

Métodos y elementos básicos para la planificación de la producción *in vitro* en biofábricas

Pedro Orellana*, Miguel Suárez-Castellá, Robin Triana, Zoe Sarría, Mileidis Pons, Miladys León, Milagros González, Zaida Pérez. *Autor para correspondencia.

Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5.5. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP 54 830. e-mail: porellanap@uclv.edu.cu, orellana@ibp.co.cu

RESUMEN

Las técnicas de cultivo de tejidos tienen un vasto potencial para la producción de semillas de alta calidad genética y sanitaria. En Cuba se ha desarrollado un amplio programa de biotecnología para la micropropagación de varias especies de plantas que se aplica en 16 biofábricas distribuidas por todo el país. La producción de plantas *in vitro* en Biofábricas, exige de procesos y operaciones de trabajo estrechamente relacionadas entre sí, entre ellos, la aplicación de métodos de planificación de la producción que permitan definir con anticipación los requerimientos humanos y materiales para su realización. En este trabajo, se exponen los principales métodos y elementos a tener en cuenta para la planificación de la producción *in vitro* en las biofábricas, basados en la experiencia lograda en las biofábricas cubanas y en otros países del área latinoamericana. Se utilizan elementos y variables, considerados indispensables, para la planificación de la producción, así como se definen las responsabilidades en su diseño y ejecución en cada caso. Se muestra, mediante ejemplos empíricos, la programación detallada por fase y proceso de la producción *in vitro* para una biofábrica, lo cual sirve como referencia para realizar una adecuada planificación de todo el proceso productivo en cada una de las diferentes áreas de trabajo de estas.

Palabras clave: propagación masiva de plantas, preparación medios de cultivo

ABSTRACT

Tissue culture techniques have a huge potential to produce high genetic and sanitary quality seeds. A wide program for the micropropagation of several plants species has been developed in Cuba. It is applied in 16 commercial tissue culture labs distributed along the country. The production of *in vitro* plantlets in commercial tissue culture labs demand closely related processes and operations of work. The application of methods to plan the production is one of them. Planning allows defining, on time, the human and material necessities to fulfil the production. The main methods to plan the *in vitro* production in this labs are presented in the current paper. Experience achieved in Cuba and in other countries of the Latin American area were taken into account. The indispensable elements and variables followed to plan the production, the types of planning to consider, as well as the responsibilities in their design and development are indicated. The detailed programming of the *in vitro* production in a commercial tissue culture lab is shown by phase and process. This is use as a reference to make a suitable planning of the productive process in each of the working areas.

Key words: plant mass propagation, tissue culture preparation

INTRODUCCIÓN

La biotecnología aplicada a la agricultura ha mostrado un desarrollo creciente en los últimos años. La introducción a escala comercial de nuevas variedades portadoras de genes que mejoran características de la planta o el producto final, como son la tolerancia o resistencia a factores de tipo biótico o abiótico son resultados de rápida aplicación en varios países. Entre 2002 y 2005 el número de hectáreas plantadas con cultivos transgénicos creció en un 27% en Argentina, 28% en Estados Unidos, 53% en Canadá, 57% en China y 169% en Brasil, los cuales ocupan el 98% del área total (van Beuzekon y Arund, 2006). En el año 2007, según Tewolde *et al.* (2007), se sembraron más de 100 millones de hectáreas de estos cultivos en 22 países.

Otro enfoque de la biotecnología agrícola está orientado a la producción de semillas o propágulos de alta calidad genética y sanitaria mediante la micropropagación. Su aplicación a gran escala comenzó a principio de los años 70, del siglo XX, con mayor intensidad en especies hortícolas. Desde ese momento estas técnicas han sido indispensables en la propagación de muchas especies vegetales importantes y han sido de gran impacto en el desarrollo de programas de semillas en especies de propagación agámica en muchos países. Las técnicas de cultivo de tejidos tienen un vasto potencial para producir plantas de calidad superior, pero este no ha sido completamente explotado en los países en desarrollo (IAEA, 2004).

El uso de semillas de alta calidad juega un papel determinante en el desarrollo y producción de las

plantas y en el rendimiento final del cultivo. En Cuba, se ha llevado a cabo un amplio programa de Biotecnología para la propagación *in vitro* de varias especies de plantas. Esto garantiza la disponibilidad de material vegetal de propagación libre de organismos patógenos y con alta pureza genética. Para dicho propósito se crearon 16 biofábricas distribuidas por todo el país, que aplican las tecnologías que se desarrollan en los Institutos de Investigación y cumplen con rigor las normas de calidad requeridas para este tipo de actividad.

La primera biofábrica construida en el país data de 1987 (denominada de primera generación) y entre 1987 y 1993, el número se incrementó a 15, entre ellas las de segunda, tercera y cuarta generación. El país dispone de un potencial instalado para producir alrededor de 60 millones de plantas *in vitro* al año con tecnologías convencionales de micropropagación. Las diferentes variantes de Biofábricas, todas con el principio de utilización de la luz solar, han tenido como objetivos principales en su diseño constructivo y tecnológico, una disminución de los costos de producción, mejor eficiencia en los procesos y mayor calidad sanitaria y genética de las «semillas». A partir del año 2000, teniendo en cuenta los avances en el proceso investigativo de este sector en Cuba y otros países, nuevos proyectos de estas instalaciones, que incluyen mejoras en el diseño y la calidad de la edificación, nuevo equipamiento y novedosas tecnologías de micropropagación, han sido diseñados y comercializados en Colombia, Argentina, México, Brasil y Etiopía (Orellana *et al.*, 2007).

La Biofábrica, concebida bajo el concepto de un complejo productivo integral, abarca en su actividad desde la selección de los genotipos que serán propagados, hasta la entrega al agricultor de plantas o propágulos con un estado de desarrollo adecuado para su plantación en campo, ya sea como material genético para bancos de semilla, o para la siembra directa en áreas comerciales.

La eficiencia productiva de una biofábrica, no sólo se determina por la cantidad de plantas, tubérculos o propágulos que produce y su calidad y costo, sino que en ello intervienen otros varios factores. Se deben tener en cuenta aquellos relacionados con la infraestructura tecnológica, selección de los mejores genotipos, calidad y preparación del recurso humano, disponibilidad de los recursos materiales e insumos para el proceso productivo, sistema organizativo para la planificación y control de la producción, así como un eficiente sistema de aseguramiento y control de la calidad, como aspectos fundamentales. Según IAEA (2004), las tecnologías de bajo costo en la reproducción *in vitro*, representan una generación avanzada de tecnología, en la cual la reducción de costos se logra por el mejoramiento de la eficiencia

de los procesos y la mejor utilización de los recursos. El diseño correcto de un laboratorio ayudará no solo a mantener altos niveles de asepsia sino también a un eficiente trabajo (Bridgen y Bartok, 1996).

Según Kim (1994), en el nuevo escenario de intensa competitividad global, lo que las empresas necesitan no son más técnicas, sino una nueva manera de estructurar todo el sistema, sobre la base de enfocarse internamente y externamente en alcanzar la superioridad competitiva.

En el presente trabajo se exponen y analizan elementos básicos y los principales métodos y formas organizativas para la planificación, organización y control de la producción en una biofábrica, teniendo en cuenta la experiencia lograda en las Biofábricas en Cuba y en otros países del área latinoamericana en los últimos años.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN UNA BIOFÁBRICA

Como punto de partida se asume que una biofábrica se diseña y se construye, teniendo en cuenta un estudio previo que incluye la factibilidad económica, ubicación geográfica estratégica para la actividad de mercado y donde existan las condiciones ambientales favorables, en correspondencia con la demanda biológica y climática de las especies principales que se van a producir.

Entre los elementos básicos se deben tener en cuenta lo siguientes:

1. Funcionabilidad del diseño constructivo y calidad de la infraestructura de la instalación.
2. Estado técnico del equipamiento tecnológico y del específico de cada área de trabajo, determinando el potencial productivo de cada uno.
3. Capacidad para asumir las producciones en proceso de cada una de las áreas por donde esta transita.
4. Cantidad, calidad y grado de preparación y entrenamiento del recurso humano disponible para las diferentes actividades.
5. Disponibilidad de los recursos materiales e insumos necesarios para todas las fases del proceso productivo y garantía de financiamiento y de suministradores estables.
6. Tener claramente definido en qué área y cuál es factor limitante o «cuello de botella» que impide lograr producciones mayores con el máximo aprovechamiento del tiempo y los recursos disponibles.

7. Contar con los protocolos de propagación de cada especie. Asegurarse que estos incluyan los indicadores biológicos de desarrollo para cada una de las etapas o fases por las que transita en la biofábrica.

8. Disponer o tener acceso a bancos genéticos certificados de las especies de plantas que se van a producir.

9. Concertación de contratos o acuerdos comerciales con los clientes, donde se especifiquen entre otros: cantidad y fecha de entrega de las producciones, estándar de calidad de cada producto terminado según la especie y fase en que se comercializa.

10. Haber adoptado o creado un sistema de registro y trazabilidad que permita dar seguimiento, controlar la producción y asegurar la calidad de cada proceso aplicado y de los productos obtenidos hasta su entrega al cliente.

Cada uno de los elementos anteriormente señalados, algunos de forma independiente y otros combinados, tienen una influencia decisiva en la planificación y organización del trabajo en una biofábrica.

NIVELES JERÁRQUICOS DE LA PLANIFICACIÓN Y DIRECCIÓN

Según la experiencia práctica y desde el punto de vista de niveles de decisión, la planificación de la producción de una biofábrica, puede quedar estructurada de la siguiente manera:

Director general de la Biofábrica

En concordancia con el potencial productivo de la biofábrica, define el plan total de producción de la entidad en cantidades y épocas de entrega en correspondencia con los acuerdos o convenios con los clientes.

Gerente de producción

Desglosa por áreas el plan anual, según las fechas de producción y entrega y consolida por tipo los recursos necesarios para la ejecución del mismo. Establece las coordinaciones entre los jefes de áreas para la compatibilización del plan de producción y realiza su control y ajuste, cuando corresponda, de forma periódica. La relación entre la planificación estratégica y la de operaciones es parte importante de las tareas de esta gerencia.

Jefes de áreas productivas (Producción *in vitro*, Banco de germoplasma, Medios de cultivo y Fase de aclimatización)

Planifican los recursos materiales y humanos para desarrollar la producción y hacen la planificación

detañada con un desglose semanal por fase de cada proceso o especie que se va a producir en correspondencia con la actividad de su área. Confeccionan los planes para la planificación y control de cada plan de producción por actividad y especie, utilizando algún sistema computarizado para dar cumplimiento a un pedido específico o al plan de producción de todas las especies en un lapso de tiempo determinado.

En el ámbito interno del sistema logístico empresarial es fundamental la formulación de estrategias adecuadas de producción, pues estas son las encargadas de proyectar la actuación actual y futura de la cadena interna de operaciones, en estrecha interacción con la cadena de aprovisionamiento y de distribución (Ibarra, 2004).

PREMISAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN UNA BIOFÁBRICA

La forma en que se realiza la planificación para las diferentes etapas del proceso productivo deberá tener como punto de partida la definición de una serie de aspectos de carácter técnico, biológico y de tiempo, que de forma conjugada definen la proyección de esta, entre ellos:

1. Definición de un calendario al cual se refieran todos los ciclos o etapas de la producción. En este sentido la experiencia práctica indica que un sistema de planificación por semanas resulta adecuado para las diferentes actividades de una biofábrica, aunque en algunos procesos se requiere la planificación diaria.

2. Los protocolos o procedimientos para la propagación de cada especie, clon o variedad, deben definir con claridad los siguientes indicadores: Tasa o coeficiente de multiplicación para cada subcultivo ($S_0 - S_x$) y total de subcultivos permisibles (S_x). De igual modo, el protocolo deberá establecer la cantidad de explantes por tipo de recipiente de cultivo recomendado para esa especie y fase *in vitro*, así como el tipo, estado y cantidad de medio de cultivo específico requerido. Igualmente incluirá los requerimientos de temperatura, tipo e intensidad de la luz en las cámaras de crecimiento.

3. Conocer los niveles de productividad para cada fase del proceso de los operarios de cabinas de flujo laminar, del área de preparación de medio de cultivo y de la fase de aclimatización.

4. Haber definido el nivel de producción que se puede lograr, para un proceso o producto específico, con el máximo aprovechamiento en el área del factor limitante o «cuello de botella».

5. En una primera etapa, para las bases de cálculo, aplicar los índices de rechazo de productos, según

la experiencia nacional o internacional para cada proceso, fase o producto y finalmente, sobre la experiencia práctica y estadística de la propia biofábrica establecer los indicadores propios.

MÉTODOS Y ESTRATEGIAS PARA LA PLANIFICACIÓN EN LAS DIFERENTES ÁREAS

La planificación puede realizarse mediante el uso de un software apropiado (Ej. Microsoft Excel) y puede ser organizado utilizando un sistema en red que permita el enlace de todas las áreas. En algunos laboratorios comerciales de grandes empresas productoras de plantas se emplea con éxito el sistema de código de barras para el control y planificación de la producción. Esto asegura un estricto control del registro de la información, control de inventarios y permite generar diversos reportes y análisis de todo el proceso productivo en la entidad. Miltenburg (1995) destaca la necesidad de formalización de la estrategia de producción y señala que cuando esta se concibe e implementa por medio de un proceso 'formal' las decisiones siguen una pauta clara y lógica, pero cuando no es así, la pauta tiende a ser errática e imprevisible. Una estrategia de planificación por área de la producción puede realizarse de la siguiente forma:

Banco de germoplasma (BG)

Planificación del número de explantes a establecer por semana y personal requerido en Cabinas de Flujo Laminar (CFL)

Partiendo de la existencia física del Banco de donantes, sea propiedad o controlado por la biofábrica, o perteneciente a un centro de investigación o área de semilla externa, este debe disponer del número de plantas -con al menos un 120% de cobertura- de cada genotipo que garantice el plan de producción de esa especie en la biofábrica, las cuales deben estar certificadas como libres de patógenos sistémicos. Este número se establece en correspondencia con las características biológicas de la especie de modo que garantice la disponibilidad, en el momento requerido del número de ápices, brotes u otros órganos requeridos para el establecimiento *in vitro*. Si los procedimientos para la conservación *in vitro* están disponibles para una determinada especie o variedad en la biofábrica, se recomienda realizar la introducción por lotes a la biofábrica y luego transferir al área de producción *in vitro* semanalmente las cantidades que demanda el plan de producción. La introducción de lotes puede hacerse en las épocas más favorables para reducir los riesgos de contaminación microbiana endógena y exógena y del mejor estado desarrollo de las plantas.

En el BG se debe planificar la manipulación de los explantes iniciales hasta el 4^{to} subcultivo de modo que se hayan descartado los explantes con contaminantes endógenos, de pobre desarrollo y se haya logrado estabilizar el coeficiente de multiplicación de las líneas introducidas.

Para planificar el establecimiento y multiplicación en esta área se puede utilizar una hoja de cálculo en Excel como se muestra en las tablas 1 y 2. En esta planificación debe tenerse en cuenta la duración en semanas de cada ciclo (subcultivo), los índices de rechazo, los coeficientes de multiplicación en cada subcultivo y la productividad de los operadores de CFL.

Conociendo los indicadores biológicos de producción en esta etapa, que deben estar registrados en el protocolo de cada especie, clon o variedad, se procede a determinar en la hoja de cálculo la semana en la cual se debe realizar la introducción *in vitro* del material vegetal inicial y el número de ápices, meristemos u otros órganos que permitan garantizar la cantidad de explantes en multiplicación, que previamente ha solicitado el área de producción *in vitro* para dar respuesta a un plan de producción determinado en correspondencia con las fechas de entrega a los clientes. Cada clon o variedad requiere de una hoja de cálculo independiente, las cuales finalmente pueden ser consolidadas en una general.

En la fase de establecimiento y durante la transferencia al 1^{er} y 2^{do} subcultivo la planificación del recurso humano más que por la productividad de un operario se debe medir por el cumplimiento del Procedimiento Normativo de Operación (PNO). Sin embargo, en dependencia de la complejidad del proceso de desinfección y tipo de manejo se pueden establecer valores empíricos que pueden ser variados una vez que se determinan las normas sobre la base de la práctica adquirida por el personal que realiza esta actividad.

Producción *in vitro* (locales de transferencia con cabinas de flujo laminar y cámaras de crecimiento)

A partir del plan de producción total de la biofábrica organizado por el gerente de producción, el jefe de esta área realiza la planificación para cada clon o variedad, desglosándolo de modo que pueda definir, a los jefes de las áreas Banco de Germoplasma y Medios de cultivo las necesidades de explantes y cantidades de medio de cultivo específico y otros materiales e insumos que demandará el plan de producción, en cada semana y día. De igual manera, entregará al jefe del área de Aclimatización las fechas de salida y cantidad de las plantas *in vitro* que requieren ser aclimatizadas, en correspondencia con el plan de entrega a los clientes.

Tabla 1. Hoja de cálculo para la programación de la producción en el Banco de Germoplasma. Las flechas indican la relación en los valores para el cálculo. (Los valores para el cálculo, son arbitrarios y sólo a modo de ejemplo). Para el cálculo de los coeficientes reales teniendo en cuenta las pérdidas por subcultivo por un clon o variedad específica.

BANCO DE GERMOPLASMA										
HOJA DE PROGRAMACIÓN SEMANAL										
Especie:	Clon o variedad:		Código:							
	Coefic. de multiplicación		Enero				Febrero			
Fase o subcultivo	Biológico	Real	Sem 01	Sem 02	Sem 03	Sem 04	Sem 05	Sem 06	Sem 07	Sem 08
Establecimiento (S0)	1	0.8	50	80	100	80	70	50	50	50
Subcultivo S1	2	1.8				40	64	80	64	56
Subcultivo S2	2.5	2.38							72	115
Subcultivo S3	3	2.85								
Subcultivo S4	3	2.85								
Total explantes / semana			50	80	100	120	134	130	186	221
Operarios p/días			0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Base de cálculo										
% pérdida en S0	20%	Subcult.	No. Exp/Op/día							
% de pérdida S1	10%	S0	50							
% de pérdida S2	5%	S1	100							
% de pérdida S3	5%	S2	200							
% de pérdida S4	5%	S3	300							
Ciclos de 3 semanas		S4	600							

Tabla2. Hoja de cálculo para la programación de la producción en el Banco de Germoplasma. Las flechas indican la relación en los valores para el cálculo. (Los valores para el cálculo, son arbitrarios y sólo a modo de ejemplo). Para el cálculo de los operarios por día y el incremento por subcultivo, ej. en la semana 6.

BANCO DE GERMOPLASMA										
HOJA DE PROGRAMACIÓN SEMANAL										
Especie:	Clon o variedad:		Código:							
	Coefic. de multiplicación		Enero				Febrero			
Fase o subcultivo	Biológico	Real	Sem 01	Sem 02	Sem 03	Sem 04	Sem 05	Sem 06	Sem 07	Sem 08
Establecimiento (S0)	1	0.8	50	80	100	80	70	50	50	50
Subcultivo S1	2	1.8				40	64	80	64	56
Subcultivo S2	2.5	2.38							72	115
Subcultivo S3	3	2.85								
Subcultivo S4	3	2.85								
Total explantes / semana			50	80	100	120	134	130	186	221
Operarios P/días			0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Base de cálculo										
% pérdida en S0	20%	Subcult.	No. Exp/Op/día							
% de pérdida S1	10%	S0	50							
% de pérdida S2	5%	S1	100							
% de pérdida S3	5%	S2	200							
% de pérdida S4	5%	S3	300							
Ciclos de 3 semanas		S4	600							

Para determinar la cantidad de un medio de cultivo específico a utilizar en una semana (LMCs), se puede calcular como sigue:

Fórmula 1:

$$LMCs = (NEPs/NEF) * (CMCF/1000),$$

Donde:

NEPs = Número de explantes a producir por semana.

NEF = Número de explantes por frasco.

CMCF = Cantidad de medio de cultivo por frasco en ml.

El NEPs dividido entre el coeficiente de multiplicación (CM) del clon o variedad para la fase específica, determina el número de explantes a utilizar por semana (NEUs), cifras que se ajustan por día en dependencia del número de operarios disponibles.

Para el cálculo de los operarios requeridos para hacer un subcultivo, se procede de igual manera, sólo que se debe tener en cuenta la producción media de explantes por día de los operarios (PMOd) de CFL, según sea el cultivo y la fase en que se encuentre dentro del proceso *in vitro*.

Fórmula II:

$NOp = NEPs/PMOd$,

Donde:

NOp = Número de operarios de CFL que se requieren por día.

PMOd = Producción media de explantes por operario CFL en un día para una fase o subcultivo específico.

Otro elemento de planificación es la capacidad requerida en estantes o anaqueles en las cámaras de crecimiento para la ubicación de la producción en proceso. Para el cálculo de la capacidad requerida para un ciclo o subcultivo, se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

1. Cantidad de explantes o plantas *in vitro* de un cultivo específico, que pueden ser ubicados en cada piso o nivel en un estante considerando la forma de colocación de los frascos (si es individual, en cestos o bandejas y si la transparencia del frasco permite acomodarlos en más de una camada, de acuerdo con la intensidad de la luz que debe recibir en correspondencia con la fase de cultivo *in vitro*, etc.) y el número de explantes o plantas *in vitro* totales por estante (NEES).
2. Producción total en número de explantes o plantas *in vitro* durante un subcultivo por clon o variedad de una especie (NETsub).
3. Número de explantes que se utilizan diariamente para hacer la nueva producción, según la fase de cultivo que se está procesando (NEUd).
4. Área total requerida por un estante, incluyendo los espacios laterales vitales (AVES) en m².

Las fórmulas que podrían aplicarse para determinar la cantidad de espacio que se ocuparía en cámaras de crecimiento para un subcultivo o ciclo en un clon o variedad específica serían:

En número de estantes:

Fórmula III:

$$NESsub(\text{Número de estantes/subcultivo}) = \frac{NETsub}{NEES}$$

En área vital total:

Fórmula IV:

$$ATOs(\text{área total ocupada/subcultivo})(m^2) = NESsub \times AVES$$

El área total ocupada en las cámaras de crecimiento, será el resultado de la sumatoria del ATOs, de cada especie con que se trabaje en la biofábrica, lo cual

puede quedar definido en cada cámara de crecimiento. De igual modo debe tenerse en cuenta para estimar la ocupación de las cámaras de crecimiento la entrega de producciones terminadas (explantes que se utilizan cada día para las nuevas producciones (NEUd), plantas *in vitro* que salen para ser aclimatizadas, explantes que se comercializan para otras biofábricas, exportaciones, etc.) o en salida de explantes o plantas *in vitro* al ser descartadas por contaminación microbiana, baja calidad, etc.

Una Hoja de cálculo consolidada con todos los clones o variedades se debe preparar para poder manejar integralmente el plan de producción y hacer la planificación global y los ajustes correspondientes cada semana.

Producción de medios de cultivo

En esta área la producción de medios de cultivo y otros insumos se planifica a partir de las solicitudes de las áreas de Producción *in vitro* y del Banco de Germoplasma. Se puede recibir la información de estas áreas indicando la cantidad de explantes a producir por día y semana o por la cantidad de medio de cultivo que se requiere según el cultivo y fase a trabajar. En ambos casos el jefe de esta área debe conocer parámetros como tipo y componentes adicionales de cada medio de cultivo según la especie y fase que se va a producir, tipo de frasco que se utilizará, número de explantes por frasco y cantidad de medio de cultivo por frasco. Igualmente, en caso de que se utilicen agentes esterilizantes químicos o esterilización por calor húmedo, deberá recibir la información del área correspondiente, de cuándo utilizar uno u otro método de esterilización.

En Biofábricas donde se producen grandes volúmenes de plantas y varias especies, es conveniente planificar la producción de medios de cultivo con un inventario mínimo y máximo de cada uno de los medios de cultivo, lo cual posibilita mejor disponibilidad y que por rotura o desperfecto en los equipos de esterilización o incrementos de los coeficientes de multiplicación y productividad de los operarios de CFL, no se produzcan interrupciones en el trabajo. Las cantidades mínimas y máximas en la cual se mantiene el inventario, se ajustan en base a las necesidades, pero no debe rebasar, en su valor máximo, la cantidad de medio de cultivo que se utiliza en una semana. La existencia y control de los inventarios le permite al jefe de esta área definir qué tipo de medio de cultivo y cantidad diaria que debe producir para mantener su existencia en el rango de los inventarios.

Para planificar la necesidad de los componentes específicos de los medios de cultivo se tendrá en cuenta el tipo de medio de cultivo así como si se dispone para su preparación de componentes individuales o si estos se adquieren premezclados lo cual facilita su preparación y brinda mayor garantía y seguridad en su preparación y calidad en el desarrollo de los cultivos *in vitro*.

Aunque la planificación en todas las áreas se realiza con un calendario semanal y la proyección a corto plazo puede ser entre 3 y 6 semanas (en dependencia de la duración del ciclo de la fase en cuestión), el comportamiento de los coeficientes de multiplicación puede sufrir ligeras variaciones en algunas variedades o clones, al igual que la productividad por operario de CFL. Ello puede implicar ajustes en la

planificación, sobre todo en la demanda de medios de cultivo y algunos insumos de uso diario como los soportes para seccionar el material vegetal (plátanos de metal o vidrio, estériles), lo cual debe resolverse por contacto directo entre los jefes de estas áreas, cuando se requiera. Un esquema general que muestra todo el proceso y los vínculos entre áreas aparece en la figura 1.

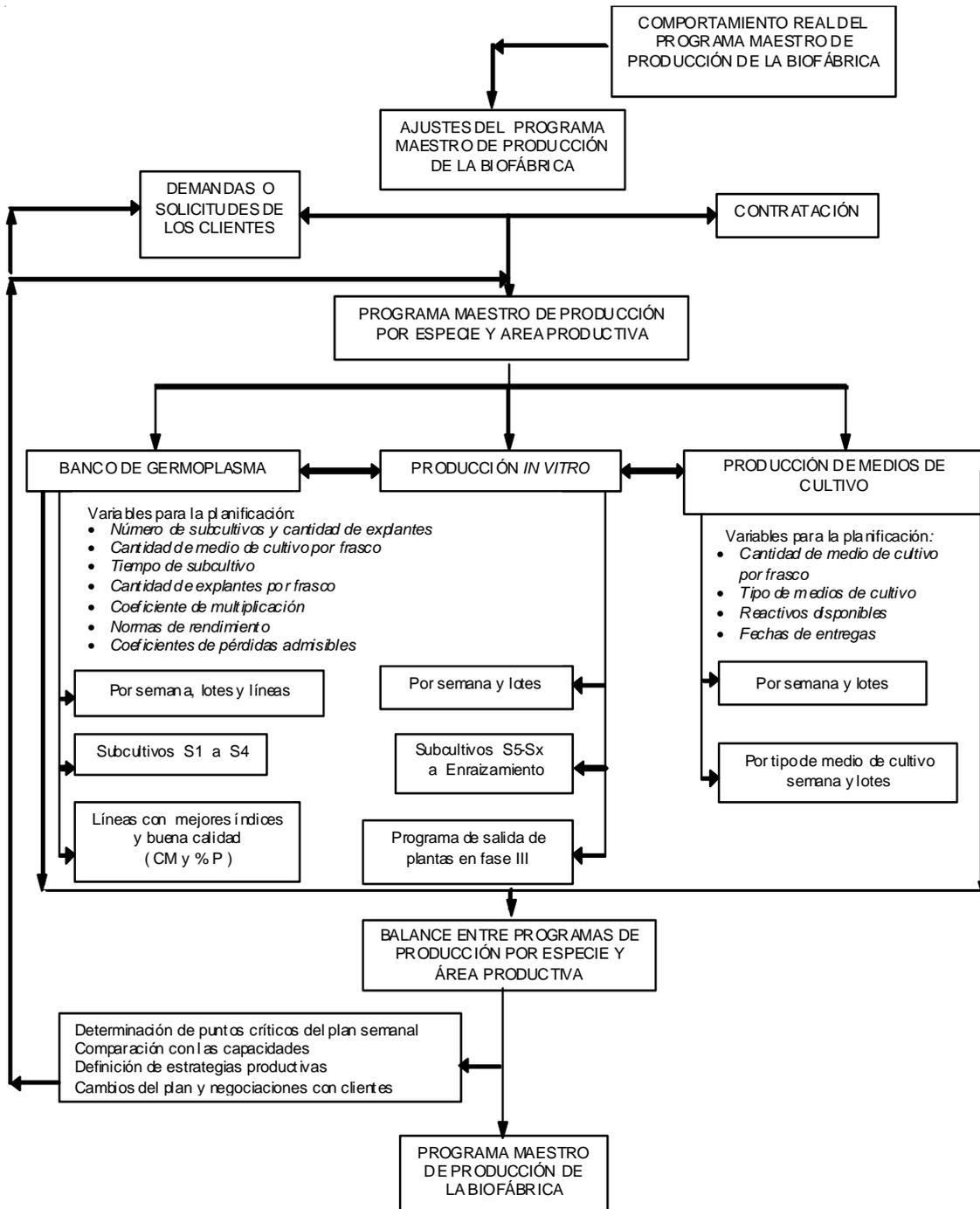


Figura 1. Organigrama que describe de forma general la planificación de la producción *in vitro* en las biofábricas.

REFERENCIAS

- Bridgen, MP, Bartok, JW (1996) Designing a Plant Micropropagation Laboratory. En: Proceedings of the International Plant Propagators Society, Vol. 37, pp. 462-467. University of connecticut, storrs
- IAEA (2004) Low cost options for tissue culture technology in developing countries. En: Proceedings of a Technical Meeting organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Vienna, 26-30 August 2002. FAO/IAEA.Viena
- Ibarra, MS (2004) Estrategia de Producción, Orígenes, conceptos y definiciones fundamentales. En: POM: Production and operation management, pp. 1-6: www.monografias.com
- Kim, JS (1994) Beyond the Factory Walls: Overcoming Competitive Gridlock. Boston University School of Management: Manufacturing Roundtable Research Report Series
- Miltenburg, J (1995) Manufacturing Strategy. Oregon, Portland: Productivity Press
- Orellana, P, Agramonte D, Suárez-Castellá M, Jiménez MA, Álvarez JM, Jiménez E, De Fera M, García-Águila L, Triana R (2007) Biofábricas para la micropropagación de especies vegetales. CD XV Fórum de Ciencia y Técnica en Villa Clara. Comisión Provincial del Fórum
- Tewolde, A, Chavaría A, Rojas E (2007) Agrobiotecnología en las Américas. COMUNICA I: 33-39
- Van Beuzekon, B, Arundel A (2006) Biotechnology in Agriculture. OECD, Biotechnology Statistic