práctica, es necesario realizar mediciones durante el proceso de compostaje así como los beneficios reales por la utilización de la misma y si existe una reducción en el uso de agroquímicos. También se han identificado empresas que generan biogás a partir del tratamiento de sus vinazas y su uso en el proceso para reducir o sustituir su consumo de combustible fósil. Otro ejemplo es la adquisición de calderas de biomasa pero no todas están actualmente en funcionamiento.

En busca de cumplir con las metas y compromisos al 2025 y 2030 y con base en los resultados obtenidos de las estrategias, es necesario llevar a cabo diferentes acciones tanto en la fase agrícola como en la fase industrial así como con los proveedores de materias primas. Estas acciones estarán enfocadas en la mitigación al cambio climático, las cuales servirán de guía para la operación y crecimiento continuo de la cadena agave-tequila buscando un impacto mínimo al entorno sin comprometer los recursos para las futuras generaciones.

Las Estrategias de Sustentabilidad han permitido conocer el desempeño ambiental del sector por medio de la medición de su huella de carbono y su huella hídrica, además de identificar su vulnerabilidad ante el cambio climático, la cual es una herramienta fundamental para hacer frente a los inevitables impactos que afectarán negativamente a la cadena agave-tequila.

Asumiendo su responsabilidad ambiental, económica y social, la agroindustria tequilera debe plantearse una meta desafiante, realista y alcanzable, para colaborar al cumplimiento del ambicioso reto que la humanidad se ha propuesto: la mitigación del cambio climático.



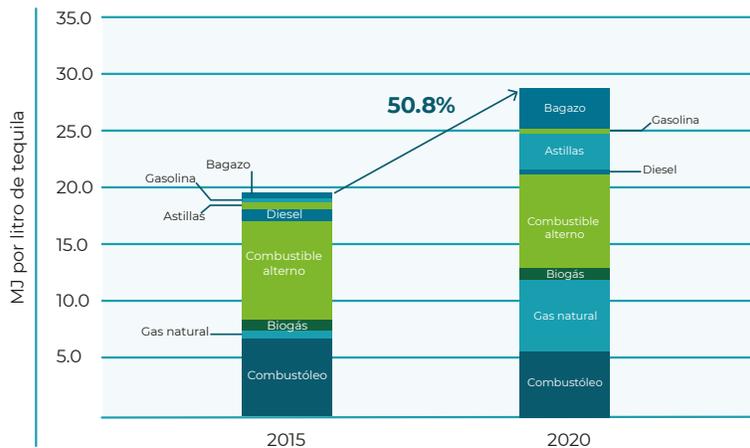


## Sustitución de combustibles fósiles

El uso de combustibles fósiles es uno de los principales contribuyentes a la huella de carbono del sector tequila. En 2014 el principal combustible era el combustóleo y el combustible alternativo, ambos de origen fósil, por lo que una recomendación fue el cambio por combustibles con una menor huella de carbono.

Actualmente el combustóleo y el combustible alternativo siguen predominando pero se registró un incremento importante en el uso de gas natural y de biogás obtenido de la digestión anaerobia de las vinazas tequileras.

**Figura 8. Distribución y contribución porcentual de la huella de carbono del sector tequila, 2020**



## Energía renovable

La energía renovable se refiere a la energía térmica y/o eléctrica que proviene de fuentes que se generan constantemente como la solar, la eólica, la hídrica, la geotérmica y la proveniente por la quema de biomasa o biogás.

El uso de la energía renovable en el sector industrial es una de las opciones de mitigación que más se utilizan debido a que en los últimos años los costos se han abatido y existen empresas que venden esta energía o la tecnología para implementarla en la misma empresa.

Actualmente en la agroindustria tequilera la compra de energía renovable, la instalación de paneles solares en las fábricas de producción de tequila y el aprovechamiento del bagazo como material de combustión o la vinaza para la generación de biogás, son opciones que se llevan a cabo para la reducción de sus emisiones.



## Economía circular

La economía circular busca desvincular la actividad económica del consumo de recursos finitos disminuyendo principalmente la pérdida de biodiversidad, mitigación al cambio climático, reducción de desechos y de la contaminación. La economía circular se basa en tres principios: eliminar el desperdicio y la contaminación, hacer circular productos y materiales (en su valor más alto) y regenerar la naturaleza<sup>13</sup>.

En general, para aprovechar los residuos del sector tequila se requiere identificar los compuestos que tienen algún valor y mediante el uso de procesos de separación, obtener los componentes deseados ya sea para su uso como material o componentes químicos. Otra opción, es su aprovechamiento energético con otras estrategias; se pueden utilizar procesos de transformación biológica como la digestión anaerobia para producir biogás, o la fermentación para obtener biocombustibles; de igual forma, se puede realizar un aprovechamiento del poder calorífico y/o eléctrico de los residuos mediante la combustión.

13 What is a circular economy? | Ellen MacArthur Foundation



## Soluciones basadas en naturaleza

En el informe *Nature-based Solutions for climate change mitigation*, de el PNUMA, define a las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) como acciones apropiadas a nivel local que aborden los desafíos sociales, como el cambio climático, y proporcionen beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad mediante la protección, la gestión sostenible y la restauración de los ecosistemas. Las SbN, si se implementan de manera adecuada, pueden brindar diferentes beneficios incluso para la adaptación al cambio climático y la conservación de la biodiversidad<sup>14</sup>.

En ese mismo informe se indica que si se planifican tomando en cuenta a los sectores más vulnerables, las SbN puede traer beneficios sociales y económicos a mujeres, pueblos indígenas, agricultores pobres y comunidades locales cuyos medios de vida y bienestar están estrechamente vinculados a los recursos naturales.

El sector tequila, al depender de una fase agrícola para su producción, ha comenzado a explorar en este tema buscando encontrar medidas que ayuden a la reducción y remoción de emisiones de gases de efecto invernadero con sus beneficios adicionales.

14 Nature-based Solutions for climate change mitigation | UNEP - UN Environment Programme





# Retos y perspectivas de sostenibilidad en la Agroindustria Tequilera

*Sergio Graf Montero*

*Carlos Fernando López de la Cruz*

El Foro Económico Mundial anualmente hace un análisis de los grandes riesgos a la economía global. En el Reporte de Riesgos Globales a la economía mundial 2023, sostiene que en los próximos años: la falla en la acción climática, la pérdida de biodiversidad, los climas extremos, la crisis de recursos naturales y el daño al ambiente, se encuentran entre los 10 mayores riesgos, es decir, 5 de los 10 riesgos principales están ligados al medio ambiente.

Esto es relevante para el sector económico no sólo en función de la adaptación necesaria y el reconocimiento de sus vulnerabilidades, sino por la responsabilidad que tiene en la contención de estas problemáticas.

El tequila, como producto emblemático de México, desempeña un papel crucial en la economía, cultura y tradiciones del país. Sin embargo, en los últimos años, se ha vuelto imperativo abordar los desafíos ambientales y sociales que enfrenta esta agroindustria, tomando acciones como la descarbonización de sus actividades, el uso eficiente del agua, las prácticas agrícolas sostenibles, la no deforestación, el tratamiento de residuos, el fortalecimiento de programas sociales y el desarrollo económico de la Denominación de Origen Tequila.

La descarbonización de la agroindustria tequilera es un desafío clave, ya que la producción de tequila requiere una cantidad significativa de energía, principalmente para realizar la hidrólisis de los azúcares del agave y la destilación de los mostos para obtener el tequila. Es fundamental la implementación de nuevas tecnologías como alternativas sostenibles y eficientes para la generación de energía, tales como el uso de energías renovables a partir de proyectos desarrollados por la propia industria, aumentando el uso de biocombustibles obtenidos por el procesamiento de sus residuos, sin duda esto logrará reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que actualmente son emitidas a la atmósfera. En este sentido el potencial existente en la biomasa del agave no utilizada en el proceso de producción y el biogás que puede obtenerse del tratamiento de las vinazas para la generación de energía como un sustituto de los combustibles utilizados actualmente, pueden significar un impacto importante para lograr la disminución de sus emisiones. Sabemos que la agroindustria ha implementado algunos de estos proyectos, sin embargo el acompañamiento que se requiere es fundamental para detonar proyectos de eficiencia energética en toda la agroindustria.

El acompañamiento de expertos es fundamental para lograr una transformación en la agroindustria del tequila, es por ello que además del acompañamiento del Centro Mario Molina en la estimación de la huella de carbono, el Consejo Regulador del Tequila firmó el 11 de junio de 2022 un convenio de colaboración con la Agencia de Energía del Estado de Jalisco, para impulsar, coordinar, cooperar y coadyuvar en el desarrollo de proyectos sostenibles para la agroindustria tequilera relacionados con la sustitución de combustibles fósiles y el empleo de energías renovables.

Las acciones de los gobiernos subnacionales en colaboración con los sectores productivos son mecanismos de colaboración que permiten orientar y dar visibilidad a los esfuerzos y metas que se tienen en común, es por ello que la Alianza Empresarial por el Clima de Jalisco es una plataforma de colaboración entre el sector público y privado para lograr la descarbonización de sus actividades productivas, la participación activa de algunas empresas de la agroindustria tequilera en esta alianza ha permitido que se fortalezcan sus capacidades, es por ello importante lograr la incorporación de más empresas productoras de tequila a la Alianza Empresarial por el Clima, como parte de su compromiso en la reducción de los impactos ocasionados por el cambio climático.

La vulnerabilidad hídrica en México y en la Denominación de Origen Tequila como un efecto del cambio climático, ha llevado a una reflexión a la agroindustria tequilera sobre las dimensiones y riesgos para esta cadena productiva, es por ello que resulta imprescindible encaminar las acciones para el desarrollo de programas de uso eficiente del agua en el sector industrial. Es sabido que el principal subproducto líquido de la producción del tequila son las vinazas, mismas que al ser tratadas dentro de sus propias instalaciones permitirá que este recurso sea reutilizado en el proceso de producción. Actualmente proyectos de conservación de biodiversidad y recarga de microcuencas, son alternativas de acciones que debe adoptar la agroindustria como parte de la adaptación para hacer frente a este fenómeno y con ello, reducir la vulnerabilidad ante eventos meteorológicos extremos que puedan afectar a las comunidades y a sus actividades.

En el informe *Nature-based Solutions for climate change mitigation*, del PNUMA, define a las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) como acciones apropiadas a nivel local que aborden los desafíos sociales, como el cambio climático, y proporcionen beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad mediante la protección, la gestión sostenible y la restauración de los ecosistemas. Las prácticas agrícolas sostenibles son fundamentales para garantizar la salud del suelo, la biodiversidad y la calidad del agave utilizado en la producción del tequila. Para esto, se están diseñando las estrategias para fomentar la implementación de técnicas de agricultura regenerativa, como la rotación de cultivos, disminución en la aplicación de agroquímicos, y la incorporación de abonos orgánicos que coadyuven a la conservación del suelo, evitando su erosión y degradación. Una de las acciones que está explorando la agroindustria es la producción de Biocarbón (Biochar) a partir

del bagazo y pencas del agave, que además de secuestrar el carbono capturado por el agave durante la fotosíntesis, este tiene un potencial importante para ser utilizado en la enmienda de los suelos donde se realizan las plantaciones de agave.

La Certificación ARA “Agave Responsable Ambiental” que es un mecanismo de autorregulación para desvincular el agave registrado ante el CRT para la producción del tequila de la deforestación o cambios de uso de suelo sin autorización por la autoridad competente del Gobierno Mexicano, es un paso muy importante de la agroindustria tequilera en materia de la protección de la biodiversidad de la Denominación de Origen Tequila. Para ello la agroindustria se encuentra trabajando con los productores de agave para desincentivar cualquier cambio de uso de suelo, así como para que los productores de tequila adopten e incorporen la marca de certificación ARA a todo el tequila producido y comercializado en México y en el mundo.

El tratamiento de residuos de la industria tequilera es una preocupación ambiental significativa. Los subproductos y residuos generados de la producción del tequila pueden causar contaminación del suelo y del agua si no se manejan adecuadamente entendiendo estos riesgos, la agroindustria deberá implementar más sistemas de tratamiento de residuos eficientes, los cuales ya han sido implementados y validados por varios productores de tequila, para garantizar el tratamiento y disposición de todos sus residuos en el corto y mediano plazo, cumpliendo con las regulaciones municipales, estatales y federales.

La colaboración del tequila con otras Denominaciones de Origen e Indicaciones Geográficas a través del CRT en temas ambientales, sociales y económicos para el intercambio de experiencias en la implementación de programas, forman parte de los recursos con los que cuenta la agroindustria tequilera para lograr que los proyectos como categoría logren tener un impacto significativo en su implementación. Actualmente se ha reconocido que los productos que cuentan con una Denominación de Origen son productos que pueden implementar acciones de sustentabilidad de una manera más rápida y eficiente en la lucha contra el cambio climático, en la medida en que desarrollen espacios de diálogo la agroindustria del tequila podrá verse fortalecida en este proceso de acompañamiento y colaboración.

Finalmente, para garantizar la sustentabilidad a largo plazo de la agroindustria tequilera, deberá continuar apoyando y generando los programas sociales, así como realizar programas que promuevan el desarrollo económico en las comunidades donde se cultiva el agave y se elabora el tequila. Esto implica trabajar de cerca con las comunidades locales, brindar apoyo para mejorar la calidad de vida de los agricultores y promover el emprendimiento social. Además, se deben establecer mecanismos para asegurar una distribución justa de los beneficios económicos generados por la producción y venta tanto de su materia prima, el agave, como del tequila.

## ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD Y LA VULNERABILIDAD DE LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN DEL TEQUILA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

La sostenibilidad y la conciencia ambiental se han convertido en una prioridad de la agroindustria tequilera, es por ello que desde el año 2016 ha implementado una serie de acciones para la protección y conservación del entorno natural con el que cuenta la Denominación de Origen Tequila. Estas acciones forman parte de la estrategia de sustentabilidad, que establece metas de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), reducción de la huella de agua y el aumento en el uso de energías renovables, entre otras, para el año 2030.

El protocolo ARA “Agave Responsable Ambiental” es un componente fundamental de esta estrategia. A través de ARA, la agroindustria se ha comprometido en fomentar prácticas responsables y sostenibles en el cultivo del agave, para garantizar la trazabilidad de no deforestación de la materia prima del tequila y preservar así la biodiversidad y las áreas forestales de los estados que cuentan con la Denominación de Origen Tequila.

Nuestro compromiso con la sustentabilidad no se limita solo al ámbito ambiental, también abarcamos aspectos socioeconómicos en nuestras acciones. Buscamos promover el desarrollo y el bienestar de las comunidades involucradas en la producción del agave y del tequila, generando empleos dignos, promoviendo la equidad de género y apoyando proyectos que impulsen la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

Nuestra estrategia de sustentabilidad y el programa ARA “Agave Responsable Ambiental” reflejan el compromiso del Consejo Regulador del Tequila y de toda la agroindustria tequilera, en ser agentes de cambio positivo y líderes en la protección del medio ambiente; un ejemplo mundial de agroindustria sustentable. Estamos convencidos que solo a través de la colaboración y el trabajo conjunto entre todos los sectores de la Cadena Productiva Agave-Tequila y las autoridades, podremos garantizar un futuro próspero y sostenible para el tequila y para las generaciones venideras.

