



DISEÑO DE MODELO AGROFORESTAL PARA LA PRODUCCIÓN DE AGAVE

**Componente: “Implementación Territorial
del Manejo Integrado del Paisaje”
Productores de agave en la Reserva de la Biósfera
Tehuacán Cuicatlán**

Elaboró:
Personal de SURCOS A.C.
Ing. Agrónomo Miguel Rubio Gómez
Mtra. Cándida Ginez Domínguez
Ing. Ambiental Uriel Ginez delgado
T.F. Gildardo Ginez Domínguez



ÍNDICE

ÍNDICE

Introducción	4
Caracterización del género agave.	5
Perfil agronómico.	5
Especie: a. Marmorata	5
Especie: agave salmiana (maguey pulquero)	9
Especie: agave potatorum	13
Proyección de ingresos y egresos.	17
Parcela tipo para agave	18
Conclusión	19
Bibliografía.	20

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El presente documento se realizó a partir de los trabajos realizados en el contexto de la colaboración entre la Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable (GIZ) y la CONANP, específicamente en los municipios de Caltepec, Tehuacán y Zapotitlán, en el estado de Puebla, y dentro de la poligonal de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán Cuicatlán, donde previo a este trabajo hubo también la participación de otras instituciones educativas y formativas como la UNAM, la UTT y la UPAEP de los cuales tomamos algunos datos para su elaboración.

Las condiciones Edafoclimáticas en la zona varían desde seco, semiseco y templado subhúmedo, con una precipitación promedio de 500 mm anuales, encontrando suelos de tipo regosol y leptosol, por lo que se considera una zona desértica, prevaleciendo la vegetación del tipo xerófilo bien adaptada a ambientes áridos, y caracterizada por numerosos grupos vegetales, principalmente arbustivos espinosos, herbáceas anuales y suculentas con formas de vida muy variadas (cactáceas, agaváceas, bromeliáceas) (Flores et al., 2015).

Actualmente se registra el aprovechamiento de tres especies de agave para la producción de bebidas y otros derivados, dichas especies son, el *A. salmiana*, el *A. marmotara* y el *A. Potatorum*. La creciente demanda de la materia para dichos productos, refleja la necesidad de incrementar las poblaciones de agave, con lo que aparentemente se potenciaría la economía local. En la experiencia de los productores de esta región se dice lo siguiente: “El aprovechamiento de los recursos vegetales ocasiona también impactos negativos, y estos pueden determinar riesgos en la permanencia de poblaciones o especies exclusivas para la región” (Diagnóstico rápido. SURCOS, 2020).

Caracterización del género Agave.

El género Agave se ubica en la familia Agavácea, donde se incluyen varias especies de plantas adaptadas a condiciones de aridez; tienen una forma característica de roseta y poseen raíces muy ramificadas (estolones), cutícula gruesa, hojas suculentas con estomas hundidos y metabolismo fotosintético tipo CAM (respiran principalmente de noche). Las especies del género se pueden encontrar en ambientes diversos, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 3,400 msnm, con diferenciación de suelo y climas. Tal variabilidad de ambientes indica un gran éxito ecológico de las especies de Agave y sugiere mecanismos de adaptación diversos ante las condiciones ambientales. (Ramírez et al., 2014).

Las adaptaciones de los magueyes les permiten sobrevivir con deficiencias de agua de hasta 80 o 90% en sus tejidos, No obstante, la carencia de agua inhibe el crecimiento. Desde el punto de vista ecológico, la supervivencia en condiciones extremas es importante. sin embargo, cuando los magueyes son cultivados o fomentados con el propósito de ser empleados como materia prima para producir mezcal o pulque, la velocidad y calidad del desarrollo es una característica importante, pues determina el tiempo en que la planta madurará y podrá ser aprovechada (Ramírez et al., 2014).

Perfil Agronómico.

La propuesta del modelo agroforestal se define principalmente por la vocación productiva de la zona, y será diferenciada de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas (suelo y microclimas) pertinentes a cada especie de agave.

Especie: *A. marmorata*

Características y distribución.

Agave marmorata Roezl, es una especie endémica de México específicamente del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. El nombre común, usado localmente, es "pitzometl o "pichomel", "huiscole" o "maguey curandero". El último nombre hace referencia al uso medicinal que le dan los habitantes de la localidad.

La planta tiene como característica unas rosetas largas, tallo corto y despliega de 30-50 hojas en su ciclo de vida. Alcanza a crecer 1.5 m de alto y 2.5 m de ancho, floreciendo en los meses de marzo y hasta agosto, y es polinizada principalmente por murciélagos. Gracias a que cuenta con raíces estoloníferas es común observar el crecimiento de hijuelos o melcuates alrededor de la planta madre.

La especie se encuentra en un intervalo de elevación de 1400- 1600 msnm, e interacciona con vegetación que corresponde al matorral crassicaule (cardones, tetecheras, nopaleras, etc.), matorral espinoso, matorral sub inerme (árboles pequeños o arbustos como Mala mujer, Sangre de grado, Itamo real, característico de climas secos y semisecos.

Cabe mencionar que la variación de las condiciones del suelo, los diferentes tipos de vegetación de la zona, así como el clima, no afectan su establecimiento y distribución (Salas, 2002); por tal motivo, es factible el establecimiento de plantaciones en diferentes microclimas de la región.

Su ciclo de vida termina cuando esta fructifica, pudiendo ser hasta 25 años de forma silvestre, y para su aprovechamiento comercial se considera que llega a los 15 años, siempre y cuando sea cultivado, obteniendo rendimientos de 25-40 kg/piña.

Modelo: Agave marmorata

Objetivo: Producción parcelaria de agave marmorata originaria de la región, implementando un modelo agroforestal en el que se integran acciones de mejora en el proceso productivo, cuidando la flora y fauna de la RBTC, integrando el intercambio de experiencia entre los productores, con el fin de incrementar la productividad agrícola, preservando las especies de agave.

Diseño agronómico.

Características Edafoclimaticas.	<p>Elevación recomendada: 1400- 1600 msnm. Suelo: tipo regosol y leptosol.</p> <p>Prevalece preferentemente en microclimas cálidos, donde la parcela cuente con protección, ya sea vegetación de tipo cardonal o simplemente sea en ladera.</p> <p>Justificación: Las variación de las condiciones del suelo, los diferentes tipos de vegetación de la zona, así como el clima, no afectan el desarrollo óptimo de la especie (Salas, 2002).</p>
Preparación del terreno.	<ul style="list-style-type: none">▪ Ya sea de forma mecánica o manual, se debe realizar un barbecho esto con la finalidad de eliminar malas hierbas y aflojar la tierra, en parcela menor del 10 % de declive, alzar el bordo de 20 cm de altura y para declives superiores a este, formar terraza o alzar bordo de 40 cm de altura. La renovación de bordos se hará cada 2 o 3 años.▪ Después, se debe realizar el trazado de curvas a nivel para promover la retención del suelo. (para más información ver manual y anexos). Por último, se fracciona el terreno en melgas (conjunto de 5-8 hileras).
Plantación.	<ul style="list-style-type: none">▪ El trasplante: se realizará por melgas cubriendo el 100 % del espacio de cada melga y utilizando la técnica de aguas arriba.▪ El escalonamiento: si se considera 1 ha de cultivo, trasplantar un 30% en el primer año, 40 % al segundo año y el resto en el tercer año.▪ La especie se reproduce mediante dos métodos; sexual (mediante semilla) y asexual (mediante lo que comúnmente se le llama hijuelo o mecate). Se puede utilizar la plántula que provenga de cualquiera de los dos métodos. Observar manuales técnicos para obtener mayor información sobre selección de plántula y trasplante.
Densidad de plantación.	<p>Considerando las características fisiológicas de la especie, se recomienda plantar con un distanciamiento de 1.5 m entre plantas y 2m entre hileras. Contemplando una densidad de 2800 plantas/ha. Se deberán realizar podas más estrictas para el manejo del distanciamiento.</p>

<p>Fertilización.</p>	<p>La elaboración y técnicas de fertilización se detallan a precisión en el manual técnico del mismo nombre, pero de manera general, se puede aplicar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Crecimiento. Aplicar 5 kg/planta, a una distancia de 10 cm alrededor del tronco. Se fertiliza en una ocasión durante esta etapa de cultivo. ▪ Madurez fisiológica. Aplicar 10 kg de abono/planta. Distanciamiento de 30 cm alrededor del tronco. Durante esta etapa de cultivo se pueden fertilizar en una o dos ocasiones distribuidas con dos años de diferencia. ▪ Madurez comercial. Esta aplicación es opcional, si se realizó el capado floral y se pretende aprovechar la piña hasta el siguiente año, se pudiere realizar una aplicación de 5 kg/planta. La aplicación será en 2/3 partes de la zona de goteo (distancia entre el tronco y la proyección de la copa). 	
<p>Poda.</p>	<p>El objetivo principal de la poda, es la de regular el espacio existente entre las plantas, evitando así competencia entre las mismas y la proliferación de enfermedades (poda de sanidad).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En los tres primeros años quitar las hojas (pencas) secas o que tengas problemas de plagas. Se puede realizar en cualquier época del año. ▪ A partir del cuarto año, eliminar dos o tres pencas sobre la base de la planta (mas alargadas u hojas viejas), esto ayudará a evitar que las pencas tengan contacto directo con el suelo y así liberar espacios entre las líneas de siembra y plantas. La fecha recomendada para la poda es en los meses de diciembre y enero. 	
<p>Control de plagas y enfermedades.</p>	<p>Control de plagas</p> <p>Los insectos que más atacan al maguey pertenecen a las familias de los coleópteros, o comúnmente llamados escarabajos. El picudo es la principal plaga que afecta severamente a los cultivos de maguey. El picudo pasa la mayoría de su ciclo de vida dentro de la planta, por lo tanto, se debe considerar un manejo agroecológico utilizando insumos y materiales disponibles en la región (CESAVEG, s.f). Los métodos de control preventivos, así como la elaboración de trampas del picudo, se presentan en el “Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de maguey”. Cabe subrayar qué, para esta especie de agave, la distribución del trampeo será diferido a los demás.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Colocar las trampas a una distancia aproximada de 10 a 20 m. entre una y otra, principalmente donde se tengan plantas adultas. 	

	<p>Dentro de las principales enfermedades presentes en la zona se encuentran viruela o negrilla, mancha anular y pudrición del cogollo. Las principales prácticas de manejo y elaboración de caldo bordelés, se presentan a detalle en el “Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de maguey”.</p> <ul style="list-style-type: none"> Utilizar caldo bordelés al 1% (100lt de agua+1kg de cal+ 1kg de sulfato de cobre), hora de aplicación, antes de las 10 am o posterior de las 5pm. Realizar 3 aplicaciones antes de las lluvias, una cada 15 días, y posterior a lluvias hacer las aplicaciones cada mes. Considerarlo durante todo el ciclo de vida del cultivo.
<p>Manejo de fertilidad del suelo y efecto nodriza.</p>	<p>Como medida de incremento de la fertilidad del suelo se recomienda la siembra de frijol de la variedad Michigan, esto, en la época de lluvia (mayo-junio). El sembrado debe ser de 80 cm entre hileras, y 30 cm entre plantas a fin de tener una buena cobertura vegetal sobre el suelo.</p> <p>Al finalizar el ciclo del cultivo se utilizará el rastrojo, rastrillándolo para que se incorpore al suelo de forma paulatina. La siembra debe realizarse un año antes de la siembra del agave.</p> <p>El efecto nodriza, producido entre el A. marmorata y la vegetación de la región, ayuda a que el maguey pueda crecer adecuadamente. Según Salas (2002), la temperatura y la radiación solar no llegan a afectar en la germinación de la especie, ni mucho menos la proliferación de la misma.</p> 
<p>Diversificación.</p>	<p>La interacción biológica entre A. Marmorata y vegetación crassicaule (cardones, tetecheras, nopaleras, etc.) y matorrales, es común dentro de la zona. Por ello, es aconsejable incluir dentro del modelo agroforestal, vegetación de porte columnar que funcione como cortina rompe viento, posibilitando también, la generación de recursos adicionales en el mediano plazo.</p> <p>Se sugiere ubicarlas en cada línea de siembra a un distanciamiento de 10 m entre ellas (500 plantas/ha). Además, las plantas de porte arbustivo (Sangre de grado, Itamo real) se podrán sembrar alrededor de la parcela para que pueda funcionar como cerco vivo perimetral.</p> <p>Siembra de Pitayo.</p> <p>El pitayo es una cactácea columnar, aprovechada principalmente por su fruto de color rojo o amarilla, con sabor exquisito... (Martínez <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>Método de propagación. Es una planta de baja germinación por lo que el método de propagación será mediante esquejes tomados de plantas adultas silvestres, mismas que deberán estar libres de plagas y enfermedades (Martínez <i>et al.</i>, 2011). Se colecta en el mes de diciembre, y se deja en descanso por un mes.</p> <p>Establecimiento. Se recomienda utilizar tallos de 0.5 m de longitud que surjan del eje principal, cortándoles la parte apical, plantándolos en posición vertical. Al momento del trasplante, abrir cepa donde al menos se puedan introducir 10 cm del esqueje.</p> 

<p>Diversificación.</p>	<p>Fertilización: La planta responde muy bien a la aplicación de materia orgánica. El programa de fertilización dependerá principalmente del cultivo de maguey, ya que se realizará a la par.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Al momento del trasplante aplicar 2 kg de abono tipo Bocashi (con la técnica recomendada). ▪ Posterior al tercer año, fertilización anual, con dosis de 5 kg/planta, de Bocashi. <p>Poda: Se realiza dependiendo de la etapa de cultivo y el nivel de adaptación de la planta.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante el crecimiento: a dos años de su establecimiento; eliminar todo brote floral, ayudara que los nutrientes se destinen al crecimiento de la planta; puede realizarse en cualquier momento ▪ Momento productivo: posterior a los cuatro años, eliminar brazos que crezcan mal formados (que se dirijan hacia abajo o estén perpendicular al tallo); Preferentemente cuando no tenga carga floral. 	
<p>Rendimiento.</p>	<p>Si se llevan a cabo adecuadamente las labores culturales esenciales para cultivo de marmorata, el tiempo estimado para la madurez comercial, será de siete años, obteniendo un peso de piña de 80 kg. Un posible destino de venta, serían los palenques establecidos, ya que actualmente la mayoría de los productores cuentan con infraestructura para la elaboración del destilado “mezcal”.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El rendimiento estimado de frijol es de 200 kg/ha., aunque dependerá de las condiciones climáticas que se presenten. ▪ El estado productivo del pitayo será a partir del tercer año de su establecimiento considerando un rendimiento de 2 kg/planta, pudiendo llegar a un pico de producción de hasta 5 kg/planta a partir del 5° o 6° año. 	

Tabla 1. Diseño agronómico Modelo: Agave marmorata.

Especie: *Agave salmiana* (Maguey pulquero)

Es una planta perenne de crecimiento arbustivo que forma una roseta basal de 2 metros de alto y hasta 2 metros de diámetro. Las hojas del maguey pulquero son de color verde oscuro. A su vez, las hojas maduras desarrollan vellosidades en el ápice (punta) y permanecen erectas sin caer a un costado. El rango de longitud de las hojas oscila entre 1 y 2 metros, y su anchura de 0.2 a 0.3 metros (Blanco, 2020).

La especie es nativa del centro y sur del país, desarrollándose desde los 1,230 y hasta los 2,460 metros de altura sobre el nivel del mar, siendo este amplio rango el que permite un mayor potencial para su aprovechamiento (Narvaez, 2016). El relieve de las zonas de distribución natural de *A. salmiana* se caracteriza por ser montañoso;

mientras que el clima es básicamente templado o semiseco, de igual forma es una especie que requiere bajos niveles de humedad en el suelo, y se adapta ampliamente a condiciones de extrema sequía, a suelos pobres y a terrenos pesados (Castillo y Cano, 2006).

Su cultivo es el de mayor extensión parcelaria dentro de la RBTC. Su manejo y domesticación data de varias generaciones, dado a los diversos usos y manejo, esta especie presenta variabilidad morfológica más amplia, y en una mayor diversidad de ambientes; por lo anterior, se considera la existencia de variedades, que solo los productores reconocen y que diferencian entre cada parcela, por ejemplo, el caso de las variedades chino, blanco y aguilon.

Un dato interesante, respecto a su aprovechamiento, es que está especie, *A. salmiana*, en general tarda de 10 a 15 años para florecer, a partir de este momento, y de manera tradicional, se extrae el aguamiel para producir pulque; teniendo un rendimiento promedio

mínimo mensual, en la región, es de 60 litros de aguamiel por planta, con un precio de venta de 12.00 por litro, es decir, una rentabilidad baja para la densidad actual en la plantaciones.

Modelo: agave salmiana

Objetivo: Producir de manera intensiva *Agave salmiana* mediante la implementación de un modelo agroforestal análogo en donde se rescaten las habilidades y saberes de los productores sobre los eslabones de la cadena productiva con el fin de incrementar la rentabilidad del cultivo, otorgando el valor cultural adecuado para la especie.

Diseño agronómico.	
Características Edafoclimáticas.	<p>Elevación recomendada: 1,700- 2500 msnm. Suelo: tipo regosol y leptosol.</p> <p>Prevalece preferentemente en microclimas templados que requiere bajos niveles de humedad en el suelo, y se adapta ampliamente a condiciones de extrema sequía</p> <p>Justificación: El relieve de las zonas de distribución natural de <i>A. salmiana</i> se caracteriza por ser montañoso; mientras que el clima es básicamente templado o semiseco, de igual forma es una especie adaptada a suelos pobres y terrenos pesados (Castillo y Cano, 2006).</p>
Preparación del terreno.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ya sea de forma mecánica o manual, se debe realizar un barbecho, esto con la finalidad de eliminar malas hierbas y aflojar la tierra. En una parcela con un declive menor al 10%, se sugiere alzar un bordo de 40 cm de altura, y superior a este, formar terrazas, o alzar bordos de 50-60 cm de altura. La renovación de los bordos será cada dos o tres años. ▪ Realizar el trazado de curvas a nivel para promover la retención del suelo (Ver Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de maguey).
Plantación.	<p><i>Agave salmiana</i> (pulquero), es la especie cultivada en mayores extensiones y presenta la variabilidad morfológica más amplia en la mayor diversidad de ambientes y de usos (Mora et al., 2011). Las características para la selección de la variedad son: alta producción, y altos niveles de azúcar. El productor conoce dichas variantes y puede seleccionar cual más convenga, tal es el caso para la var. Chino que se caracteriza por sus altos niveles de azúcares, y la var. Aguilón caracterizado por su alto rendimiento de aguamiel.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El trasplante se realizará por líneas intercalando en cada una las variedades que se pretendan producir. El establecimiento se realizará de forma escalonada, instalando un 50% en el primer año, posteriormente 30% y por ultimo un 20%, considerando que en la tercera etapa se debe realizar también una repoblación. Observar manuales técnicos para obtener mayor información sobre selección de plántula y trasplante.



Densidad de plantación.	Considerando las características fisiológicas de la especie, se recomienda un distanciamiento de 2.0 m entre plantas, y 3 m entre hileras, contemplando una densidad de 1420 plantas/ha.
Fertilización.	<p>Como se indica, en el “Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de maguey”, para esta especie, se aplicará en dos etapas primordiales.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Etapas de crecimiento. Aplicar 5 kg/planta, se fertiliza en una ocasión durante esta etapa. ▪ Etapas adulta. Posterior a los cuatro años. Se caracteriza por iniciar el almacenamiento de azúcares en la parte central (piña). Solo se deberá renovar el cajete y aplicar 10-12 kg de abono/planta con un distanciamiento de 30 cm alrededor del tronco. Durante esta etapa de cultivo, fertilizar en dos ocasiones distribuidas con dos años de diferencia. 
Poda.	<p>El objetivo principal de la poda, es regular el espacio existente entre las plantas para realizar el tlachicado adecuado en el momento del aprovechamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En los tres primeros años se deben eliminar las hojas (pencas) secas o que presenten problemas por plagas; de la misma forma, se deberá regular el brote de hojas nuevas a ras del suelo, se puede realizar en cualquier época del año. ▪ A partir del cuarto año, se deberán eliminar dos o tres pencas sobre la base de la planta, esta acción limitará el crecimiento en el diámetro de la planta. La fecha recomendada para la poda es en diciembre y enero.
Control de plagas y enfermedades.	<p>El picudo es la principal plaga que afecta severamente a los cultivos de maguey pulquero. Los métodos de control preventivos así como la elaboración de trampas del picudo (También abundado en manual) varían con referencia a las demás especies cultivadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Colocar las trampas enterradas a unos 5 cm de profundidad y considerar una distancia aproximada de 10 m. entre ellas. También colocar las trampas sobre el perímetro del predio sobre todo donde se tengan plantaciones vecinas de agave, estas se distribuirán a cada 20 m sobre el perímetro. <p>La principal enfermedad que ataca a salmiana es la viruela causada por un hongo. Se puede presentar durante todo el año, en raras ocasiones el hongo mata la planta, a no ser que esté asociado con otro organismo (Díaz, 2019). Las principales prácticas de manejo y elaboración de caldo bordelés para su combate, se presentan a detalle también en el Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de maguey.</p>

	Para su control, se deben realizar tres aplicaciones de caldo bordelés antes de las lluvias, intercalándolas cada 15 días. Posterior a las lluvias se deben realizar aplicaciones mensuales, pero si existe una elevada humedad relativa (neblina), realizar una aplicación intermedia de más. Considerarlo durante todo el ciclo de vida del cultivo.
Manejo de fertilidad del suelo.	Se recomienda la siembra de frijol de la var. Michigan en la época de lluvia (mayo-junio). La siembra se hará de 80 cm en hileras, y 30 cm entre plantas. Al finalizar el ciclo de cultivo hay que rastrillarlo para que se incorpore al suelo de forma paulatina. La siembra debe realizarse un año antes de la siembra del agave y se puede intercalar cada 3 años.
Diversificación.	<p>La interacción de la especie salmiana es variable y por ello es importante considerar un método que pueda disminuir los efectos negativos climáticos. Se recomienda la asociación de la especie, con plantas leguminosas de porte alto como el guaje y el mezquite. Los mezquites servirán para reducir la temperatura en su área circundante,</p> <p>Siembra de guaje. Especie de uso múltiple con gran potencialidad para su utilización en la restauración de suelos degradados. Utilizada también como cerco vivo, o para forraje.</p> <p>Método de propagación: Recolectar las semillas, sembrándola en almácigo para que la germinación sea en un ambiente controlado, una vez que la plántula alcanza 10 cm mínimo de porte, se traspasa a bolsas de plástico, o camas de siembra.</p> <p>Establecimiento: Se puede intercalar con el agave sembrándola por hileras completas a una distancia de 3 m entre plantas, estableciendo una hilera de guaje y cinco de agave. Después trasplantarlo al mismo tiempo que el agave. Las plantas de mezquite se ubicarán como cortinas rompe vientos, sembrándolos sobre el perímetro del terreno. Si se tiene el terreno sin vegetación, se sugiere plantar a la par el huaje y el Agave.; si no se cuenta con la planta de Agave, adelantar la plantación de Huaje; si ya existe agave, colocar de inmediato la plantación de huaje.</p> <p>Fertilización: Importante apoyar a la planta de Agave para su óptimo crecimiento, fertilizando:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Al momento de la siembra aplicar 2kg de composta tipo Bocashi. ▪ Posterior al tercer año, realizar una fertilización con dosis de 3 kg de abono tipo Bocashi. <p>Poda: solo se realiza la poda de rejuvenecimiento (solo dejar 1 m de altura del tronco). Esto se realiza a partir de 6to año desde su instalación, o cuando se observe un crecimiento raquítrico.</p>
Rendimiento.	<p>Se estima realizar el tlachicado, entre dos y tres veces al día, con un pico de producción superior a los 70 días extrayendo 6 lt/día/planta, la producción estimada por planta sería de al menos 420 lt/planta, incrementando la rentabilidad en cada periodo de aprovechamiento.</p> <p>Dentro del sistema producto del Agave, la subcadena productiva de elaboración del pulque, cuenta con la intervención del productor en todas las etapas del proceso, incluida la venta al consumidor, lo que enriquece culturalmente esta cadena añadiéndole un importante valor agregado.</p>



Especie: *Agave potatorum*

En total, en México se utilizan 42 especies de agave para producir mezcal y aunque algunas especies son cultivadas, la gran mayoría se extraen del medio silvestres y, en la mayoría de los casos, se carece de técnicas de manejo o formas de organización y reglas de aprovechamiento que protejan a estos recursos. Por ello, resulta urgente el desarrollo de estrategias integrales que permitan caracterizar los patrones de aprovechamiento, diagnósticos rápidos sobre su distribución y abundancia, caracterizar aspectos ecológicos y determinar los efectos de la extracción en la supervivencia de los individuos y de las poblaciones. (Torres et al., 2013)

El *Agave potatorum*, es una especie endémica de los estados de Puebla y Oaxaca. Recibe el nombre común de “maguey papalote” o “papalometl”. Es una especie monocárpica que tarda de 8 a 12 años

en florecer, la cual no presenta reproducción asexual (no produce hijuelos). Es de rosetas pequeñas con 50 a 80 hojas de color verde glauco. Florece en los meses de agosto, y hasta noviembre, y la fructificación es de febrero a marzo. Las flores son polinizadas principalmente por murciélagos. Se encuentra en un intervalo altitudinal que va de los 1,300 a los 2,400 msnm, en climas áridos y semiáridos. Forma parte del matorral xerófilo (en asociación con vegetación de tipo arbustivo) y *Quercus* (encino) (García, 2010). De acuerdo con los productores, el mezcal elaborado con agaves provenientes de ambientes más cálidos posee propiedades organolépticas superiores, y el rendimiento por unidad de masa es mayor a la de mezcales elaborados con agaves provenientes de unidades ambientales en condiciones templadas (talleres de capacitación SURCOS, 2020)”.

Modelos: *Agave potatorum*

Objetivo: Establecer un método de producción agroforestal de la especie *Agave potatorum*, que funcione como guía esencial para desarrollar planes eficientes de uso, conservación y aprovechamiento del mismo, permitiendo el continuo proceso evolutivo en las poblaciones silvestres, mientras se mejora el establecimiento de parcelas análogas susceptibles de aprovechamiento en el mediano plazo; esto con el fin de disminuir la presión sobre la población silvestre, generando un condiciones de disponibilidad de materia que habiliten la mejora en el ingreso de los productores de la zona.

Diseño agronómico.	
Características Edafoclimáticas.	<p>Elevación recomendada: 1300 a 2400 msnm pudiendo encontrarse en climas semiáridos-cálidos principalmente (Martínez y Bautista, 2013). Se desarrolla en sitios planos o con poca pendiente, sobre suelos arenosos.</p> <p>Justificación: Las variaciones climáticas no afectan el buen crecimiento y adaptabilidad de la especie potatorum. Es una de las especies más vulnerables debido a las elevadas tasas de extracción y la creciente demanda de mezcal (Torres <i>et al.</i>, 2013), aunado a todo esto la falta de información productiva sobre la especie hace que se encuentre en peligro de desaparecer.</p>
Preparación del terreno.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ya sea de forma mecánica o manual, realizar un barbecho a fin de eliminar malas hierbas y aflojar la tierra. Posteriormente alzar bordo de 30cm de altura y renovarlos cada dos o tres años. ▪ Realizar el trazado de curvas a nivel para promover la retención del suelo (Ver Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de maguey). ▪ Promover la aplicación de abono orgánico sobre los bordos, 5kg/metro lineal o incorporar materia orgánica desde un año antes.
Plantación.	<p>La especie se reproduce mediante método sexual (semilla). En la región no se cuentan con los conocimientos agronómicos necesarios para producir las plántulas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La plántula debe tener 15-20cm de altura, se deben eliminar las raíces secundarias (rasurar) de la plántula, y colocarla sobre los bordos donde únicamente la parte radical quedará inmersa en el suelo. <p>El trasplante debe llevarse a cabo bajo el esquema de plantas nodrizas, ya que en sitios abiertos la mortalidad puede ser de hasta un 90% (Torres, 2013). Bajo el dosel de plantas perennes, es posible encontrar las condiciones de sombra, humedad y disponibilidad de nutrientes adecuadas para aumentar la probabilidad de establecimiento.</p> <p>Nota: Leer manuales técnicos para obtener mayor información sobre la producción de plántula y trasplante.</p>
Densidad de plantación.	<p>El potatorum es una especie pequeña, y despliega varias hojas en todo su ciclo de vida, por ello se recomienda un distanciamiento de 1 m entre plantas y 2.5 m entre hileras. Contemplando una densidad de 3,200 plantas/ha.</p>
Fertilización.	<p>Tanto la fertilización como la elaboración de abono orgánico, será de acuerdo a lo mencionado en el Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de maguey; para el segundo caso, habrá que basarse en 2 etapas primordiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etapas de crecimiento. Aplicar 5kg/planta, a una distancia de 10cm alrededor del tronco. Se fertiliza en una ocasión durante esta etapa de cultivo. • Etapas adulta. Posterior a los cuatro años. Se caracteriza por iniciar el almacenamiento de azúcares en la parte central (piña), se debe aplicar 10 kg de abono/planta. Durante esta etapa de cultivo fertilizar en 3 ocasiones, distribuidas con 2 a 3 años de diferencia.



<p>Poda.</p>	<p>El objetivo principal de la poda es evitar que las hojas estén en contacto directo con el suelo, manteniendo un óptimo crecimiento de la planta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En los primeros cuatro años solo se deben quitar las hojas (pencas) secas o que tengan problemas de plagas. <p>A la planta de potatorum no se le realizan estrictas podas, por lo que se puede hacer únicamente la poda de sanidad. La fecha recomendada para la poda es entre diciembre y enero.</p>	
<p>Control de plagas y enfermedades.</p>	<p>El picudo es la principal plaga que afecta severamente a los cultivos de este maguey. Los métodos de control preventivos, así como la elaboración de trampas del picudo, se presentan en el Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de maguey.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Control biológico. Siendo que el potatorum es una especie muy demandada en la actualidad, es importante pensar en realizar un tipo de control más efectivo del picudo. Se recomienda utilizar hongos entomopatógenos como <i>Beauveria bassiana</i> (Bals) Vuill aplicándose antes de la época de lluvias. Dosis 800gr/ en 200 litros de agua. <p>Se deben realizar tres aplicaciones antes de las lluvias, intercaladas cada 15 días; posterior a la temporada de lluvias, hacer las aplicaciones cada dos meses. Considerarlo durante todo el ciclo de vida del cultivo.</p> <p>En la muestra atendida dentro de la zona de la RBTC, no se tiene registro de parcelas productivas establecidas con a. potatorum, por lo tanto, el reconocer algunas de las enfermedades que ataquen a las plantas, es muy complicado, no obstante, en las zonas altas se ha identificado la presencia de enfermedades como viruela o negrilla y pudrición del cogollo en plantas silvestres.</p>	
<p>Manejo de fertilidad del suelo.</p>	<p>El frijol, asociado con el maguey mezcalero, a. potatorum, le proporciona a éste, el despliegue de hojas, además de que desarrolla aún más el área foliar e incrementa el contenido de clorofila (Martínez et al., 2014). La siembra de frijol como cultivo de cobertura es el ideal; se recomienda la siembra en la época de lluvia (mayo-junio), se debe sembrar de 60 cm en hileras, y 20 cm entre plantas. Al finalizar el ciclo de cultivo se utilizará el rastrojo rastrellándolo para que se incorpore al suelo de forma paulatina. La siembra debe realizarse un año antes de la siembra del agave.</p>	

<p>Diversificación.</p>	<p>La especie <i>a. potatorum</i>, forma parte del matorral xerófilo (en asociación con vegetación de tipo arbustivo) y <i>Quercus</i> (encino) (García, 2010); pero es importante considerar un método que pueda disminuir los efectos negativos climáticos, por ello es recomendable la asociación de la especie con plantas leguminosas de porte alto, tal es el caso de guaje y mezquite. Para ello se establecerán 4 líneas de agave por 1 línea de guaje.</p> <p>Siembra de guaje. Especie de uso múltiple con gran potencialidad para su utilización en la restauración de suelos degradados. Utilizada como cerco vivo o para forraje.</p> <p>Método de propagación. Recolectar las semillas y sembrarlas en almacigo para que la germinación sea en un ambiente controlado, una vez que la plántula alcanza 10 cm mínimo de porte, se traspasa en bolsas de plástico o camas de siembra.</p> <p>Establecimiento. La plántula debe tener por lo menos 30-50 cm de altura y estar vigorosa, al momento de la siembra se apertura una cepa del tamaño que tenga la raíz, y se coloca la planta previendo que la raíz este completamente cubierta de tierra. El establecimiento debe realizarse por los menos 2 años antes que el agave.</p> <p>Fertilización. Importante apoyar a la planta para su óptimo crecimiento, fertilizando:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Al momento de la siembra aplicar 2kg de composta tipo Bocashi. ▪ Posterior del tercer año, se debe realizar una fertilización con dosis de 3 kg de abono tipo Bocashi. <p>Poda. Solo se le realiza la poda de rejuvenecimiento, esto se realiza a partir de 6to año desde su instalación o cuando se observe un crecimiento raquíptico.</p>
<p>Rendimiento.</p>	<p>En una parcela productiva de maguey mezcalero donde se realicen las actividades culturales esenciales al cultivo, se calcula que puede ser aprovechable a los 10 años desde su establecimiento. Se estima contar con un rendimiento de 60kg/piña, pero siempre aprovechando las pencas sobrantes. Lamentablemente el poder incidir en la comercialización de <i>potatorum</i> es muy complicado ya que no se cuenta con el equipo adecuado para la elaboración del mezcal.</p>



Proyección de ingresos y egresos.

Dentro del universo de la asociación de productores, Seoane Katchu, solo el 10% de estos productores conocen y llevan a cabo los eslabones de la cadena productiva de las especies de Agave marmorata y Agave potatorum (producción-distribución y comercialización) para la producción de mezcal (SURCOS 2020). Es por ello que los modelos agroforestales se enfocan al incremento de la productividad y distribución de las especies, así como la de preservar la flora regional, a diferencia del A. salmiana, donde todo

productor, por costumbre, realiza el proceso productivo y aprovechamiento de dicha especie, considerándose como actividades de identidad cultural en la región (GIZ, 2018).

El siguiente cuadro proyecta una comparación de los ingresos y egresos entre los modelos tradicional, y el agroforestal, este último, recomendado por SURCOS A.C. para la producción de Agave marmorata destinada a la producción de mezcal.

Rentabilidad (considerando 1 ha) precio de venta \$5/kg de piña		
Aspectos	Modelo tradicional (Rendimiento de 40kg/planta)	Modelo agroforestal (Rendimiento de 70kg/planta)
Densidad	1700 plantas/ha	2800 plantas/ha
Edad de cosecha	8 años	7 años
Costo de producción.	\$62,380	\$172,240
Producción en kg	68000	196000
TIR	5%	15%
VAN	\$19,146	\$134,262
R B/C	1.40	2.11

Los costos de producción se elevan debido a que se considera un costo de 20.00 por la obtención de la plántula, pero como bien se sabe, la mayoría de los productores obtienen sus plántulas en sus parcelas, o en rodales silvestres.

Para poder llegar a los rendimientos esperados, es importante que se lleven a cabo cada una de las actividades agrícolas recomendadas anteriormente, según la especie a cultivar.

Dentro de la evaluación financiera entre ambos métodos productivos, se observa una TIR (Tasa interna de retorno) para el modelo agroforestal, en comparación del convencional que solo alcanza el 5%, esto indica una rentabilidad mayor debido al incremento en disponibilidad de planta. En cuestión de la relación costo beneficio, la inversión en un modelo tradicional, aunque menor, refiere ganancias más bajas, ya que por cada 1.00 invertido, solo se obtiene 40 centavos en comparación a los 1.11 del modelo propuesto.

El ejemplo anterior muestra que el modelo agroforestal recomendado es más rentable dado el incremento en la producción de maguey. El modelo propuesto tiene costos de producción de \$0.80/kg de piña en comparación del modelo tradicional, que tiene un costo de \$0.92/kg de piña, y a pesar de que en los modelos tradicionales algunas actividades productivas esenciales no se llevan a cabo, el costo de producción de este último sigue siendo alto y con menor rendimiento.

Además, otra de las ventajas del modelo agroforestal, es que el aprovechamiento comercial de la planta se realiza en menor tiempo, y con mayor rendimiento. La venta de la piña se ofertará directamente hacia los palenques para evitar el coyotaje.

Parcela tipo para Agave

Barreras vivas, se considera implementarlas en los tres modelos, principalmente el cultivo de mezquite y arbustos.

Siembra de pitayo, recomendado para la especie marmorata, considerando plantarlas en cada hilera a 10m entre ellas.



La siembra de guaje se hará a cada 4 o 5 hileras de maguey interlineado para no obstaculizar la distribución.

Distancia entre hileras desde 2m para marmorata, y de 3m para salmiana. Cada línea contará con sus bordos y sembrados bajo el método aguas arriba.

La distancia entre plantas, va desde 1m para potatorum, hasta 2.5m para salmiana.

CONCLUSIÓN

Hemos descrito la propuesta del modelo agroforestal para las tres especies de Agave más utilizadas para la producción de pulque, mescal y otros derivados basados primero en la urgencia de generar la sustentabilidad ambiental fomentando y protegiendo la flora nativa de la reserva de la biosfera. La mejor manera de protegerlos es impulsando el desarrollo de plantaciones en parcelas controladas sin echar mano de las plantas que crecen de manera silvestre en el monte.

Para reforzar esta idea técnica hemos tomado en cuenta los factores y elementos climáticos que influyen en el desarrollo de nuestras plantaciones. Factores como la altitud, latitud, suelos, relieve y tipo de vegetación local. Así mismo tomamos en cuenta los elementos del clima como son la temperatura media anual, vientos y precipitación promedio anual.

Fue también importante tomar en cuenta la experiencia actual de los productores y las acciones que hasta hoy han venido realizando donde pudimos constatar que hay muchas áreas de oportunidad para mejorar los procesos productivos iniciando desde la organización familiar y grupal.

Las acciones que han dado resultados positivos se plasmaron en la nueva propuesta de este modelo agroforestal al cual le incursionamos diversas modificaciones técnicas mismas que fueron tomadas a bien por el productor.

Al termino de este documento el productor puede ya disponer de información precisa, que posiblemente no sea la única pero si la que más se ajusta a las necesidades y posibilidades de quienes cultivan o quieran cultivar agave pulquero y mezcalero dentro de las comunidades de la RBTC.

En medio de una emergencia sanitaria, de crisis económica y de tanta información dispersa, logramos conjuntar diversos documentos como este que creemos serán de gran utilidad para los productores y donde la Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable (GIZ) , la CONANP y la RBTC puedan a su parecer, difundir y compartir esta información.

BIBLIOGRAFÍA

Flores, S., Vargas, M., Suárez, M., Barrera, H. (2015). Análisis cariotípico de *Agave marmorata* y *Agave peacockii* (Agavaceae) ubicados en las terrazas aluviales del río Zapotitlán, Puebla, México. *Polibotánica* (45).

Aguilar, D., Rodríguez, J. (2018). Micro propagación y aclimatación de Maguey Pitzometl (*Agave marmorata* Roezl) en la Mixteca Poblana. *Biotecnología*. (20). 124-131.

Salas, F. (2002) ASPECTOS GENERALES DE LA GERMINACION Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTULAS DE *Agave marmorata* Roezl. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA- IZTAPALAPA.

García, A. (2010). Revisión taxonómica del complejo *Agave potatorum* Zucc. (Agavaceae): nuevos taxa y neotipificación. *Acta botánica Mexicana*. (91).

Ramírez, H., Peña, C., Aguirre, R. (2014). Respuestas bioquímico-fisiológicas de especies de *Agave* a la restricción de humedad. *Botanical Sciences*. (92).

Narvaez, A., Martínez, A., Jiménez, M. (2016). El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Geografía Agrícola*. (56). 33-44.

Torres, I., Casas, A., Delgado, A., Rangel, S. (2013) Aprovechamiento, demografía y establecimiento de *Agave potatorum* en el Valle de Tehuacán, México: Aportes ecológicos y etnobiológicos para su manejo sustentable. *Zonas Áridas*. (15). 92-109

Díaz, F. (2019) "Estrategia para la gestión de la producción y comercialización de productos y subproductos del agave que se generarán por productores socios del PRODETER Progreso de la Mixteca y planteamiento de corto plazo para la diversificación de fuentes generadoras de ingresos entorno a dicho cultivo." Agencia Alemana para la Cooperación Internacional GIZ – GITEC IGIP.

SEMARNAT-CONANP. 2013. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Tehuacán- Cuicatlán. México, D.F. 327p.

Ortiz, J. 2011. DISEÑO DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON BASE EN EL MANEJO TRADICIONAL DE LA MILPA Y EL SOLAR EN EL MUNICIPIO DE JESÚS CARRANZA, VERACRUZ. Tesis de maestría. Centro de investigaciones tropicales. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.

FAO, 2007. Manual de agroforestería. Impreso por: Proyecto Manejo Sostenible de Recursos Naturales. 44p.

SNICS, 2017. *Agave* (*Agave* spp.), Generalidades de la Red Agaváceas. Macro red Básico e industriales.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, L. (18 de diciembre de 2020). Maguey pulquero: historia, características, hábitat, usos. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/maguey-pulquero/>
- Luna, S., Enríquez, R., Rodríguez, G., Carrillo, J., Velasco, V. (2017). ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA DE PLANTAS MICROPROPAGADAS-ACLIMATADAS DE *Agave potatorum* Zucc. FERTIRRIGADAS EN VIVERO. Fitotecnia Mexicana. (40)
- Martínez, E., Sandoval, E., Tornero, M., Herrera, E., Goytia, M. (2009). Huertas tradicionales de pitaya: Alternativa de producción agroecológica. LEISA revista de agroecología. (25)
- Martínez, Y., Andrade, M., Villegas, A., Alía, I., Villegas, O., López, V. (2011) Cultivo in vitro de pitayo (*Stenocereus stellatus* [Pfeiffer] Riccobono). Revista Chapingo serie horticultura. (17) 95-105.
- Díaz, E. 2019. *Trichoderma* spp. para el control de *Asterina mexicana* agente causal de la viruela o negrilla de maguey pulquero. Tesis de licenciatura. División de ciencias de la salud, biológicas y ambientales. Universidad abierta y a distancia de México.
- Martínez, S., Bautista, G. (2013) Adaptabilidad de *Agave potatorum* Zucc. a las condiciones ambientales y socioeconómicas de Río Azucena, San Juan Mixtepec, Oaxaca. Temas de ciencia y tecnología. (17) 3-12.
- Martínez, S., Bautista, G., Pedro, E., Guerrero, P. (2014). Crecimiento y contenido de clorofila del maguey mezcalero (*Agave potatorum* Zucc.) en policultivo con maíz y frijol. Revista fitotecnia Mexicana. (37).
- West Analítica y Servicios S.A. de C.V. (S.f). El cultivo de agave. Recuperado el 15 de febrero del 2021. <https://westanalitica.com.mx/wp-content/uploads/2021/01/El-Cultivo-de-AGAVE.pdf>

