

**Laboratorio biotecnologico industrial movil y de escala ajustable del  
modelo de biofabricas-Phytolab**

**Industrial biotechnological laboratory with adjustable scale of the model  
of biofabricas-Phytolab**

Recebimento dos originais: 26/03/2019

Aceitação para publicação: 01/04/2019

**Carlos Emilio Galian**

Doctor en Ciencias Técnicas por la Universidad Central de Las Villas  
Institución: Universidad Central °MartaAbreu° de las Villas, Santa Clara, Cuba  
Dirección: Calle 84 N° 4530, Posadas, Misiones, Argentina CP 3300  
E-Mail: galianunam@gmail.com

**José Cabral**

Magister en Biotecnología Vegetal por la Universidad Central Las Villas  
Institución: Universidad Central °MartaAbreu° de las Villas, Santa Clara, Cuba  
Dirección: Amalia Vera N° 2145 CH 45, Posadas, Misiones, Argentina CP 3300  
E-Mail: gerencia@biofabrica.org.ar

**Luis Arnaldo Jacobo**

Ingeniero Químico, de la Universidad Nacional de Misiones  
Institución: Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad  
Nacional de Misiones  
Dirección: Calle Gobernador Barreiro N° 3642 Posadas, Misiones, Argentina CP 3300  
E-Mail: luisjacobo@live.com.ar

**Miguel Soarez Castella**

Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central Las Villas  
Institución: Universidad Central °MartaAbreu° de las Villas, Santa Clara, Cuba  
Dirección: Ruta 12 Km 7, Posadas, Misiones, Argentina CP 3300  
E-Mail: miguelcubano17@gmail.com

**RESUMEN**

Es el resultado de más de diez años de investigación, desarrollo de conocimiento y experiencia en la conservación y propagación masiva de plantas elite a partir de técnicas biotecnológicas, para la mejora productiva agroindustrial, la conservación o restauración ambiental. Phytolab, la versión prefabricada, móvil y de escala ajustable del modelo de Biofábricas, reúne las mismas condiciones de trabajo de un laboratorio biotecnológico industrial, tales como control de asepsia, temperatura, humedad, presión e iluminación, pero requiriendo un tercio de su inversión y costo operativo de trabajo para cualquier programa de escalado de propagación vegetal, conservación de plantas in vitro o para capacitación e investigación y desarrollo en biotecnología vegetal. El diseño de Phytolab permite preparar su lay out con distintos objetivos: banco de germoplasma, escalado masivo, funcionalidad, I+D y capacitación.

Puede usarse para el rescate, la introducción y conservación in vitro de material vegetal con espacio para más de 20 mil establecimientos. Su potencial productivo puede alcanzar entre

400.000 y 600.000 vitroplantas anuales, dependiendo de la especie, de los recipientes o del sistema de medios semisólidos y líquidos (SIT) a emplear. Esta capacidad también puede aumentar en dependencia de la cantidad de cámaras de crecimiento y áreas de trabajo adicional. Se puede diseñar alternativamente para la formación de RRHH, actividades de ajuste de protocolos, validación de desempeño productivo del material vegetal e innovación e implementación de Tecnologías Transversales. Así como también abordar líneas de conservación; desarrollo de protocolos de micropropagación; diagnóstico y certificación molecular.

**Palabras clave:** Biofabricas, Phytolab, laboratorio biotecnológico, vitroplantas,

## **ABSTRACT**

It is the result of more than ten years of research, development of knowledge and experience in the conservation and massive propagation of elite plants from biotechnological techniques, for productive improvement agroindustrial, conservation or environmental restoration. Phytolab, the prefabricated, mobile and adjustable scale version of the Biofactory model, meets the same working conditions of an industrial biotechnology laboratory, such as asepsis control, temperature, humidity, pressure and lighting, but requiring a third of its investment and operating cost of any plant propagation scaling program, in vitro plant conservation or training and research and development in plant biotechnology. The Phytolab design allows you to prepare your lay out with different objectives: germplasm bank, massive scaling, functionality, R & D and training. It can be used for the rescue, introduction and in vitro conservation of plant material with space for more than 20 thousand establishments. Its productive potential can reach between 400,000 and 600,000 annual plants, depending on the species, the containers or the semi-solid and liquid media system (SIT) to be used. This capability can also increase depending on the number of growth chambers and additional work areas. It can be alternatively designed for HR training, protocol adjustment activities, validation of productive performance of plant material and innovation and implementation of Transverse Technologies . As well as addressing conservation lines; development of micropropagation protocols; diagnosis and molecular certification.

**Keywords:** Biofactory, Phytolab, biotechnological lab, vitroplants,

## **1 ANTECEDENTES**

### **1.1 EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA**

Biofábrica Misiones es una empresa de Base Tecnológica, generada y radicada en el Parque Tecnológico Misiones, que se constituye en el primer centro biotecnológico de la región dedicado a la micropropagación masiva de plantas de alta calidad genética. Diez años en la conservación y propagación de vitroplantas. Cuenta con un laboratorio destinado a la propagación por técnicas de cultivo in vitro, tres cámaras de crecimiento y viveros con tecnología moderna para la aclimatización y rustificación de los plantines. Se dedica a la investigación, producción y comercialización de productos y servicios a base de procesos biotecnológicos cuyo empleo favorece a la agricultura sustentable. Biofábrica ofrece

vitroplantas, babyplant, plantines clonales, plantas madres y semillas agámicas de alta calidad genética y sanitaria, con máximos rendimientos y la adecuada asistencia técnica para una exitosa transferencia tecnológica, que responden a las exigentes demandas del mercado actual. Por 6to año consecutivo ha logrado la Certificación de las Normas ISO 9001 de todos sus procesos y tres ampliaciones del alcance del Sistema de Gestión de Calidad. Experiencia en especies: Agroindustriales; Forestales; Forrajeras; Frutas Tropicales; Medicinales y Ornamentales.

Figura 1- Vista aérea de las instalaciones de Biofábrica en el Parque Tecnológico Misiones



## 1.2 CAPACIDAD TECNOLÓGICA E INNOVACION

La Capacidad tecnológica consistente en un conjunto o stock de recursos en base a conocimiento tecnológico se constituye en un activo cognitivo en base de conocimiento de la empresa. Debido a su capacidad tecnológica es que la empresa puede realizar actividades de producción y de innovación. A su vez estas capacidades derivan de mecanismos de aprendizaje tecnológico, proceso que envuelve varios mecanismos que captan diversos tipos de conocimiento tecnológico a partir de fuentes externas e internas a la empresa para transformarse en capacidades tecnológicas de la misma. De esta manera esta EBT consigue innovar en nuevos productos, procesos de producción, servicios y procesos organizacionales inéditos. La velocidad que la empresa construye y acumula sus capacidades tecnológicas es especialmente capacidad para la innovación y tiene impacto en su capacidad competitiva.

## 1.3 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

A partir de la construcción y acumulación de capacidades tecnológicas, es que la empresa puede realizar o no, de manera independiente, actividades uso u operación de tecnologías y de sistemas de producción existentes y/o de actividades para modificar tecnologías, capacidades tecnológicas innovadoras. Esto significa liderazgo industrial y económico y también fuerza política en las relaciones internacionales. El desarrollo logrado

con el Phytolab implica contar con la capacidad de transmitir la experiencia, los conocimientos y la asistencia técnica de Biofábrica, que deviene en garantía de propagación clonal. La transferencia tecnológica consta de la entrevista, selección, entrenamiento y capacitación de un equipo de trabajo considerado por el demandante. La capacitación y el entrenamiento se realizan, por tres meses, para luego evaluarlos en el Phytolab. Incluye el uso y manejo de protocolos de establecimiento y propagación in vitro para las especies definidas como de interés y sobre las cuales existan protocolos publicados de cultivo in vitro y un manual de gestión del laboratorio que sirve de base para la implementación y posterior certificación de normas ISO u otra de similar característica, de interés del demandante.

## 2 ANALISIS DEL CASO. PHYTOLAB

Es el resultado de más de diez años de investigación, desarrollo de conocimiento y experiencia en la conservación y propagación masiva de plantas elite a partir de técnicas biotecnológicas, para la mejora productiva agroindustrial, la conservación o restauración ambiental. Es la versión prefabricada, móvil y de escala ajustable del modelo de Biofábricas, reúne las mismas condiciones de trabajo de un laboratorio biotecnológico industrial, tales como control de asepsia, temperatura, humedad, presión e iluminación, pero requiriendo un tercio de inversión y costo operativo de trabajo para cualquier programa de escalado de propagación vegetal, conservación de plantas in vitro o para formación de recursos humanos e investigación y desarrollo en biotecnología vegetal.

Figura 2 – Vista lateral del Phytolab



### 2.1 ORIGEN DE LA INNOVACION

Algunos de los aspectos que se analizaron para dar origen a la innovación que representa el Phytolab, fueron:

1. Presencia de barreras culturales y falta de conocimientos entre los productores sobre las ventajas de las plantas in vitro y su manejo en campo

2. Elevados costos en la logística de transportación de plantas in vitro hacia los clientes que limitaron un mayor acceso de los mismos
3. Inexistencia de acompañamiento técnico necesario a los productores durante el desarrollo de las plantas in vitro en el campo.
4. Disminución progresiva de la demanda de plantas in vitro, provocando un menor uso de la capacidad productiva instalada,
5. Mayor incidencia de los costos fijos de operación y su influencia en el precio final de las plantas in vitro.

Este escenario y factores de la macroeconomía, constituyeron la necesidad de buscar soluciones innovadoras, partiendo del hecho de que la biotecnología vegetal constituye una poderosa herramienta para satisfacer las crecientes demandas de alimentos. (Martín, 2008, pp.15-21); (Iáñez, 2009, pp.23-30).

En la búsqueda de soluciones innovadoras se utilizó el siguiente procedimiento metodológico:

**Paso 1. Identificación de los puntos críticos del problema.** Alta inversión para la construcción de la Biofábrica; altos costos de operación para la producción de plantas in vitro con fuerte presencia de mano de obra y exceso de gastos fijos; disminución del uso de la capacidad instalada y capacidad ociosa,

**Paso 2. Identificación de las bases para el desarrollo de las innovaciones.** Lograr altos niveles de producción por metro cuadrado de instalación a partir de optimizar el RRHH necesario.

**Paso 3. Definición de los principios y variables claves para el diseño de las innovaciones.**

- ✓ Costos mínimos posibles para la instalación que se decida
- ✓ Instalación con hermeticidad garantizada.
- ✓ Empleo de luz natural para el desarrollo de las plantas en las cámaras de crecimiento.
- ✓ Instalación que permita contar con un sistema ambiental aséptico, limpio y climatizado con facilidades para su mantenimiento y/o reposición de piezas y elementos.
- ✓ Automatizar la mayor cantidad de procesos y operaciones.
- ✓ RR HH debidamente capacitado y adiestrado.
- ✓ Flujo productivo unidireccional, sin retrocesos que permite el menor intercambio entre áreas.

- ✓ Empleo de tecnología de micropropagación altamente eficiente y productiva.

#### **Paso 4. Diseño y desarrollo de las innovaciones**

Se diseñaron las siguientes innovaciones:

- Para la instalación:
  - ✓ Container marítimo, seccionado en tres áreas de trabajo: cámara de crecimiento, cuarto de siembra y área de preparación y esterilización de medios de cultivo (áreas asépticas) y un área de cambio de ropa y sanitario (área limpia), todas organizadas para que la producción se inicie en un extremo y salga por el otro.
  - ✓ Se incorpora mediante un falso techo todo el sistema de clima (control independiente de la temperatura y humedad en cada área de trabajo, filtraje (mediante filtros HEPA) y presión de aire positivo entre las áreas (Alvarado,2012,pp. 5-8)
  - ✓ Transfer entre las áreas de trabajo para el traslado de frascos y medios de cultivo, así como plantas in vitro que garantiza el menor intercambio posible.
  - ✓ Se incorpora un sistema de desinfección ambiental automatizado mediante ozono.
  - ✓ Se dispone de un sistema automatizado para medir conductividad del agua asociado a un equipo de osmosis inversa.
  - ✓ Los estantes de la cámara de crecimiento son móviles, montados en carriles que permite un uso eficiente del área y una cantidad máxima posible de estantes.
    - Sobre la tecnología para la producción.
      - ✓ Se dispone de la tecnología de micropropagación vía organogénesis con el empleo de Sistema de Inmersión Temporal (SIT) con frascos plásticos descartables (de agua) (Colmenares, 2003, pp. 468-477); (Escobar,2006, pp. 377-405)
      - ✓ Los estantes disponen de iluminación LED en cada piso y un regulador propio para los SIT instalados en cada caso.
      - ✓ Se emplea un método de esterilización química de frascos que facilita esta operación.
      - ✓ Se introduce la dosificación automática de los medios de cultivo.

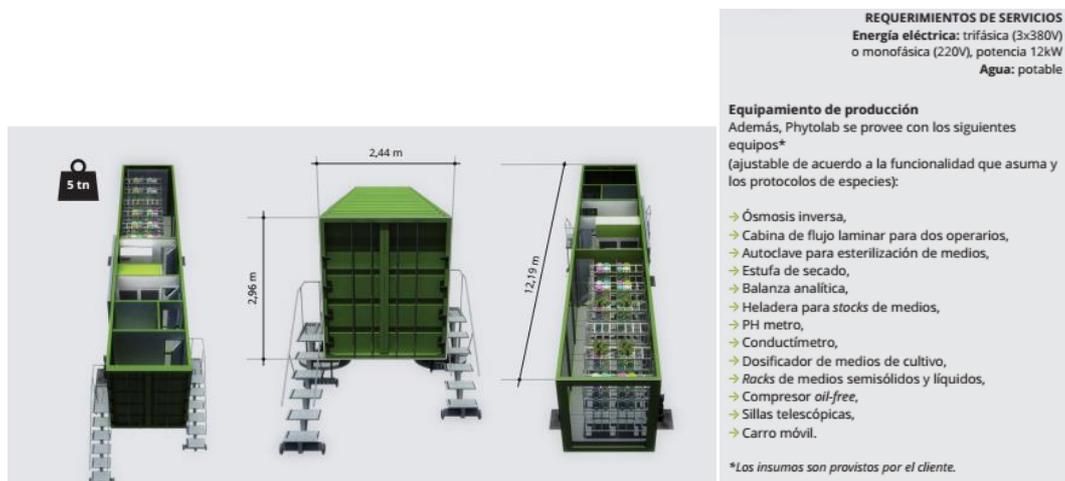
Como resultado se conformó el Phytolab como innovación principal, pero en él se resumen más de 25 innovaciones específicas.

## **2.2 FUNCIONALIDAD**

El diseño del Phytolab permite preparar su lay out con distintos objetivos:

- **Banco de Germoplasma.** Puede usarse para el rescate, la introducción y conservación in vitro de material vegetal con espacio para más de 20 mil establecimientos.
- **Escalado masivo.** Su potencial productivo puede alcanzar entre 400.000 y 600.000 vitroplantas anuales, dependiendo de la especie, de los recipientes o del Sistema de medios semisólidos y líquidos (SIT) a emplear. Esta capacidad también puede aumentar en función del número de cámaras de crecimiento y áreas de trabajo adicional.
- **I+D y Capacitación.** Se puede diseñar alternativamente para la formación de RRHH, actividades de ajuste de protocolos, validación de desempeño productivo del material vegetal e implementación de Tecnologías Transversales. Así como también abordar líneas de conservación; desarrollo de protocolos de micropropagación; diagnóstico y certificación molecular.

Figura 4 – Características Técnicas. Infraestructura



## 2.3 VENTAJAS Y BENEFICIOS

**Ventajas del Phytolab:** Menor inversión inicial; menor costo operativo; respaldo comprobado en el manejo de plantas; instalación móvil cercana a la producción y a los usuarios, capacidad de traslado.

**Ventajas de la Tecnología del cultivo in vitro:** Sanidad y trazabilidad; producción masiva de genotipos elite a corto plazo y en espacios reducidos; rápida introducción al mercado de nuevas variedades; acceso a vitroplantas a precios competitivos y durante todo el año; ampliar la oferta de especies con baja disponibilidad de semillas; rescatar especies y variedades en extinción. (Savangikar, 2003, pp.13-18); (Castillo, 2008, pp. 24-27)

**Beneficios de las vitroplantas:** Mayor sanidad; rejuvenecimiento; mayor rendimiento; mayor productividad de los cultivos.

Figura 5 – Vista de distintos modelos



## 2.4 CARACTERISITICAS GENERALES

### 2.4.1 Estructura

Phytolab está hecho sobre la base estructural de un container marítimo. Es una unidad estanca que protege las mercancías de la climatología y está fabricado de acuerdo con la normativa ISO-668, (International OrganizationforStandarization), por ese motivo también se conocen con el nombre de contenedores ISO.Su estructura es de Acero Cor-ten con una composición química que proporciona características particulares y protegen la pieza realizada frente a la corrosión atmosférica sin perder sus características mecánicas.Por tal motivo, la Biofábrica móvil cuenta con una doble resistenciamecánica y a la intemperie, suficiente para los requerimientos de ubicación final de los emplazamientos, más allá del recubrimiento y acabado final con el que cuenta.

### 2.4.2 Interior

- Divisiones: se realizan en panelería de perfiles metálicos con revestimiento de PVC, y de acero inoxidable.
- Aislación: la aislación de los paneles no vidriados que dan al exterior se realiza con poliestireno inyectado de alta densidad.
- Aberturas: las puertas y ventanas interiores son de aluminio con vidrio laminado. Las puertas interiores tienen en su totalidad accionamiento antipánico.
- Piso: es de material vinílico para su correcta limpieza y mayor durabilidad.
- Instalación eléctrica: está completamente embutida, con cables antillama y puntos de utilización con protección de salpicaduras, en los casos necesarios.
- Instalación de agua sanitaria: en caños de polipropileno con uniones termosoldadas.
- Iluminación general: cuenta con iluminación LED de alta eficiencia, con luminarias estanco y sistema de iluminación de emergencia.

## 2.5 SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

**Sistema de provisión de aire comprimido de alta pureza para proceso.** Se realiza mediante un compresor oil-free ubicado en la sala de máquinas y pre y post filtrado, mediante filtros de ultra-alta eficiencia para garantizar la esterilidad del aire.

**Sistema de agua ultrapura por proceso de ósmosis inversa.** Equipo de ósmosis inversa, el cual trata el agua recibida desde la conexión de alimentación al laboratorio, asegurando contar con agua ultrapura, eliminando las sales en el agua y una variedad de sustancias orgánicas, también depura microorganismos. En la preparación de medios de cultivo, se completa el proceso de purificación mediante el paso por resinas de intercambio iónico.

**Sistemas de recuperación y tratamiento de líquidos de descarte.** Se tratan en un separador y reactor anexados al laboratorio móvil antes de ser vertido a la red del emplazamiento existente.

**Sistema de climatización con filtrado HEPA.** En la Cámara de Crecimiento la temperatura y humedad están definidas por los protocolos de reproducción de las especies. Se trata el aire con filtro HEPA terminal y muy bajas velocidades en el ambiente, además de presión positiva. La temperatura se controla con dos equipos de climatización independiente, con salida de aire en el cielo raso para una mejor distribución. En los sectores de Preparación de Medios y de Escalado, se tienen las condiciones de temperatura definidas por los límites de confort mediante unidades independientes de aire acondicionado, filtrado de aire HEPA y esterilización mediante ozono integrado a la circulación y renovación. En el sector de Sanitario/Vestuario el aire está climatizado mediante otro equipo de aire acondicionado y tiene una extracción de aire hacia el exterior.

**Sistemas de aislación térmica en superficie vidriada mediante DVH.** La gran superficie vidriada con la que cuenta Phytolab tiene una importancia fundamental (principalmente en la Cámara de Crecimiento) ya que es un gran aporte de iluminación natural. Para mejorar las condiciones internas de clima y maximizar la eficiencia energética, se utiliza en toda la superficie correspondiente el doble vidriado hermético (DVH).

**Clima, purificación y extracción de aire.** La purificación del aire en el Vestuario se realiza mediante generación y circulación de ozono durante el horario de trabajo, y mediante iluminación UV, germicida, que se enciende automáticamente en horario fuera de producción por un tiempo determinado. En los demás sectores, la purificación del aire es mediante

generación y circulación de ozono asociada a la climatización. El Laboratorio cuenta con un sistema de clima central tipo multisplit con toma de aire exterior a fin de lograr presión positiva y renovación de aire. La distribución de presiones se regula para asegurar presiones positivas desde las Cámaras de Crecimiento hacia el pasillo, con el fin de que funcione como un corredor para la extracción del aire de todos los sectores de esa área. La entrada de aire exterior permite asegurar una renovación mínima del 20 % del volumen por hora.

**Sistema de respaldo de energía.** Es necesario disponer de un grupo electrógeno propio de reparo a las caídas y cortes de energía, recurso que asegura el mantenimiento de los procesos y el aseguramiento de la calidad de los productos. La conexión se realiza mediante un tablero de alimentación que es conectado a una toma de energía de potencia acorde.

## 2.6 OPCIONALES

**Vidrios de oscurecimiento eléctrico.** De acuerdo con los requerimientos de iluminación natural y las condiciones del clima, y a fin de reducir la transferencia de calor en los casos en que no haya necesidad, se procede al oscurecimiento de los ventanales. Esto se logra utilizando en la Cámara de Crecimiento el vidrio electrocrómico, el cual es un vidrio que pierde transparencia cuando se le aplica una corriente eléctrica, regulando la cantidad de luz y calor que llega al interior.

**Sectorización de espacios en la Cámara de Crecimiento.** La Cámara puede ser configurada en uno, dos u otros ambientes mediante paneles móviles, permitiendo sectorizar producción y condiciones ambientales.

**Sistema de iluminación de alta eficiencia (Opcional con receta de color adaptable a cada especie).** Cada nivel de estante en la Cámara de Crecimiento cuenta con una fuente de iluminación compuesta por luces LED 100% blancas (adaptación a existencia de protocolos publicados) con el fin de aprovechar las propiedades de la fotomorfogénesis. Cada grupo tiene un fotoperíodo independiente y programable, controlado desde un programador ubicado en la Cámara de Crecimiento. Las características de los dispositivos LEDs blanco o color (azul o rojo) son altamente eficientes al transformar energía eléctrica en lumínica de pequeño volumen lo que les confiere una gran flexibilidad al momento de diseñar el sistema de luz, la disipación de calor por radiación es casi nula permitiendo mejorar el control de la temperatura dentro de la cámara de crecimiento.

Figura 6 – Interior, sala de máquinas e iluminación artificial LED



### 3 CONCLUSION

Las conclusiones de este Caso Practico son:

- Otorga a la empresa un fuerte posicionamiento como organización referente en el desarrollo, transferencia y asistencia tecnológica, ligada a la agrobiotecnología, destacando su rol de promoción y difusión del uso de esta herramienta.
- La inversión es mucho menor (alrededor de un 10% de una Biofábrica en gran escala) y se maneja con menormano de obra (4 personas) que no requieren una alta calificación, ya que son entrenados y capacitados por el equipo científico de Biofábrica como parte de la transferencia tecnológica.
- Posee características que hacen accesible las biotecnologías que aseguran sanidad, trazabilidad y posibilidades de certificación y diagnóstico para toda la agroindustria que utiliza materias primas vegetales y cuya obtención de plantines es por propagación agámica.
- Fuerte impacto para la agricultura familiar, ya que se pueden propagar hortícolas como mandioca, batata o papa, asegurando la sanidad de la semilla, además de la posibilidad de incorporar frecuentemente nueva genética, sobre todo la seleccionada para resistir aspectos del cambio climático.

### REFERENCIAS

- Alvarado, Y. (2012). *Contaminación microbiana en el cultivo in vitro y manejo de áreas asépticas*, IBP, Curso Internacional.
- Castillo, A. (2008). *Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompañahacemuchotiempo*. INIA, Ecuador.
- Colmenares, M. y Giménez C. (2003). *Multiplificación in vitro Musa spp. mediante sistema de*

*inmersión temporal*. Rev. Fac. Agron. (LUZ)., 20: 468-477

Escobar R.H. (2006). *Implementación del sistema RITA® en la propagación a gran escala y en la embriogénesis somática de yuca*, CIAT, Colombia, 21:377-405

Iáñez Pareja, E. (2009). *Biotecnología y Tercer Mundo*, IB, Univ. De Granada, España.

Martin M. y Rodríguez E. (2008). *El costo de producción en procesos de micropropagación para Biofábricas de múltiples cultivos*. UCLV, Cuba.

Savangikar, V.A. and Savangikar, C., (2003). *La Micropropagación de Plantas*.