



Cultivando agaves de probeta

Ana Laura López Escamilla
Alma Yadira Martínez Rendón

“Magueyes en riesgo de desaparecer, ¿ya no habrá pulque”

Los agaves o magueyes son plantas de lento crecimiento que se desarrollan en ambientes áridos. De sus hojas o pencas se extrae el ixtle (del náhuatl *ichtli*) o fibras que se usan para elaborar morrales, canastas, cepillos etc. También se utilizan para preparar barbacoa y las plantas completas como cercas vivas. Antiguamente, sus grandes hojas eran utilizadas para construir techos y los quiotes como postes de luz.

Comúnmente, los agaves se propagan por hijuelos o mecuates (del náhuatl *metí*, maguey, y *coatl*, culebra), que son brotes laterales que emergen de la base de la planta (**Fig. 1**). Este tipo de reproducción es más rápida y solo requiere de separar los hijuelos y volver a sembrarlos. Los magueyes tienen un punto de crecimiento (llamado meristemo) en la parte central, de donde emergen las nuevas hojas. Cuando las hojas centrales se disponen muy erguidas dirigiendo su espina terminal hacia el cielo, significa que se está desarrollando el escapo floral llamado quiote (**Fig. 2**), que llega a medir de 15 a 20 metros de altura y es coronado por una gran cantidad de flores dispuestas en racimos (llamadas panículas) (**Fig. 3**). Las flores jóvenes aún sin abrir son conocidas como gualumbos (**Fig. 4**), que junto con el quiote se utilizan para elaborar diversos platillos.



Fig. 1. Reproducción vegetativa de agave, hijuelos o mecuates



Fig. 2 y 3. Desarrollo del quiote o escapo floral. Inflorescencia de agave o llamado también panícula.



Fig. 4. Venta de bolsas con gualumbos en el mercado

Durante la floración, insectos, aves y murciélagos visitan las flores, se alimentan del néctar y transfieren el polen de una planta a otra para que se lleve a cabo la polinización y posteriormente la fecundación. El resultado es el desarrollo de las semillas aplanadas con forma de lágrima (lacriformes). Las que fueron fecundadas son de color negro brillante, y las que no, son de color blanco (Fig. 5). Las semillas son poco conocidas por la mayoría de la gente e incluso por los mismos productores, debido a que se suele impedir el desarrollo del quiote cuando se realiza el “capado” de la planta o corte del meristemo y se raspa el tallo para formar una “olla” donde se acumula la savia de las hojas (aguamiel). La savia o aguamiel es colectada por los tlachiqueros y es transformada en pulque después de un

Proceso de fermentación

La ausencia de semillas debido al capado obliga a que la propagación sea solo vegetativa, de tal manera que los cultivos están conformados por clones (Fig. 6), es decir, copias de la planta madre que se replican muchas veces y llevan la misma información genética. Esto representa un riesgo para la especie y plantaciones o cultivos completos (Fig. 7), ya que pueden desaparecer por algún cambio drástico del clima o por la presencia de enfermedades y plagas. Al no haber variabilidad genética, las plantas no pueden desarrollar resistencia y sobrevivir a las condiciones adversas.



Fig. 5. Fruto de agave (cápsula) con semillas fecundadas (negras) y no fecundadas (blancas).



Fig. 6. Parcelas con agaves procedentes de la reproducción vegetativa.



Fig. 7. Grandes extensiones con agaves con escasa variabilidad genética.

Tomando en cuenta esta problemática, ha sido de suma importancia establecer estrategias de propagación de agaves a partir de la germinación de semillas, comenzando con una concientización de los productores para que permitan la floración de algunos ejemplares en sus parcelas y no realicen siempre el capado.

Ambas formas de propagación, por hijuelos y por semillas, pueden llevarse a cabo con el Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV), como estrategia de conservación *ex situ*, o fuera del campo. Al CTV se le conoce también como cultivo *in vitro* (traducido del latín: “en vidrio”), y se refiere a llevar a cabo un cultivo en un tubo de ensayo o contenedor de vidrio, aunque actualmente se utilizan contenedores de diferentes materiales y capacidades.

Cultivo de Tejidos Vegetales

El CTV es una rama de la Biotecnología vegetal que emplea pequeños fragmentos de plantas (hojas, tallos, semillas o embriones) llamados explantes, para propagarlas. Los fragmentos deben desinfectarse con soluciones de jabón, alcohol etílico al 70% y/o cloro comercial en diferentes concentraciones y tiempos de exposición. De esta forma se eliminan bacterias, esporas y microorganismos que pudieran crecer en los medios de cultivo. Los medios

nutritivos están compuestos de sales inorgánicas (macronutrientes, micronutrientes), moléculas orgánicas (inositol, vitaminas, glicina) y una fuente de carbono (sacarosa). Si queremos que el medio sea sólido se agrega un compuesto llamado agar, y si son líquidos, se omite este componente (**Fig. 8**).

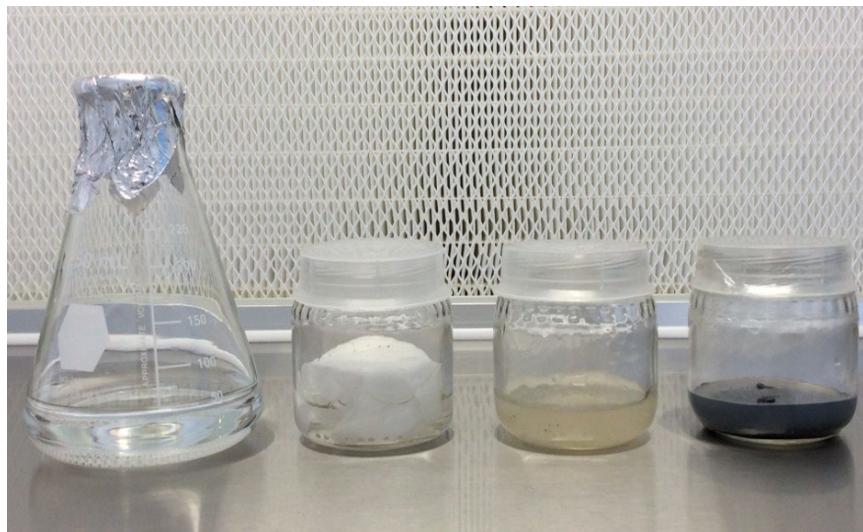


Fig. 8. Medios de cultivo sólido y líquido.

Los medios y materiales

que se utilizan en la siembra son previamente esterilizados en autoclaves a 121°C y presión de 1.5 kg/cm² durante 18-20 minutos. El medio más utilizado es el Murashige y Skoog (conocido como medio MS), que se caracteriza por tener una gran cantidad de nitrógeno y que es efectivo para la propagación. Para garantizar que la siembra *in vitro* no se contamine, se trabaja dentro de un equipo que filtra el aire y genera un área libre de microorganismos (una campana de flujo laminar) (**Fig.9**).



Fig. 9. Campanas de flujo laminar para realizar la siembra aséptica.

Micropropagación

La micropropagación es una de las estrategias más utilizadas por el CTV para obtener numerosas plantas a partir de un explante y se puede dividir en cinco etapas.

Etapa 0. Consiste en seleccionar el material vegetal a partir de hojas, tallos, semillas, etc. de un ejemplar sano (planta madre) que provenga del campo o haya tenido un periodo de cuarentena en invernadero. El establecimiento del material vegetal (explante) en condiciones libres de contaminación (asépticas). **Etapa 1**, es un paso muy importante, aquí se define la técnica de desinfección adecuada que no afecte o mate al explante y que sea eficaz para que no se desarrollen microorganismos en el medio nutritivo (**Fig. 10, 11**). Al superar esta etapa, es posible continuar con la **Etapa 2**, que consiste en colocar el explante en un medio adicionado con Reguladores del Crecimiento Vegetal (RCV). Los más empleados son las citocininas y/o auxinas que son moléculas orgánicas que funcionan como una hormona vegetal. Estas moléculas provocan que las células se dividan formando nuevos órganos como raíces, hojas, tallos e incluso embriones somáticos, llamados así porque no provienen de la unión de dos células sexuales (polen y un óvulo). Si los diversos órganos se originan directamente del explante se define como *organogénesis directa*, pero si se forma primero un callo que es un tejido que se



Fig. 10. Desinfección superficial de semillas de agave con diferentes soluciones;

Fig. 11. Siembra *in vitro* de semillas de agave en medio de cultivo sólido

dividió muchas veces a partir del explante y sobre éste se originan los nuevos órganos, entonces se llama *organogénesis indirecta*. En la micropropagación de una especie, es importante que se formen nuevas plantas (brotes) (Fig. 12) o embriones somáticos que germinen y no estructuras aisladas, sino organismos completos. La **Etapa 3** se refiere a que los brotes se retiran del medio con RCV y son transferidos (subcultivo) a nuevo medio con o sin RCV y/o bioestimulantes para que incrementen su tamaño, maduren y formen raíces si es el caso. En esta etapa es posible contabilizar cuántas plantas se formaron a partir del explante inicial. La **Etapa 4** es significativa y nos indica el éxito de la micropropagación, las nuevas plantas son subcultivadas a medios de cultivo con menos nutrientes y sacarosa, se puede incrementar la intensidad lumínosa para que realicen la fotosíntesis y se transfieran a condiciones *ex vitro*. Para esto, se extraen las plantas de los frascos, lavando profusamente sus raíces con agua y sembrándolas en sustrato esterilizado. Un alto porcentaje de sobrevivencia en invernadero nos indicarán que la técnica fue exitosa.



Fig. 12. Formación de brotes de *Agave salmiana* "Prieto" por efecto de los reguladores del crecimiento vegetal

¿Dónde se lleva a cabo esta técnica en Tlaxcala?

Debido a las características y problemática que tienen los agaves, el Instituto de Biología de la UNAM en conjunto con el gobierno de Tlaxcala, firmaron un convenio de colaboración para instalar el Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales en la Ex-Fábrica de San Manuel de Morcom, en San Miguel Contla, Tlaxcala (**Fig. 13**).

El inmueble conserva gran parte de la estructura original en su exterior, con adecuaciones modernas y de alta tecnología en el interior. Se caracteriza por numerosos tubos solares (**Fig. 14**) que permiten un ahorro significativo de energía eléctrica, ya que captan luz natural y la transmiten reflejándose hacia el interior del edificio incluida el área de incubación.

El objetivo principal del Laboratorio es fomentar la investigación, educación y divulgación científica en materia de biodiversidad, ecología y conservación en el estado de Tlaxcala; así como la propagación de plantas de importancia ecológica y comercial de la región, por medio de las técnicas de cultivo de tejidos vegetales.

En este laboratorio se ha aplicado la desinfección y establecimiento de semillas en condiciones asépticas para la germinación *in vitro*, así como la micropropagación de diferentes variedades de agave pulquero del



Fig. 13. Fachada del Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales

estado de Tlaxcala como: “Manso”, “Púa Larga”, “Ayoteco”, “Prieto” entre otras. También se ha realizado la micropropagación de agaves mezcaleros como *Agave marmorata*, *A. potatorum*, *A. cupreata* y *A. applanata*, procedentes de los estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero. De esta forma se ha logrado establecer una colección *in vitro* de plantas, así como un banco de semillas de diferentes especies de agaves.

Gracias al apoyo de más de 150 estudiantes que han realizado Estancias, Prácticas Profesionales y Servicio Social de diferentes instituciones educativas de Tlaxcala y del país, se cuenta actualmente con más de 8000 plantas *in vitro* (Fig. 15) y más de 2000 se han entregado a productores de Tlaxcala (Fig. 16).



Fig. 14. Tubos solares que permiten la captación de luz natural dentro del laboratorio.



Fig. 15. Cuarto de incubación con más de 8000 plantas de agave *in vitro*

De esta forma promovemos que en sus parcelas se conserve la diversidad genética de los agaves, y en un futuro las plantaciones no sean sólo clones, pues ello las hace vulnerables y las pone en peligro de desaparecer.



Fig. 16. Entrega a productores de plantas de agave propagadas por cultivo *in vitro*

Literatura sugerida

Álvarez-Duarte et al. 2018. Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala.. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.15>

Álvarez-Ríos et al. 2020). Sistemas de manejo de maguey pulquero en México. *Etnobiología*, 18(2), 3-23.

Huezcas-Garrido et al. 2022. Subproductos de interés nutricional y funcional de *Agave salmiana*. *Revista chilena de nutrición*, 49(2), 250-262.



**Dra. Ana Laura López
Escamilla**

Adscrita al Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Tlaxcala. Egresada de la Facultad de Ciencias (UNAM), desarrolló las técnicas de cultivo de tejidos vegetales en el Jardín Botánico de la UNAM y las tesis de Licenciatura y Maestría sobre bancos de germoplasma *in vitro*, la tesis doctoral sobre la micropropagación de un pino que obtuvo el primer lugar del Certamen de Tesis del XV Congreso Mexicano de Botánica. Fue Profesor-Investigador del Centro de Investigaciones Biológicas (UAEH), impartido clases Fisiología Vegetal y Cultivo de Tejidos en la UAEH y Facultad de Ciencias. Email: lopezescamilla@ib.unam.mx



**M.C. Alma Yadira Martínez
Rendón**

Egresada de la Facultad de Ciencias (UNAM) donde realizó estudios fisiológicos en plantas cultivadas *in vitro*, Maestra en Ciencias Biológicas por el Instituto de Ecología (UNAM), analizando efectos fisiológicos de metales pesados en plantas tolerantes. Fue docente de asignatura en la UNAM, así como asistente de investigación en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) estudiando las bases estructurales y fisiológicas que determinan la longevidad de semillas de especies forestales recalcitrantes. Actualmente se desempeña como Técnica Académica del Instituto de Biología (UNAM), en el Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales UNAM-Tlaxcala.
Email: alma.martinez@ib.unam.mx