



## Innovaciones Biotecnológicas como Estrategia de Adaptación ante el Cambio Climático

Trujillo, I<sup>1</sup>; Pérez, O<sup>1</sup>; Silva, A<sup>1</sup>; Camacho, C<sup>1</sup>; Salazar, E.<sup>2</sup>  
[iselen03@yahoo.com](mailto:iselen03@yahoo.com), [perezc.orquidea@gmail.com](mailto:perezc.orquidea@gmail.com), [adriana.asilva@gmail.com](mailto:adriana.asilva@gmail.com)

<sup>1</sup> Centro de Estudios para el Desarrollo Agroecológico Tropical-CEDAT. Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos-IDECYT. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNESR). Altos de la Mariposa, sector El Cují. Caracas.

<sup>2</sup> Unidad de Biotecnología Vegetal. CENIAP. INIA: Maracay, Venezuela.

Historia del Artículo

Recibido 25 de Abril de 2018

Aceptado 23 de Mayo de 2018

Disponible online: 29 de Mayo de 2018

**Resumen:** El ser humano ha visto la necesidad de hacer cambios para mejorar y optimizar los procesos de producción y distribución de alimentos, a través de un modelo conservacionista. Los países subdesarrollados, han tenido dificultades para implementar una agricultura sustentable a través de un enfoque agroecológico, lo que genera una amenaza, ya que no se garantiza el acompañamiento técnico a los pequeños y medianos productores, específicamente, en el compromiso que tienen los investigadores en tener la capacidad de traducir los conocimientos adquiridos en la academia, para realizar innovaciones agrícolas, a fin de garantizar la soberanía alimentaria de un país. En la actualidad, se ha planteado el concepto de innovación tecnológica, como la interacción exitosa de tecnologías y prácticas, adquiridas por nuevos conocimientos y esquemas mentales, que conlleva a nuevas formas de organización social, donde destacan los sectores de mercado, ambiente, políticas y marco regulatorio, y ciencia y tecnología. El cambio climático ha generado variaciones en el clima a nivel global, desembocando en problemas graves para el planeta. Entre las medidas que se han señalado para actuar sobre los efectos de este cambio climático, se plantea identificar alternativas que garanticen propuestas económicas rentables, socialmente aceptables y ambientalmente responsables. De allí la importancia del enfoque agroecológico en el desarrollo de una agricultura sustentable, con sistemas integrados de producción vegetal y animal que permitan satisfacer necesidades en el mediano y largo plazo. Sin embargo, no existe una infraestructura adecuada para establecer este enfoque, haciendo necesario el empleo de innovaciones tecnológicas, donde la biotecnología tiene un papel primordial, para favorecer el aprovechamiento de los recursos naturales que se dispone en la región, elevando la productividad de alimentos y materias primas, hacer eficiente el tratamiento de los desechos agroindustriales y urbanos, y generando productos para los sectores de salud y ambiente.

**Palabras Clave:** Innovación, sustentabilidad, cambio climático, agroecología.

### Biotechnological Innovations as Adaptation Strategy for Climate Change

**Abstract:** The human being has seen the need to make changes to improve and optimize the processes of production and distribution of food, through a conservationist model. Underdeveloped countries have had difficulties implementing sustainable agriculture through an agroecological approach, which creates a threat, since technical support to small and medium producers is not guaranteed, specifically, in the commitment that researchers have in have the ability to translate the knowledge acquired in the academy, to make agricultural innovations, in order to guarantee the food sovereignty of a country. At present, the concept of technological innovation has been raised, such as the successful interaction of technologies and practices, acquired by new knowledge and mental schemes, which leads to new forms of social organization, where the market, environment, political and economic sectors stand out. regulatory framework, and science and technology. Climate change has generated variations in global climate, leading to serious problems for the planet. Among the measures that have been indicated to act on the effects of this climate change, it is proposed to identify alternatives that guarantee profitable, socially acceptable and environmentally responsible economic proposals. Hence the importance of the agroecological approach in the development of a sustainable agriculture, with integrated systems of vegetable and animal production that allow to satisfy needs in the medium and long term. However, there is no adequate infrastructure to establish this approach, making necessary the use of technological innovations, where biotechnology plays a key role, to favor the use of natural resources available in the region, increasing food productivity and raw materials, make efficient the treatment of agroindustrial and urban waste, and generating products for the health and environment sectors.

**Keywords:** Innovation, sustainability, climate change, agroecology.

## I. INTRODUCCION

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [1], la ciencia ha podido determinar que la tierra ha sufrido una elevación de su temperatura promedio y que con toda probabilidad esto se debe a un aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero a lo cual contribuye la actividad humana. Se reconoce que este aumento es imposible de evitar y que las medidas de adaptación al cambio tienen que aumentar en todo el mundo.

Una atmosfera más cálida retiene mas humedad, llega a ser menos estable, produce más precipitaciones y acelera la evaporación. El efecto neto de estos cambios será una disminución de la cantidad y calidad del abastecimiento de agua. Las predicciones bajo diversos escenarios concluyen que las precipitaciones y la escorrentía aumentarán en latitudes altas y en algunas regiones tropicales particulares, mientras que en regiones mediterráneas y casi todo el trópico seco, disminuirán. El efecto positivo de mayor cantidad de agua se predice que será contrarrestado por los problemas asociados a inundaciones y deslizamientos de tierra. A nivel regional, es más difícil predecir la manera en que se presentará el cambio climático. Sin embargo, en los últimos años se han logrado avances importantes. Por ejemplo, se ha llegado a la conclusión de que los bosques tropicales, la amazonia oriental y la zona central y meridional de México probablemente sean sustituidos por sabanas. Parte del Nordeste de Brasil y la mayor parte de la región central y septentrional de México serán más áridas debido a una combinación de cambio climático y explotación de las tierras por el hombre.

El cambio climático alterará cada vez más la distribución de vectores de enfermedades en humanos, animales y plantas de cultivo [2]. En estas enfermedades los mecanismos involucrados en su aparición o reaparición son complejos. La prevalencia de la infección depende de la interrelación entre hospedador, patógeno y vector, por lo que cualquier cambio climático que afecte a cualquiera de los elementos que conforman esta relación triangular afectará la epidemiología de la

enfermedad [3]. Si bien existe una cantidad considerable de literatura que afirma que hay una incidencia directa del cambio climático sobre enfermedades humanas transmitidas por vectores [2], es muy poco lo que se ha reportado sobre el impacto que tienen estos cambios de temperatura ambiental sobre la propagación o emergencia de enfermedades que afectan la salud animal, donde plagas que las transmiten se ven afectadas [2]. Estudios recientes han establecido una conexión entre los parámetros históricos climáticos y las plagas agrícolas [4].

Las comunidades más pobres serán las más vulnerables a los efectos del cambio climático ya que cuentan con menos recursos para invertir en prevención y mitigación. Algunas de las poblaciones que presentan los mayores riesgos son los agricultores de subsistencia, los pueblos indígenas y las poblaciones costeras y de montaña. Estas últimas han recibido particular atención por parte de la Organización de la Naciones Unidas, que declaró el 2002 como el año Internacional de las Montañas [1], con el motivo de crear conciencia internacional sobre la importancia que tienen esas regiones para el desarrollo de la humanidad y para resaltar las condiciones de vulnerabilidad. Efectivamente, las montañas alojan una importante diversidad genética de plantas de cultivo, juegan un papel importante en la captación y almacenamiento de agua potable y para riego. La degradación ocasionada por la deforestación, por avance de la frontera agrícola o por minería atenta de varias maneras a sus pobladores. La erosión resultante transforma los suelos y conlleva riesgos de deslizamiento e inundaciones. La creciente demanda de agua, las consecuencias del cambio climático, el crecimiento del turismo, la presión de la industria y la agricultura constituyen retos que amenazan el desarrollo sostenible en las regiones de montaña.

Los ecosistemas terrestres constituyen una vasta reserva de más de 2000 Gt C y actúan como un sumidero neto de carbono de alrededor de 1.5 Gt C al año, de la cual, los bosques tropicales representan una gran proporción [5], [1]. En estos niveles, el secuestro equivaldría a una reducción en la

atmósfera de CO<sub>2</sub>, procedente de emisiones antropogénicas [6]. Si no se adoptan políticas eficaces y medidas para desacelerar la deforestación, es probable que la tala de bosques tropicales libere de 87 a 130 Gt C adicionales para 2100, lo que equivale a las emisiones de carbono de más de una década de quema de combustibles fósiles en el mundo, al ritmo actual [7]. Desde luego, si se eliminara la deforestación, se evitarían estas emisiones. Sin embargo, aun partiendo de suposiciones más conservadoras para la reducción de la deforestación (que las tasas de deforestación observadas en los años noventa decrezcan de manera lineal 50 por ciento de 2010 a 2050, y que se detenga por completo cuando en cada país quede 50 por ciento de áreas originalmente forestadas en 2000), se podría lograr una reducción de emisiones acumulada de 50 Gt C para 2100 [7].

Comprender los motivos que provocan la deforestación y degradación de los bosques ha adquirido una importancia renovada ya que la atención de los políticos y la opinión pública se ha reenfocado sobre los bosques como consecuencia de la apreciación de su renovado papel en la mitigación y adaptación al cambio climático. La Revisión, un informe publicado por el Gobierno del Reino Unido analizando la economía del cambio climático, enfatiza la prevención de la deforestación como uno de los cuatro elementos clave para los futuros marcos internacionales de cambio climático. El argumento esgrimido para la inclusión de los bosques en un acuerdo futuro sobre el clima es doble: los bosques son los mayores emisores no incluidos en el actual acuerdo de Kioto, y el costo de reducir las emisiones es comparativamente favorable comparado con otros sectores [8].

En algunos sistemas, las interacciones de interferencia entre algunas especies para cultivo y árboles plantados como parte de las medidas agroforestales pueden tener un impacto negativo en el rendimiento del suelo. En estas circunstancias, tal vez lo mejor sea una solución intermedia, tratando de acumular cantidades razonables de carbono y no las máximas, al tiempo que se asegura la rentabilidad de los cultivos agrícolas [9].

Es clara la necesidad de mantener grandes extensiones de tierra para uso agrícola, pero también es posible que el área requerida para la producción alimentaria se estabilice en el futuro. Las mayores ganancias, fácilmente alcanzables, con el almacenamiento de carbono se encuentran en los sistemas agrícolas, donde hay un considerable potencial para mitigar las emisiones de carbono estimado en alrededor de 0.6 Gt CO<sub>2</sub> al año para 2030 [10].

Si en el sector agrícola se adoptaran ampliamente prácticas de gestión óptimas, se calcula que se podrían secuestrar de 5.5 a 6 Gt CO<sub>2</sub> al año para 2030, cantidad comparable con las emisiones de ese sector. Alrededor de 90 por ciento de este potencial podría lograrse mediante la mejora de los sumideros de carbono [11], y aproximadamente 10 por ciento mediante la reducción de emisiones. La mayor parte (70 por ciento), puede llevarse a cabo en los países en desarrollo [11].

La mayor posibilidad de mitigación radica en la gestión de las tierras de cultivo y de pastoreo, y en la rehabilitación de suelos orgánicos cultivados y tierras degradadas.

Para enfrentarse a las limitaciones actuales y potenciales de los recursos suelo y agua, y las posibles influencias del cambio climático global, se requiere con urgencia aproximaciones nuevas e integrales para el manejo sustentable del suelo, haciendo énfasis en el enfoque agroecológico [12, 13], de manera de incrementar el potencial del suelo para el secuestro de carbono [13,14], favorecer su protección, y en general, disminuir los procesos de degradación, con el objetivo de potenciar el papel del suelo como amortiguador del cambio climático.

La conservación y aprovechamiento de la diversidad biológica constituye un pilar fundamental para el desarrollo de la sociedad debido al potencial de recursos tangibles e intangibles que de ella se pueden obtener, tales como plantas cultivadas, animales domésticos, diversidad biológica silvestre y los conocimientos asociados a todos estos recursos (recursos intangibles). La diversidad biológica suministra diversos recursos tales como: madera, frutas, plantas medicinales, productos de caza y pesca e insumos para la

biotecnología, la cual genera nuevos productos y procesos [15].

Queda claro que hace falta la implementación de medidas tanto de mitigación como de adaptación al cambio climático ineludible. Las estrategias son de múltiple naturaleza, incluyendo aspectos de gran magnitud como planes de reforestación, económicas como el pago por secuestro de carbono, biotecnológicas para la propagación de plantas y aproximaciones nuevas e integrales para el manejo sostenible de las tierras, haciendo énfasis en el enfoque agroecológico [12, 13].

Aunque no existen datos específicos cuantificados para el área de estudio, si se conoce que para el resto de la Cordillera de la Costa, la deforestación ha sido responsable de la destrucción del bosque original, especialmente por cultivos tipo conucos, asentamientos siguiendo las vías de comunicación por la construcción de instalaciones turísticas cercanas a las ciudades grandes que generalmente incluye la construcción de vías en áreas previamente inaccesibles, así como fuegos estacionales intencionales y naturales [16].

Específicamente, en Venezuela la experiencia de la actividad turística ha sido calificada durante mucho tiempo como una amenaza, pero en el quinquenio comprendido de 2002 al 2006, se ha presentado en el país un conjunto de acciones que el contexto social y económico representan perspectivas para el desarrollo del turismo, favoreciendo la inclusión de los ciudadanos venezolanos en el disfrute del patrimonio turístico, mediante procesos participativos, de autogestión y cogestión a través de procesos de sensibilización, formación y capacitación en un marco de corresponsabilidad y equidad social, bajo criterios de desarrollo endógeno como ámbito de acción prioritaria. Sin embargo, todas estas acciones deben concretarse dirigidas a un desarrollo sustentable, sin constituirse en una amenaza para la zona.

Las amenazas señaladas anteriormente pueden incrementarse bajo los escenarios de cambio climático que probablemente impliquen un impacto tanto para los recursos

naturales como para las comunidades agrícolas y urbanas.

En general, en todos los Altos Mirandinos la conservación de la naturaleza está amenazada por el crecimiento tanto de la agricultura como de los usos urbanos y residenciales. Aquí, la reducción de las coberturas naturales afecta principalmente a los Bosques nublados y semidecíduos, los cuales representan un recurso natural valioso en términos de biodiversidad y por su papel en los ciclos naturales, especialmente en el hidrológico. Esta amenaza se evidencia en las potencialidades de las áreas cubiertas de vegetación natural, para otros usos: Cerca del 26% del área bajo bosques densos o nublados es apta para la horticultura y un 36% para la construcción de viviendas en las regiones periurbanas del Valle de Caracas.

La Cordillera de la Costa, en su región central, constituye desde el punto de vista estratégico una región de gran importancia puesto que es el enclave de los desarrollos urbanos con mayor población del país. Por otra parte contiene extensos ecosistemas de bosques montanos que son reservorio de biodiversidad y de nacientes de cuencas hidrográficas de las cuales se surten las comunidades de la región, al mismo tiempo que son soportes y reguladores de ciclos biogénicos que impactan directamente en los niveles de gases invernaderos a escala global. En ese sentido, la extensión de la territorialidad demográfica a costa de importantes afectaciones de los ecosistemas de bosques, disminuyen la potencialidad de estos ecosistemas en ayudar a mitigar el cambio climático. Inevitablemente las consecuencias de ello se revierten negativamente en la calidad de vida de las poblaciones urbanas y rurales de esta región, en su proceso de obtención de alimento y en el logro de un lugar adecuado para vivir. No obstante, es posible aplicar estrategias de manejo basadas en la conservación de la biodiversidad y de recursos como suelos y agua, que permitan la obtención sustentable de alimento en ecosistemas de bosques montanos. Esta propuesta se orientó a tres comunidades, cercanas al Parque Nacional Macarao, ubicadas en ecosistemas de bosques montanos de la Cordillera de la Costa, con

distintas formas de relación hombre-naturaleza y de organización social para la producción, lo cual incidirá en la forma de mitigar y de adaptación al cambio climático a través del uso y manejo de la tierra en estos ambientes frágiles con un alto potencial ecológico.

### Metodología

El área de estudio comprende una región montañosa en la zona Central de la Cordillera de la Costa en las laderas que se orientan hacia el Sur. Las altitudes oscilan entre los 800 y 2.098 msnm. Las mayores altitudes son el Pico Alto Lagunazo y Alto Ño León. El área de interés interior de unos 800 Km<sup>2</sup>, incluyendo parte de los Municipios Los Salías, Guaicaipuro y Carrizal. Entre los 10°26,733 N, 67°21,058 O y los 10°18,342N, 66°46,695 O.

Se trabajará fundamentalmente con cuatro comunidades ubicadas en:

San Pedro de los Altos

El Jarillo (Quebrada Honda)

Cocorote (San Diego de los Altos)

Laguneta de la Montaña.

Gran parte de estas comunidades son de naturaleza rural, dedicadas a actividades agrícolas de subsistencia y comercial, actividades de servicio a Los Teques, San Antonio de los Altos, Carrizal y Caracas. Las actividades turística y educativa también son importantes en la zona.

Con el fin de llevar a cabo los objetivos planteados, se establecieron cuatro etapas del proyecto:

1) Diagnóstico y caracterización: Cualquier propuesta y estrategia para la mitigación y adaptación en las comunidades; ya sea con fines de producción de alimento o de conservación y restauración de la vegetación, debe contar con la participación protagónica de los agricultores y otros miembros de la comunidad. En ese sentido el conocimiento holístico de todos los actores involucrados generado por la comprensión de los procesos agronómicos, biológicos, ecológicos, económicos y socioculturales involucrados en el rediseño de los sistemas de producción es fundamental para el éxito de la transición de

prácticas convencionales hacia agroecológicas. De este modo, la sistematización y el análisis de las tecnologías y los procesos empíricos desarrollados por los agricultores constituyen un acervo imprescindible para la construcción de diseños de agroecosistemas en la perspectiva de la transición agroecológica [13].

2) Determinación y definición de indicadores: resulta indispensable el diagnóstico y monitoreo de los agroecosistemas a través de la evaluación mediante el uso de indicadores, los cuales constituyen una buena herramienta para agregar y simplificar la información de naturaleza disímil de una forma útil y ventajosa. Los indicadores sirven para monitorear si los cambios dados en un determinado agroecosistema cursan en función del mantenimiento de la calidad de sus recursos y de sus alcances socioeconómicos, como también para definir, con base al conocimiento del funcionamiento del ecosistema, políticas de desarrollo sostenible para el uso de agroecosistemas. Dependiendo de estos objetivos, la selección de los indicadores puede variar. Considerando las propiedades estimadas en la línea base en el diagnóstico de los recursos, se seleccionarán aquellas que pueden servir como indicadoras de susceptibilidad al cambio climático, usando como patrón de referencia los sistemas controles de vegetación natural. Se aplicarán distintas herramientas estadísticas para tal fin.

3) Desarrollo de estrategias: estas actividades estarán estrechamente conectadas con las planteadas en el diagnóstico y caracterización de las prácticas agrícolas y del manejo de los recursos, puesto que se hará con los diferentes actores involucrados en el proceso de producción.

#### a.- Propagación de especies seleccionadas para conservación y restauración como estrategia de mitigación y adaptación ante el cambio climático

El cultivo *in vitro* de un órgano o de un fragmento de un órgano, con el objeto de lograr su reproducción vegetativa, se desarrolla siguiendo una estrategia constituida por tres pasos esenciales: la iniciación del cultivo en condiciones *in vitro*, la

multiplicación activa de las estructuras capaces de desarrollarse como individuos idénticos a la planta donante, y el paso de la heterotrofia a la autotrofia, con la consiguiente adaptación de las plántulas obtenidas, a las condiciones de cultivo *in vivo*. Para el proceso de propagación *in vitro* de las especies seleccionadas, se realizará el establecimiento de protocolos, mediante tres vías alternativas para las especies herbáceas: micropropagación a través de meristemos o inducción de yemas pre-existentes, organogénesis y embriogénesis somática [17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23].

#### Etapas del cultivo *in vitro*

**Etapas de iniciación:** se tomaron segmentos de tallo de 15 a 20 cm aproximadamente de largo, con yemas axilares (microesquejes), considerando los de brotes jóvenes en el caso de orégano orejón (*Coleus blumei* (L.)R.Br.), acetaminofén (*Plectranthus neochilus* (L.)Her.) y ajenjo (*Artemisia absinthium*)

**Desinfección de los explantes:** en esta fase, fue necesario desinfectar las muestras para realizar el cultivo *in vitro*, donde se realizaron tres protocolos de desinfección a los explantes vegetales seleccionados.

**TABLA A. Plantas recolectadas para establecimiento del cultivo *in vitro* en las comunidades seleccionadas de los Altos Mirandinos,**

| Nombre de la planta | Nombre científico             |
|---------------------|-------------------------------|
| Ajenjo              | <i>Artemisia absinthium</i>   |
| Acetaminofén        | <i>Plectranthus neochilus</i> |
| Orégano orejón      | <i>Coleus blumei</i>          |

#### Condiciones del cultivo

Se le realizaron cortes a los explantes en la cámara de flujo laminar, donde todos los procedimientos se realizaron bajo condiciones asépticas; en el caso del orégano orejón (*Coleus blumei* (L.)R.Br.) y acetaminofén (*Plectranthus neochilus* (L.)Her.), se sometieron a un tratamiento antioxidante, sumergiéndolos en una solución con agua estéril de cisteína y ácido ascórbico a una concentración de 50 mg/L, donde permanecieron por un periodo de 1 minuto, para luego ser transferidos a cámara e

inoculados en el medio de cultivo. Para las diferentes especies, se emplearon diferentes reguladores de crecimiento en los medios de cultivo señalados en Tabla B.

**TABLA B. Composición hormonal de medio de cultivo de las plantas seleccionadas para el cultivo *in vitro***

| Nombre común de la planta | Reguladores de crecimiento empleados en el medio de cultivo       |
|---------------------------|---|
| Ajenjo                    | 0,5 BA<br>(Bencilaminopurina)                                     |
| Acetaminofén              | 0,5 BA<br>(Bencilaminopurina)                                     |
| Orégano orejón            | 0,5 BA<br>(Bencilaminopurina)<br>0,01 AIA<br>(Acido Indolacetico) |

El medio base que se utilizó en todos los tratamientos, fue el de sales MS 100%, [24] modificada por Linsmaier y Skoog [25]. Los medios de cultivos se enriquecieron con sacarosa (30g/L), vitaminas y reguladores de crecimiento, y solidificados con agar (8g/L). El pH de todos los medios se ajustó a 5.8 con una solución de NaOH 0,1N y/o HCl 0,1 N, antes de añadir el agar, luego se distribuyeron a razón de 10 a 15ml por frasco, y se esterilizaron en autoclave marca FANEM a 120°C y 15 libras de presión (PSI), durante 15 minutos.

Luego de la siembra, los explantes permanecieron 48 horas en la oscuridad, y posteriormente se trasladaron al cuarto de crecimiento a 23 °C y un fotoperiodo de 16 horas bajo luz blanca fluorescente continua y 8 horas de oscuridad. La intensidad de iluminación fue aproximadamente 50  $\mu\text{molm}^{-2}\text{seg}^{-1}$ . Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 15 repeticiones por protocolo desinfección y especie vegetal, las evaluaciones se efectuaron semanalmente cuantificando las variables: presencia y/o de brotes, callo; presencia de contaminación

microbiana (hongos, bacterias) y presencia de oxidación.

Etapa de multiplicación: luego de cumplida la etapa de iniciación, los explantes, se transfirieron al medio MS (1962) [24] modificado por Linsmaier y Skoog (1965) [25], enriquecidos con sacarosa (30 g/L), suplementado con tiamina (1,5mg/L), y BA (2mg/L) y solidificada con agar. Todos estos procedimientos en cámara de flujo laminar y bajo condiciones asépticas. Para esta permanecieron en cuarto de crecimiento a 23 °C y un fotoperiodo de 16 horas bajo luz blanca fluorescente continua y 8 horas de oscuridad. La intensidad de iluminación fue aproximadamente 50  $\mu\text{molm}^{-2}\cdot\text{seg}^{-1}$ . Una vez por semana se realizaron observaciones en relación a: presencia y/o de brotes, callo; aparición de contaminación (hongos, bacterias) y presencia de oxidación

b.- Establecimiento de viveros agroforestales.

Se planteó un diseño bajo los criterios de la agroforestería o con combinación equilibrada de cultivos agrícolas con bosque natural o plantado, así como también el silvopastoreo o mezcla de árboles con pastos. Se plantea la inclusión de especies medicinales y aromáticas en los mismos. Serán realizados de acuerdo a las características locales de cada zona de estudio.

c.- Selección de materiales promisorios con resistencia o tolerancia a enfermedades en cultivos y producción in vitro de los mismos como alternativas de mitigación ante el cambio climático.

Se realizó elección de materiales promisorios de especies seleccionadas en las zonas de estudio con resistencia o tolerancia a enfermedades para comunidades productoras de rubros específicos mediante procesos de mejoramiento vegetal: variación somaclonal a través de la inducción de multiyemas, mutaciones *in vitro* en brotes y protocolos de selección *in vitro* para obtener materiales resistentes o tolerantes a enfermedades presentes en las zonas de estudio [20, 26].

Se ha planteado el aumento de la producción agrícola y de su eficiencia, a través de la producción acelerada por cultivo *in vitro* de materiales seleccionados, mediante propagación *in vitro* a través de meristemos o

inducción de yemas pre-existentes, lo que asegura una mayor estabilidad genética, requerida de forma indispensable para mantener características seleccionadas. El material vegetal obtenido por procesos de propagación clonal será procesado a fin de estimar la variabilidad genética producto del cultivo *in vitro*. Para este proceso se utilizarán marcadores moleculares tipo RAPD [27, 28].

La presente investigación utilizó como materiales de investigación plantas de *Musa AAA cv. 'Pineo gigante'* presentes en la colección de germoplasma del INIA-CENIAP para los experimentos de la fase de dosimetría.

d.- Empleo de extractos vegetales como control de enfermedades en cultivos agrícolas

Para contrarrestar el uso de pesticidas químicos, se requiere crear alternativas cuyo uso proviene del importante conocimiento tradicional sobre las plantas medicinales o aromáticas, y su utilización responde a necesidades sociales, económicas y culturales de poblaciones locales, previniendo las fluctuaciones en el equilibrio del ecosistema y todos los daños que pueda traer el uso de este tipo de agentes de control [30, 31, 32].

Se colectaron plantas de Ortiga (*Urtica dioica* L); Cilantro (*Coriandrum sativum*) y Sábila (*Aloe vera*), las cuales se procesaron en muestra seca.

La metodología utilizada para la preparación de extractos vegetales muestra seca [29] con modificaciones, en la cual, se colecta la muestra, y se divide en secciones la planta colectada. En el caso de la Ortiga (*Urtica dioica* L) y Cilantro (*Coriandrum sativum*), puede separarse cada una en hojas, raíz, tallo y florescencia, luego se coloca en la estufa a 70°C durante tres días, posteriormente, se molieron las hojas de las muestras seca con una licuadora, luego, se agregó 1 L de agua a 5 g de muestra seca molida, y se licuó por 5 minutos, finalmente se filtró en un colador rígido y posteriormente en uno de tela, hasta obtener el extracto vegetal acuoso, el cual puede diluirse en diversas concentraciones.

En relación a la sábila (*Aloe vera*), se hicieron las colectas, y se seco el material vegetal, pero no se han preparado los extractos vegetales en materia seca, ya que por su

morfología, la extracción es más compleja, y se deben verificar varias metodologías, destacando el método descrito por Rodríguez y Sanabria [30].

En este proyecto, las experiencias en relación a este punto, se llevaron a cabo en la unidad agrícola Frutiagro, donde tienen establecidas siembras de cebollín, tomate y pimentón, de los cuales, el tomate tiende a ser el más afectado por el ataque de plagas y enfermedades, especialmente la variedad Cherry por *Fusarium sp.*, *Mildiu sp.*, y *Phytophthora sp.*

4) Fortalecimiento de capacidades y formación de redes, las cuales se desarrollaran a través de las actividades relacionadas con cada área de estudio: Se plantea realizar la integración de experiencias con los actores relacionados a los sistemas productivos donde se desarrollará la investigación desde las diferentes fuentes del conocimiento, local y técnico, con el fin de optimizar las propuestas para la adaptación y mitigación **en comunidades de montaña de la región de la Cordillera de la Costa** frente al cambio climático global. Para ello se plantea la realización de charlas y encuentros para el intercambio de saberes, módulos instruccionales para la elaboración de cursos y talleres sobre temas de interés y la preparación de material divulgativo y apoyo para las comunidades de las zonas seleccionadas.

## II. RESULTADOS

Los resultados derivados de los procesos de diagnóstico y selección de indicadores, nos llevaron a la ejecución de alternativas relacionadas con innovación tecnológica como estrategias de adaptación ante el cambio climático.

a.-Propagación de especies seleccionadas para conservación y restauración como estrategia de mitigación y adaptación ante el cambio climático Las técnicas biotecnológicas contribuyen de forma positiva y significativa en los programas de conservación, mejoramiento y propagación de especies vegetales, se fundamenta como base para el desarrollo de una sociedad debido al potencial de los recursos que se pueden obtener de ellas. La diversidad biológica

suministra diversos recursos entre los cuales se tienen: frutas, plantas con propiedades medicinales, madera e insumos biotecnológicos que posteriormente generaran nuevos productos y procesos [31].

Roca [32], señala que la biotecnología vegetal ha desarrollado numerosas herramientas para la resolución de muchos problemas biológicos, y una alternativa que ha contribuido a soluciones con enorme potencial comercial. Es por esta razón, que el sector de la investigación científica, que involucra la biotecnología, avanza a pasos gigantescos, y ha sido definida con variedad de términos y de forma extensa como “cualquier técnica que use organismos vivos o parte de ellos, para hacer o modificar productos , mejorar plantas, animales, y desarrollar microorganismos para usos específicos.

Lindsey [33] y Romero [34], hacen referencia a algunos de los beneficios que la biotecnología ha logrado mediante diversas investigaciones, que han generado aportes a grandes problemáticas en el mundo como lo es la resistencia a las enfermedades, reducción del uso de pesticidas, alimentos más nutritivos, tolerancia a los herbicidas, cultivos de crecimiento más rápido y de calidad, llegando como innovación científica y tecnológica que influye en distintas dimensiones involucrando varias disciplinas de la ciencia como: biología, química, genética, virología, agronomía, fisiología, ingeniería, bioquímica, medicina, entre otras, y como alternativa a muchos problemas que acarrea el cambio climático no escapa de ella.

La propagación vegetativa *in vitro* habitualmente denominada propagación clonal o micropropagación, consiente en clonar en corto tiempo y bajo condiciones bien establecidas un gran número de especies. Es un procedimiento importante para la selección, producción de planta, y para la investigación en biología vegetal [35].

La propagación *in vitro* está referida al método en el cual a partir de un segmento (meristemo, yema, y microesquejes) de la planta se obtienen múltiples plantas idénticas a las mismas [36]. Al respecto, cabe destacar que según Levitus *et al.* [37], señalan que la



propagación *in vitro* presenta cinco etapas siendo:

### ***Etapa 0 Preparación del material vegetal***

La correcta elección y preparación del explante, incide directamente sobre la calidad del mismo y su respuesta frente a los principales problemas de contaminación con microorganismos. Los factores que influyen en la calidad del explante son: el tipo de órgano que sirve como explante, la edad ontogénica y fisiológica del mismo, el tamaño y el estado sanitario de la planta donante. Esta debe elegirse en base a una selección positiva para las características agronómicas deseables. Una vez seleccionados los individuos, es preciso definir el tipo de explante a establecer en condiciones *in vitro*. A fin de lograr explantes de óptima calidad es conveniente hacer crecer las plantas por un tiempo mínimo en condiciones de invernadero, de esta forma es posible incidir directamente sobre el estado sanitario y la calidad de los explantes mediante el control de la intensidad lumínica, temperatura y reguladores de crecimiento. Como regla general, se puede decir que cuanto más joven e indiferenciado se encuentre el explante a cultivar, mejor será su respuesta. Es por ello que los meristemas apicales y axilares son ampliamente usados en numerosas especies. En líneas generales, esta etapa es previa al cultivo *in vitro*, donde se contempla el pretratamiento del material inicial para mantenerlo libre de patógenos y en las mejores condiciones fisiológicas. En esta etapa, el estado fisiológico y nutricional de la planta donante es fundamental para el éxito del proceso *in vitro*.

### ***Etapa I Establecimiento del cultivo***

El objetivo de esta etapa, es establecer cultivos viables y asépticos, dicho éxito está determinado por la calidad de explante a utilizar. Los principales procesos a controlar son la selección, el aislamiento y la esterilización de los explantes. En esta fase, el explante a utilizar se corta progresivamente, y se le realiza el proceso de desinfección, posteriormente se inocular al medio de cultivo, para que así se dé el inicio del establecimiento. Es importante el balance apropiado de las hormonas vegetales, como lo

son las auxinas y citoquininas en el medio de cultivo, para obtener plantas a partir de microesquejes, yemas axilares y apicales.

### ***Etapa II Multiplicación***

En esta etapa, el objetivo es mantener y aumentar la cantidad de brotes para los nuevos ciclos de multiplicación sucesivos (subcultivos). Es decir los vástagos inducidos en la etapa anterior, son multiplicados por medio de la inducción de brotes adventicios nuevos y estos a su vez son pasados a medios frescos siendo sub-cultivados para inducir nuevos brotes en condiciones de asepsia hasta alcanzar la cantidad de brotes deseados. Este incremento de producción de yemas y desarrollo de las existentes es alcanzado por la concentración de citoquininas.

### ***Etapa III Enraizamiento***

En esta etapa, los tallos o brotes obtenidos por las fases anteriores son tratados para inducir la formación de raíces adventicias. El enraizamiento puede realizarse tanto *in vitro* como *in vivo*; en la primera usando reguladores de crecimiento, involucrando el uso de auxinas, dado que ésta promueve la formación de raíces laterales y adventicias. Se atenúa que el uso de auxinas a elevadas concentraciones es contraproducente porque induce a la formación de callo en la base de las estacas por ende la importancia de manejar un protocolo dependiendo de cultivo. Mientras que en el enraizamiento *in vivo*, tiene ventajas dado que el enraizamiento y aclimatación se realizan simultáneamente. Sin embargo, el estrés asociado con la transpiración acelerada de las plantas durante las etapas iniciales del trasplante, puede reducir considerablemente la tasa de supervivencia.

### ***Etapa IV Aclimatación***

Durante el periodo de aclimatación, los cultivos son expuestos a condiciones ambientales diferentes al ambiente externo. La atmósfera interna se caracteriza por presentar humedad relativa elevada, temperatura constante e intensidad lumínica baja. A su vez, el medio de cultivo compuesto por concentraciones elevadas de azúcares, sales, y reguladores de crecimiento sumado a la ausencia de microorganismos, pueden

generar anomalías morfológicas anatómicas y fisiológicas que las plantas, que deberán corregir cuando sean transferidas al ambiente externo. En esta etapa, la estrategia a implementarse deberá contemplar el control minucioso de los parámetros ambientales (humedad, temperatura, luz), de tal manera que permita disminuir la deshidratación, y estimular la fotosíntesis con el objeto de generar un rápido crecimiento de las plantas.

Los procesos de propagación *in vitro* realizados en esta investigación, se centraron en procesos de micropropagación y organogénesis *in vitro*. Jiménez [38], define la organogénesis como un evento morfogénico que se caracteriza por un desarrollo unipolar, es decir, la formación de un primordio unipolar a partir de una yema con el subsecuente desarrollo de éste en un brote vegetativo, en conexión permanente entre los nuevos brotes y el tejido paterno, donde los brotes pueden formarse directamente del explante o indirectamente a partir de los callos. En la organogénesis indirecta, la estrategia es inducir un callo, estimular la formación de brotes o raíces sobre el callo y posteriormente remover los brotes y raíces de él para subcultivarlos de forma aislada [36].

El Banco de Germoplasma desde los inicios del hombre ha dependido básicamente de los vegetales como fuente de energía. Con el incremento desmesurado poblacional, se han desarrollado técnicas de explotación, principalmente agropecuarias, las cuales han contribuido a la destrucción de grandes extensiones de bosques que ha conllevado a colocar en riesgo la biodiversidad de muchas especies vegetales y animales. Según señala un informe publicado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF): “la acelerada pérdida de la biodiversidad plantea una grave amenaza al bienestar de la humanidad” a fin de que ha conducido a impactos directos sobre la diversidad biológica que ha crecido desmesuradamente a causa de patrones mundiales de consumo, producción y comercio; a los asentamientos agrícolas industriales y humanos, al desarrollo y al crecimiento de la población [39].

Por consiguiente, conservar la diversidad dentro de las plantas cultivadas es muy importante, porque de esto depende su supervivencia y su capacidad para responder a los retos de un ambiente cambiante. La biotecnología puede contribuir a la conservación de estas especies en dos formas: en la caracterización del germoplasma: determinando marcadores moleculares para las variedades y estableciendo procedimientos para determinar parentescos y en la conservación de plantas en bancos de germoplasma. [22].

Levitus *et al.*[37] explica que los métodos de conservación de germoplasma se pueden dividir en: métodos de conservación *in situ* y métodos de conservación *ex situ*, donde los primeros se fundamentan en la conservación de las plantas en sus hábitat natural, incluyendo la conservación en parques nacionales y en reservas ecológicas, donde se les dé un manejo integrado y continuidad al mismo; el segundo método *ex situ*, se basa en el mantenimiento del material biológico en bancos de semilla, bancos de cultivo *in vitro* colecciones de plantas (en campos, viveros, jardines botánicos). En general los bancos de germoplasma *ex situ* constituye una estrategia conveniente para la conservación *ex situ* permitiendo almacenar gran variabilidad genética, y especies en peligro de extinción de forma que garantiza la biodiversidad, pudiendo tener altas cantidades en espacios reducidos.

La utilización de plantas medicinales está basada en la experiencia y forma parte del acervo cultural de cada pueblo constituyendo un recurso que se perpetúa dentro de las comunidades. Con la llegada de las medicinas de síntesis química, su rápido desarrollo en una poderosa industria farmacéutica mundial y su adopción por parte de la medicina moderna, durante el pasado siglo, se relegaron al desuso algunas prácticas médicas tradicionales [40].

Bermúdez, Miranda y Velázquez [41] hacen énfasis en la necesidad de sumar esfuerzos para evitar la pérdida definitiva del conocimiento tradicional sobre plantas medicinales, no solo para preservar la herencia cultural, sino también para registrar

información sobre especies útiles, que podrían ser relevantes para el desarrollo de nuevas fuentes de medicamentos y de otros beneficios para la humanidad, contribuyendo a la protección de la biodiversidad. Brucato [36] discute la importancia de los cultivos de plantas con propiedades medicinales, puesto que las mismas constituyen un campo de enorme potencial en investigaciones de diversas índoles, ya que son recursos fitogenéticos de gran importancia, que adicionalmente constituyen un eje fundamental para la atención primaria de salud para un porcentaje importante de la población. Por otra parte, aunque no existen datos precisos para evaluar la extensión del uso global de las plantas medicinales, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que más del 80% de la población mundial, especialmente en los países en vías de desarrollo, utiliza la medicina tradicional para sus necesidades de atención primaria de salud, y que gran parte de los tratamientos involucran el uso de extractos de plantas o sus principios activos[39,41].

Akerele [42] establece la importancia tanto de los extractos y productos derivados de las plantas, ya que cada vez son más valiosos como materia prima en la preparación de medicamentos modernos para la industria farmacéutica, donde países industrializados como Alemania, Francia, e Inglaterra han incrementado la demanda de este tipo de sustancias en los últimos años.

En este caso, el material vegetal es proveniente de las zonas de estudio, (Laguneta de la Montaña, San Pedro; Cocorote, Cecilio Acosta; Quebrada Onda, Jarillo del Estado Miranda, Venezuela, y mantenidas en el vivero del laboratorio de Biotecnología Agrícola del Centro de Estudios para el Desarrollo Agroecológico Tropical (CEDAT), del Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos (IDECYT), de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNESR). A partir de una planta seleccionada se obtuvieron los explantes para los procesos de propagación *in vitro*. Especies vegetales a propagar *in vitro*: orégano orejón (*Coleus blumei* (L.)R.Br.), sanguinaria (*Justicia secunda* (L.)), acetaminofén (*Plectranthus neochilus*(L.)Her.) Romero

(*Rosmariuns officinalis* (L.)), jengibre (*Zingiber officinale roscoe.*)

En las Figuras 1,2 y 3 se observan las especies de plantas seleccionadas para ser propagadas *in vitro* en las zonas seleccionadas para la investigación.



**Figura 1. Planta de Ajenjo (*Artemisa absinthium*)**



**Figura 2. Planta de acetaminofen (*Plectranthus ornatus*)**

A continuación se muestran las vitroplantas de sanguinaria (*Justicia secunda* (L.) y Orégano orejón (*Coleus blumei*) logradas a través de propagación *in vitro*.



**Figura 3. Brotes de Orégano orejón (*Coleus blumei*) obtenidos a través de cultivo *in vitro* de plantas**

Etapas de enraizamiento y aclimatación: en la etapa de enraizamiento, para las especies seleccionadas resultó ser una de las más sencillas, ya que el sistema radical de las plántulas comenzó su desarrollo al final de la etapa de multiplicación, por lo cual, no fue

necesario establecer un medio especial para la etapa de enraizamiento.

El rol de las auxinas en la iniciación y crecimiento de raíces es bien conocido, recomendándose su empleo en la mayor parte de los medios de enraizamiento, excepto en aquellas especies donde su empleo no es necesario, limitándose a la utilización en estos casos de medios simples sin ningún regulador de crecimiento, como se hizo en nuestra investigación. Para muchas especies de plantas, se ha demostrado que la auxina más importante para la inducción de raíces es el ANA [43].

Luego del proceso de enraizamiento, las plántulas fueron pasadas a un proceso de aclimatación, el cual se inició con el trasplante de las plantas obtenidas *in vitro* a vasos plásticos que contenían una mezcla de arena y tierra abonada en proporción 2:1 previamente esterilizada. Estos envases se colocaron en cajones de aclimatación que tenían una capa de viruta de aserrín, donde se registró una humedad relativa de 85 %, y una temperatura de 27 °C. Durante esta etapa, las vitroplantas fueron sometidas a fotoperíodos cortos (30 min), tres veces al día durante la primera semana. En la segunda semana, los períodos de luz se incrementaron a dos horas tres veces al día, y en la tercera semana ya las plantas fueron sometidas a un fotoperíodo de 8 h por día. Durante las exposiciones a la luz, las plantas fueron regadas con el método de “niebla” obteniéndose entre un 80-95 % de supervivencia. Posteriormente, las plantas fueron trasladadas a condiciones semi controladas al vivero del IDECYT.

La etapa de aclimatación de plantas *in vitro* consiste básicamente en el paso de un estado heterótrofo (condiciones controladas) a un estado autótrofo.

Los protocolos de propagación *in vitro* para las especies mencionadas previamente fueron establecidos con éxito, obteniendo vitroplantas con excelente vigor y desarrollo, con porcentajes de propagación exitoso por encima de 80 %.

La conservación de material fitogenético útil, cultivado durante décadas, y que no se utiliza para la producción agrícola comercial, y cuya ubicación es cada vez menos frecuente, se

hace imprescindible antes de su completa desaparición, donde los bancos de germoplasma juegan un papel fundamental para conservación como estrategia de mitigación y adaptación ante el cambio climático, lo que es de interés prioritario para nuestra sociedad, y en especial para las comunidades donde se realizó la investigación.

*b.- Selección de materiales promisorios con resistencia o tolerancia a enfermedades en cultivos y producción in vitro de los mismos como alternativas de mitigación ante el cambio climático*

Se seleccionó el tema de tolerancia a sequía por estar relacionado directamente con el cambio climático, tomando como especie de estudio las musáceas, especie cultivada en algunas áreas de la zona, y de importancia en el consumo del área agroalimentaria. No se han encontrado referencias de trabajos de inducción de tolerancia a estrés hídrico en *Musa*, mientras que si se han realizado trabajos hacia la obtención de materiales resistentes a enfermedades [44]. Por otro lado, existen proyectos regionales, donde Venezuela adquirió el compromiso de dedicarse a la obtención de materiales de *Musa* y Caña de Azúcar tolerantes a sequía, mediante el uso de radiaciones gamma.

En relación a la importancia económica, social y ambiental de este aspecto de la presente investigación, debe resaltarse que las musáceas son cultivos de tradición de producción y consumo en el país, y son un elemento básico en la dieta de nuestra población. En este sentido, las musáceas formaban parte de la dieta de las etnias Piaroas durante la época de sequía. Además, de su uso para consumo fresco, tienen utilidad industrial y en actividades artesanales que incrementan el valor agregado a estos materiales. Es importante señalar la potencial contribución de los desechos de estas especies para mejorar la calidad de vida en las zonas rurales mediante el uso de ecotecnologías.

Como ejemplo de esta aplicación, se puede mencionar la propuesta de uso de residuos de plantaciones de musáceas en el Sur del Lago de Maracaibo para la construcción de viviendas, la cual es una alternativa

tecnológica para aumentar de manera positiva los índices de calidad de vida del sector, dando solución a problemas de construcción, promoviendo la generación de micro, pequeñas y medianas empresas, estableciendo un sistema de producción alternativo estable en el tiempo por la garantía de la materia prima de bajo costo y mínimo impacto ambiental.

El cultivo de musáceas ha sido considerado prioritario para la seguridad y Soberanía Alimentaria, siendo utilizados en programas agrícolas destinados a pequeños y medianos productores, incluyendo los productores de subsistencia. Adicionalmente, este cultivo tiene un amplio potencial para expandirse hacia zonas cuya principal limitante es el estrés hídrico. Adicionalmente, aun cuando desde el punto de vista económico puede ser considerado como una fuente de ingresos de relevancia en un rubro frutal, también es de gran importancia el impacto social que tienen las explotaciones de musáceas en las zonas tradicionalmente bananeras o plataneras en el país, ya que representan una fuente de empleo para gran cantidad de personas.

Es importante destacar que la obtención de materiales resistentes a sequía en *Musa*, permitió:

- Establecer condiciones para el uso de mutaciones inducidas hacia la obtención de materiales tolerantes a sequía.
- Posibilidad de identificación de secuencias relacionadas con la tolerancia a sequía. Esto permitirá la identificación de genes promisorios para la inducción de tolerancia a estrés hídrico..
- Desde el punto de vista social, se abre la posibilidad que pequeños, medianos productores y productores de subsistencia dispongan de materiales de *Musa* de su interés, sin necesidad de altos consumos de agua.
- Favorecería el cultivo de musáceas en zonas con carencia de recursos hídricos, generando nuevas fuentes de empleo y alternativas de subsistencia

para las poblaciones de menores recursos económicos.

- La posibilidad de cultivar estos genotipos con menor requerimiento de uso de agua, tendrá un efecto colateral sobre el ambiente, ya que al no necesitarse mayor cantidad de agua de riego, se estaría favoreciendo el menor uso del recurso agua, que ha mermado su disposición en el proceso de cambio climático que atravesamos.

Las radiaciones ionizantes resultaron efectivas en la inducción de cambios en *Musa* AAA cv 'Pineo Gigante' para el desarrollo de genotipos que toleran condiciones de estrés hídrico. En este sentido, se convierten en una herramienta de importancia para el mejoramiento genético de musáceas comestibles, como respuesta a las nuevas condiciones ambientales producto del cambio climático.

Los resultados de la presente investigación son promisorios para el establecimiento de estrategias de producción con base endógena. En este sentido, se contribuye al establecimiento de un modelo de producción con especial apoyo hacia los medianos y pequeños productores, incluyendo los productores de subsistencia

Los materiales regenerados a partir de yemas irradiadas presentaron un mayor vigor que las plantas provenientes de yemas no irradiadas. En ese sentido, las plantas tolerantes (irradiadas) presentaron una mayor altura, diámetro de tallo y área foliar que los materiales susceptibles. Los materiales tolerantes presentaron una mayor tasa de fotosíntesis neta que los susceptibles, no así en las plantas susceptibles (sin irradiación). De igual modo, las plantas mutantes tuvieron menor tasa de transpiración que las normales, y el comportamiento de la conductancia estomática fue similar al de la tasa fotosintética en los mutantes tolerantes, mientras que las plantas normales tuvieron un comportamiento completamente diferente en este último parámetro (Figura 4).



**Figura 4. Morfología foliar de plantas de *Musa* AAA cv 'Pineo Gigante' regeneradas *in vitro* a partir de yemas irradiadas con tolerancia a sequía**

#### c. Establecimiento de viveros agroforestales

El establecimiento de viveros agroforestales se efectuó en las comunidades de Garabato, Quebrada Honda y Laguneta de la Montaña, donde con los productores y comunidad en general, se hizo una charla enfatizada en la importancia, manejo integral del vivero, mantenimiento. Se destacó la potencialidad de los viveros, como emprendimiento en las comunidades, para generar medios de vida sostenibles. Por último se instaló un vivero agroforestal, con ayuda de la comunidad de forma participativa, se construyó tomando en cuenta los parámetros en la selección del sitio.

Piñuela, Guerra, y Pérez [45] definen viveros agroforestales como el lugar que es acondicionado para la germinación, crecimiento, cuidado de plantas forestales, ornamentales, frutales, medicinales, hasta que tengan una edad adecuada para ser trasplantadas a su lugar definitivo.

La importancia de la implantación de viveros agroforestales son diversas, entre las cuales la que más tiene auge, son las pérdidas económicas motivado a muchos factores directos e indirectos que no pueden ser controlados cuando se siembra de forma directa en el suelo definitivos ya que estaría expuesta a condiciones ambientales adversas, tales como sequía o exceso de lluvia al ataque de insectos, hongos, bacteria, y a la competencia de maleza todos estos factores ocasionan una mortalidad alta en plantas de siembra directa.

#### d.-Empleo de extractos vegetales como control biológico de enfermedades en cultivos generadas ante el cambio climático

En la comunidad de Quebrada Honda, que es una comunidad ubicada en los Altos Mirandinos, que se caracteriza por la siembra de ornamentales y hortalizas, predominando el cultivo de tomate, el cual es utilizado para fines comerciales [47].

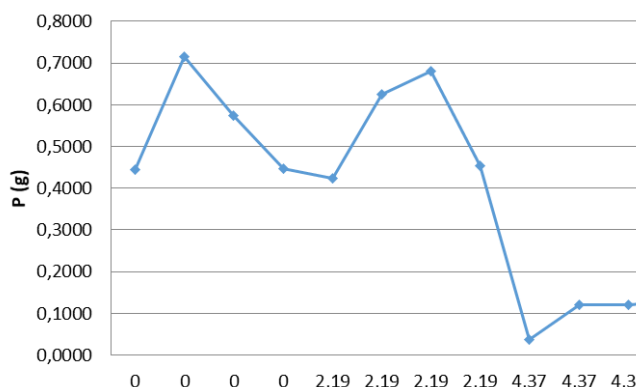
El tomate, tiende a ser la hortaliza más cultivada en todo el mundo por su valor nutritivo y medicinal, ya que es una fuente rica en vitaminas, minerales y licopeno que mejora el sistema inmunológico del organismo [48]. Sin embargo, este rubro tiende a ser atacado por diversos patógenos, donde uno de los mayor importancia es el *Fusarium sp.* En el presente trabajo de investigación, se plantea el uso de extractos vegetales acuosos, utilizando plantas autóctonas de la zona, con la finalidad de emplear alternativas agradables al ambiente que permitan disminuir la diseminación de la enfermedad; por lo tanto, se realizó un diagnóstico utilizando metodología cualitativa y cuantitativa del manejo cultural del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), en la unidad agrícola Frutiagro, luego se realizaran estudios relativos al aislamiento del patógeno y de las plantas inoculadas por el mismo, y finalmente se determinó la eficacia del uso de extractos vegetales acuosos para el control de la enfermedad.

Se prepararon extractos vegetales acuosos, ya que son más agradables con el ambiente, en comparación con los agroquímicos [49].

Las plantas utilizadas para la realización de extractos vegetales acuosos, son autóctonas de la zona, con la finalidad de cumplir con los principios básicos de la agroecología.

En esta oportunidad, se logró hacer pruebas con el extracto obtenido de las hojas de cilantro (*Coriandrum sativum*) en el hongo *Fusarium sp.*, en los cuales obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 5 .





**Figura 5. Evaluación de extracto de cilantro (*Coriandrum sativum*) en el control de *Fusarium sp.***

En relación a la figura, se puede apreciar en el gráfico, una disminución del peso (g) del micelio, a medida que se aumenta los niveles de concentración expresada al 75%. Existen estudios en el cual revelan el uso del cilantro (*Coriandrum sativum*) como planta repelente e insecticida [49, 50]. Éstos resultados obtenidos representan una novedad, ya que existe la posibilidad de utilizar la planta de cilantro (*Coriandrum sativum*), para controlar el patógeno *Fusarium sp*, sin embargo son necesarios la realización de más ensayos para determinar la parte de la planta que pueda ser más efectiva.

Los principios básicos de la agroecología, centran su foco en la disminución o eliminación de agroquímicos en el ambiente, y además en la utilización de insumos que interactúan en el agroecosistema, a fin de evitar los impactos negativos que pueden generar las especies introducidas en la alteración de los ecosistemas [51].

De acuerdo a estudios preliminares, las especies vegetales tales como: Ortiga (*Urtica dioica* L); Cilantro (*Coriandrum sativum*) y Sábila (*Aloe vera*), están reportadas por poseer propiedades antimicrobianas y fungicidas [52, 53].

El aislamiento del patógeno *Fusarium spp* ha sido complejo, sin embargo, se obtuvieron los mejores resultados al inducir su crecimiento directamente en PDA, por lo cual, es fundamental optimizar las técnicas de acuerdo a los requerimientos nutricionales que posee el hongo.

De las especies de plantas seleccionadas de acuerdo a su disponibilidad en el área de estudio, para la realización de los extractos

vegetales, se puede decir que la Ortiga (*Urtica dioica* L) y el Cilantro (*Coriandrum sativum*), resultaron las más exitosas.

Se continuarán realizando estudios relativos al aislamiento de patógenos que afectan cultivos de importancia en la zona, y finalmente se determinará la eficacia del uso de extractos vegetales acuosos para el control de diversas enfermedades. El uso de extractos vegetales podría generar alternativas para el control de plagas y enfermedades sin causar daños al ambiente, generando en algunos casos disminución de costos e insumos externos, y garantizando una producción sustentable de rubros usados con fines alimenticios.

### III. CONCLUSIONES

En décadas anteriores, el proceso de desarrollo se enfocaba primordialmente en los niveles de productividad de rubros específicos, sin tener en cuenta el entorno socio cultural de los procesos agrícolas, entendiéndolos como un todo. Actualmente, se manejan nuevos enfoques para el desarrollo rural, que enfatizan el desarrollo de las comunidades, su territorio y sus condiciones concretas.

Para conformar el desarrollo sustentable de una región, localidad o zona en particular, es necesario, entre otras cosas conocer las técnicas de producción alimentaria, que por un lado, ayuden a satisfacer sus necesidades alimenticias, y por otro hagan uso eficiente de los recursos naturales. Al respecto, se han realizado esfuerzos por usar prácticas agrícolas que tengan como principio generar el menor daño ambiental posible y que sean ecológicamente adecuadas, con la finalidad de lograr una mayor productividad en sus agroecosistemas. Enmarcada en este contexto, la biotecnología se perfila como una alternativa útil en esos procesos de desarrollo, aun dentro del complejo proceso de percepción que existe de la misma en la sociedad.

La importancia de la biotecnología para la sociedad en estos tiempos, se debe manejar a través de la sensibilización acerca de las diversas aplicaciones derivadas de la misma,

que nos permitirán hacer frente al cambio climático que afecta al sector agropecuario.

Las ventajas competitivas de que pueden disponer ciertas regiones, se consigue aplicando el conocimiento científico sobre los recursos naturales convertidos en tecnología de punta. Entre las medidas que se han señalado para actuar sobre los efectos de este cambio climático, se plantea identificar alternativas que garanticen propuestas económicas rentables, socialmente aceptables y ambientalmente responsables, dando lugar a innovaciones tecnológicas, como las empleadas en esta investigación: propagación de especies seleccionadas para conservación y restauración como estrategia de mitigación y adaptación ante el cambio climático; establecimiento de viveros agroforestales; selección de materiales promisorios con resistencia o tolerancia a enfermedades en cultivos y producción in vitro de los mismos como alternativas de mitigación ante el cambio climático, y el empleo de extractos vegetales como control biológico de enfermedades en cultivos generadas ante el cambio climático.

Los países que cuentan con mayor capacidad científica tienen mejores condiciones para aprovechar los recursos naturales y con ello, producir nuevos productos o desarrollar nuevas formas de producción convencionales, de manera que resultan más rentables debido a su mejor calidad y funcionalidad o menores costos de producción en su fabricación.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar el profundo agradecimiento al FONACIT, Proyecto Estratégico “Estrategias de adaptación y mitigación en comunidades de montañas ubicadas en la Cordillera de la Costa frente al cambio climático global en referencia a sistemas agrícolas, forestales, turísticos y ambientales”. Al IDECYT-CEDAT de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez por todo el apoyo logístico, así como a la Unidad Educativa Estatal Estado Aragua, donde se realizó parte de la investigación.

#### IV. REFERENCIAS

- [1] IPCC. 2007: Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II, y III al cuarto informe de evaluación del grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [equipo de redacción principal: Pachuari, R.K y Reinsinger, A Directores de la publicación]. IPCC, Suiza, 104págs.
- [2] Pinto, J; Bonacic, C; Hamilton-West, C; Romero, J; Lubroth, J. 2008. Climate change and animal disease in South America. *Rev.Sci.tech. Off. int. Epiz.* 27 (2) 599-613
- [3] Van den Bossche, P; Coetzer, J.A.W .2008. Climate change and animal health in Africa. *Rev.sci.tech. Off. int. Epiz.* 27 (2) 551-562.
- [4] Estay SA, Lima M y Labra, F.A. 2009. Predicting insect pest status under climate change scenarios: combining experimental data and population dynamics modeling. *J of Applied Entomology* 133(7): 491-499
- [5] Luyssaert S, I. Inglima, M. Jung, A. D. Richardson, M. Reichstein, D. Papale, S. L. Piao<sup>7</sup>, E. -D. Schulze, L. Wingate, G. Matteucci, L. Aragao, M. Aubinet, C. Beer, C. Bernhofer, K. G. Black, D. Bonal, J. -M. Bonnefond, J. Chambers, P. Ciais, B. Cook, K. J. Davis, A. J. Dolman, B. Gielen, M. Goulden, J. Grace A. Granier, A. Grelle, T. Griffis, T. Grünwald, G. Guidolotti, P. J. Hanson, R. Harding, D. Y. Hollinger, L. R. Hutyrá, P. Kolari, B. Kruijt, W. Kutsch, F. Lagergren, T. Laurila, B. E. Law, G. Le Maire, A. Lindroth, D. Loustau, Y. Malhi, J. Mateus, M. Migliavacca, L. Misson, L. Montagnani, J. Moncrieff, E. Moors, J. W. Munger, E. Nikinmaa, S. V. Ollinger, G. Pita, C. Rebmann, O. Rouspard, N. Saigusa, M. J. Sanz, G. Seufert, C. Sierra, M. -L. Smith, J. Tang, R. Valentini, T. Vesala, I. A. Janssens 2007. CO<sub>2</sub> balance of boreal, temperate, and tropical forest derived from a global database. *Global change Database* 13:2509-2537
- [6] Canadell JG, Raupach MR . 2008. Managing Forests for Climate Change Mitigation *Science* 320:1456-1457
- [7] Guillison, R. Frumhoff, P. Canadell, J. Field, C. Nepstad, D. Hayoe, K. Avissar, R. Curram, L. Friedlingstein, P. Jones, C. & Nobre, C. 2007. Tropical Forests and climate policy *Science* 316 985-6 Intergovernmental panel on Climate Change IPCC 2007 climate change 2007: the physical Science Basis: Summary for Policymakers.
- [8] Kanninen, M.; Murdiyarso, D.; Seymour, F.; Angelsen, A.; Wunder, S.; German, L. .2007. Do trees grow on money? the implications of deforestation research for policies to promote REDD Forest Perspectives (CIFOR). no.4, Bogor (Indonesia).



- [9] Verchot, L. V., Mackensen, J., Kandji, S., Noordwijk, M., Tomich, T., Ong, Chin, Albrecht, A., Bantilan, C., Anupama, K., V. & Palm, C. 2005. Opportunities for linking adaptation and mitigation in agroforestry systems, Tropical forests and adaptation to climate change. in *Search of synergies. Adaptation to climate change, sustainable livelihoods and biological diversity*, Turrialba, Costa Rica, , March 2004. 103-121.
- [10] Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., & Smith, J. (2008), Greenhouse gas mitigation in agriculture, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363, 789-813.
- [11] Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., & Sirotenko, O. (2007), Agriculture. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, & L. A. Meyer, Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 497-540
- [12] Gliessman SR (2006) Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, C.R: CATIE, 359 p
- [13] Bravo C, Lozano Z, Hernández-Hernández RM, Cánchica H, González I (2008) Siembra directa como alternativa agroecológica para la transición hacia la sostenibilidad de las sabanas. *Acta Biológica*. 28(1):7-26.
- [14] Hernández RM, Z Lozano, C. Bravo; B Moreno; L Piñango; JG Villanueva (2004) The use of cover crops and no tillage as management that increase the potential sequestration of C in the Venezuelan Central plain soils. *Bulletin du reseau Erosion* 23:374-386 .
- [15] Masera, O. Astier, M. & López, S. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRAMundi-prensa, México.
- [16] Huber, S.G. 1997. Headteachers' Views on Headship and Training: A Comparison with the NPQH, School of Education, University of Cambridge, Cambridge.
- [17] Dewan, A; K.Nanda y S:C. Gupta. 1992. In vitro micropropagation of *Acacia nilotica* subsp. Indica Brenan via cotyledonary nodes. *Plant Cell Reports* 12: 18-21.
- [18] Puri, S; M.Jain and P.Sharma. 1992. In vitro plant regeneration of *Prosopis cineraria*. *Nitrogen-Fixing-Tree-Res.* 10:189.
- [19] Botta, B. y Delle-Monache, G.1993. *Cassia didymobotrya* (Wild senna): in vitro culture, biotransformation and the production of secondary metabolites. *Biotechnol-Agric-For.* V.21:64-86.
- [20] Pérez Ponce, J.N. 1998. Propagación y Mejora Genética de Plantas por Biotecnología. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Santa Clara, Cuba. 390 p.
- [21] Pérez, A; Trujillo, I; Vidal, M y De Lima, N. 2006. Propagación in vitro de *Stylosanthes capitata* Vogel: una especie de gran potencial forrajero. *Acta Bot. Venez.* , vol.29, n.2 [citado 2018-03-15], pp. 335-346.
- [22] Trujillo, I 2008. Biotecnología aplicable al desarrollo sustentable de sabanas *Acta biológica venezolana*. 1: 45-
- [23] Vargas-Castillo, M y Abdelnour-Esquivel, A. 2010 Cultivo in vitro de *Geophila macropoda* (Ruiz & Pav. DC) a partir de embriones cigóticos. *Agronomía Mesoamericana* 21(1):73-83.
- [24] Murashige, T. & F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Pl.* 18: 473-497.
- [25] Linsmaier, E.M. y F. Skoog (1965). Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*; 18:100-127.
- [26] **Trujillo, I. 1994.** Obtención de clones de banano (*Musa paradisiaca*) resistentes a Sigatoka Amarilla. Tesis de Doctorado. UCV.
- [27] Doyle, J.J.; Doyle J.L. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, v.12, p.13-15.
- [28] Lázaro, A.; Aguinagalde, I. 2006. Genetic variation among Spanish pea landraces revealed by Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers: its application to establish a core collection. *Journal of Agricultural Science* 144: 53-61.
- [29] Rodríguez, J., O. Valdez y A. Alemán. 2006. Evaluación de la actividad antioxidante de cinco hierbas aromáticas. *Revista Ciencia y Tecnología de Alimentos* 16(1):30-36 .
- [30] Rodríguez, D. y M. Sanabria, 2005. Efecto del extracto de tres plantas silvestres sobre la rizoctoniosis, la mancha sureña del maíz y los patógenos que las causan. *INCI.* 30(12):739-744.
- [31] Infante, H. Valdés, J. Rodríguez, N. González, L. Velázquez, J. Rivero, D. Sourd, D. Martínez, F. & Rodríguez, J. 2012. La biotecnología como herramienta para propagación, conservación y el mejoramiento genético del guayabo. *Revista Colombiana de Biotecnología*, Vol.14, N° 22012.
- [32] Roca, W. 2000. Introducción a la biotecnología vegetal. Centro para el desarrollo agropecuario y forestal, Inc. CEDAF.

- ISBN.99934-821-4-5.Santo Domingo. República Dominicana
- [33] Lindsey, K. 1989. *Biotecnología Vegetal*. Zaragoza, España: Acribia.
- [34] Romero V, Gloria M. 2008. *Biotecnología: generalidades, riesgos y beneficios*. 2008. 20 p.
- [35] Serrano, M. y Piñol, M. 1991. *Biotecnología Vegetal*. Editorial Síntesis. España.
- [36] Brucato, M. 2009. Estudio comparativo de diferentes sistemas de regeneración *in vitro* para el Mastuerzo: “eficiencia y variabilidad genética”. Tesis inédita doctoral. Instituto de Biología Experimental. Laboratorio de mejoramiento vegetal. Universidad Central de Venezuela.
- [37] Levitus, G. Echenique, V. Rubinstein, C. Hopp, E. y Mroginski, L. 2010. *Biotecnología y mejoramiento vegetal II*. Edición INTA. Argentina. Disponible:
- [38] Jiménez, V. 2005. Involvement of plant hormones and plant growth regulators on *in vitro* somatic embryogenesis. *Plant growth regulation* 47:91-110.
- [39] Cepal, 2010. *Panorama Social de América Latina*. 262 p.
- [40] Rodríguez, M. 1983. *Plantas de la medicina popular de venta en herbarios*. Publicaciones de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. Caracas. 267p.
- [41] Bermúdez, A. Oliveira-Miranda, A. & Velázquez, D. 2005. La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques culturales. *Interciencia*. 30:453-459.
- [42] Akerele, O. 1993. Las plantas medicinales: un tesoro que no debemos desperdiciar. *Foro mundial de la Salud*. 14:390-395.
- [43] Johnson, M.B. 1992. Tree legumes for reforestation and afforestation of arid and semi-arid lands. *Arid-Lands-News*. 32: 28-32.
- [44] Sreeramanan S, Maziah M, Abdullah MP, Sariah M, Xavier R (2006). Transient expression of gusA and gfp gene in Agrobacterium mediated banana transformation using tiny meristematic bud. *Asian J. Plant Sci*. 5: 468-480.
- [45] Piñuela, A; Guerra, A; Pérez-Sánchez, E. 2013. *Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales (en línea)*. San Javier-Yaracuy, Venezuela, Fundación Danac. 38 p. Consultado 16 may. 2017. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/278679789\\_GUIA\\_PARA\\_EL\\_ESTABLECIMIENTO\\_Y\\_MANEJO\\_DE\\_VIVEROS\\_AGROFORESTALES](https://www.researchgate.net/publication/278679789_GUIA_PARA_EL_ESTABLECIMIENTO_Y_MANEJO_DE_VIVEROS_AGROFORESTALES)
- [46] Piñuela, A. Guerra, A & Pérez, E. 2013. *Guía para el manejo y establecimiento de los viveros agroforestales*. Fundación DANAC. Yaracuy, Venezuela.
- [47] Centros de Estudios para el Desarrollo Agroecológico Tropical. (2012). *Estrategias de adaptación y mitigación en comunidades de montaña ubicadas en la Cordillera de la Costa frente al cambio climático global con referencia a sistemas agrícolas, forestales, turísticos y ambientales*. Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez.
- [48] Palomo G, Iván, Fuentes Q, Eduardo, Carrasco S, Gilda, González R, Daniel, & Moore-Carrasco, Rodrigo. (2010). Actividad antioxidante, hipolipemiente y antiplaquetaria del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y el efecto de su procesamiento y almacenaje. *Revista chilena de nutrición*, 37(4), 524-533.
- [49] Millan C. 2008. Las plantas una opción saludable para el control de plagas. *Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina*. Montevideo, Uruguay. 101 p.
- [50] Salazar, M. (2010). *Alternativas para el manejo de plagas y enfermedades en nuestras fincas*. Cooperante Progressio – CEA. 1era edición. Recuperado el 30 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://urban.agroeco.org/wp-content/uploads/2016/02/BIOPESTICIDAS-CEA-PROGRESSIO.pdf>
- [51] Altieri, M. Nicholls C. 2000. *Agroecología teoría y práctica para agricultura sustentable*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México. 257 p.
- [52] Porcuna, J. (2010). La ortiga: *Urtica Urens* y *Urtica Dioica*. Ficha técnica de plantas. *Revista Agroecología – No. 2 – invierno*. Pp. 60. Recuperado el 20 de abril de 2015. Disponible en: [http://www.agroecologia.net/recursos/Revista\\_Ae/Ae\\_a\\_la\\_Practica/fichas/N2/Revista\\_AE\\_N%C2%BA2\\_ficha\\_planta.pdf](http://www.agroecologia.net/recursos/Revista_Ae/Ae_a_la_Practica/fichas/N2/Revista_AE_N%C2%BA2_ficha_planta.pdf)
- [53] Reyes, D; Fernández, R. (2014). Actividad antimicrobiana *in vitro* del extracto foliar de zabala (*Aloe vera* L.) en microorganismos de interés clínico. *Salus*. Vol.18, n.3. pp. 27-32. Recuperado el 03 de mayo de 2015. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_artext&pid=S1316-71382014000300006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_artext&pid=S1316-71382014000300006&lng=es&nrm=iso). ISSN 1316-7138