

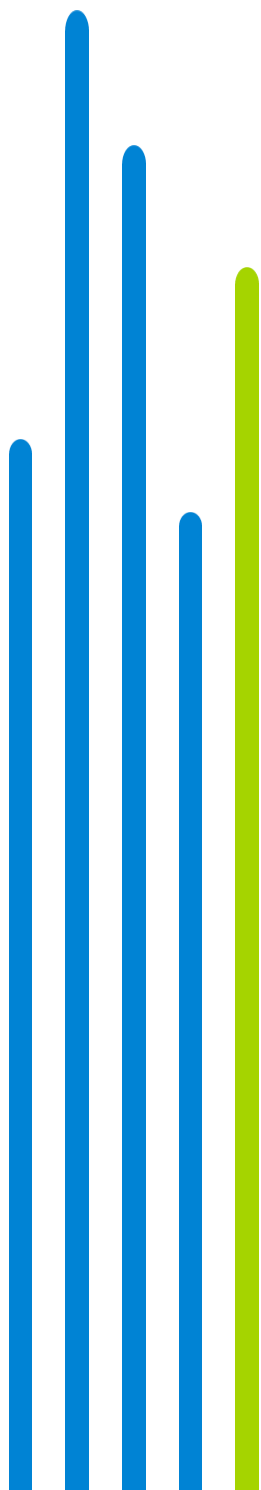


LAICA

**PROGRAMA DE CULTIVO DE TEJIDOS
INFORME DE RESULTADOS 2019**

Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
Programa de Cultivo de Tejidos

**Mayo, 2020
San José, Costa Rica**



Contenido

Presentación.....	2
Personal técnico	3
Introducción	4
Distribución y asignación de plántulas <i>in vitro</i> a beneficiarios nacionales.....	6
Limitantes y oportunidades de mejora	7
Fase de iniciación (siembras).....	7
Fase de multiplicación	9
Lavado de cristalería.....	12
Conclusiones y recomendaciones	20

Presentación

La imposición de condiciones asociadas a la calidad de productos, subproductos y procesos productivos intermedios y finales en cualquier gestión empresarial, resultan ser en la actualidad, un imperativo vinculante y obligado de atender y alcanzar, si es que se pretende mantener en el caso de la caña de azúcar niveles agroindustriales altos, rentables y competitivos en la gestión agro comercial desarrollada, que se traduzcan en beneficio directo y tangible.

Esta aspiración y reto sectorial, institucional y empresarial, implica indubitablemente incorporar mejoras en el campo tecnológico que favorezcan y contribuyan significativa y efectivamente con esa deseada meta de todo sector productivo organizado, como es en nuestro caso el cañero-azucarero. Además de los tradicionales y bien ponderados insumos biológicos (parasitoides, hongos entomopatógenos) que DIECA produce y distribuye sectorialmente, destinados a beneficiar la protección fitosanitaria y que han permitido atender y resolver históricamente afectaciones asociadas con la presencia de plagas y en algún grado enfermedades; hay otros insumos y gestiones en la misma orientación que también merecen reconocimiento.

En este acápite, la implementación y uso de herramientas biotecnológicas modernas y efectivas, como son en este caso las vinculadas al uso de plantas de caña de azúcar reproducidas por medio de la técnica del **Cultivo de Tejidos *in vitro***, resultan en la actualidad de mucho interés, virtud del impacto productivo positivo que en materia fitosanitaria, aseguramiento de la pureza genética de las variedades cultivadas y de productividad agroindustrial generan.

Con ese objetivo, seguidamente se presentan los resultados técnicos más sobresalientes logrados por parte del **Programa de Cultivo de Tejidos** que desarrolla DIECA, correspondientes al **año 2019**, en lo concerniente a las acciones operativas realizadas en cumplimiento y satisfacción de sus planes y objetivos fundamentales. Resulta justo y meritorio reconocer que dichos resultados han sido posibles gracias al trabajo constante, profesional y de calidad de los funcionarios a cargo de ejecutar la labor de campo y laboratorio. Asimismo, no puede omitirse mencionar el importante apoyo técnico y logístico favorecido y prestado por los Ingenios nacionales, Cámaras de Productores de Caña y empresas privadas; el cual ha sido inobjetablemente fundamental para este fin. A todos ellos nuestro reconocimiento y sincero agradecimiento.

Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, M.Sc.

Gerente DIECA

Personal técnico

La labor de reproducción en laboratorio, investigación, mantenimiento en invernadero y distribución del material vegetativo fue desarrollada por los siguientes funcionarios:

Ing. Agr. Erick Chavarría Soto.	Coordinador del Programa
Sra. Vivian Solís Alfaro	Asistente de laboratorio
Sra. Yahaira Espinoza Rojas	Asistente de laboratorio
Srta. Andrea Villalobos Espinoza	Asistente de laboratorio
Sr. Erickson Alpízar Soto	Asistente de invernaderos
Sr. Alberth Venegas Quesada	Asistente de invernaderos

Se agradece a los diferentes actores que desde la organización institucional, áreas productivas y productores por todo el apoyo prestado para favorecer la ejecución de las diferentes actividades relacionadas con el **Programa de Cultivo de Tejidos *in vitro***.

Introducción

El Programa de Cultivo de Tejidos *in vitro* desarrollado por DIECA inició operaciones en el año 2000 con la imperiosa necesidad de realizar mejoras constantes como fueron ampliación de las instalaciones, modernización de equipos y la integración de más personal calificado, para procurar aumentar la cobertura de los servicios prestados.

El programa se creó fundamentalmente con el objetivo de brindar servicios complementarios a la producción de semilla en las diferentes regiones, mediante el suministro de material reproductivo de calidad, con alta fitosanidad y pureza genética para el establecimiento de semilleros básicos. Con el pasar del tiempo, la incorporación de nuevos sistemas de reproducción, infraestructura, recurso humano y el incremento en la demanda de material reproductivo, han promovido un gran aumento en las expectativas de producción del programa (Cuadro 1). Actualmente el programa se enfrenta a perspectivas a futuro muy distintas que las que tenía en el año 2000 y durante los primeros 8 a 10 años de operación.

El panorama varietal ha cambiado significativamente, la rentabilidad del cultivo ha disminuido sensiblemente y asociado a todo esto, las necesidades de reproducción acelerada de materiales genéticos nuevos y de alta calidad son diferentes a las que existían cuando se inició el programa. Se ha trabajado y sigue procurando implementar mejoras que incrementen la capacidad en general del programa de manera integral, para poder cumplir con las altas expectativas establecidas por los usuarios nacionales.

El programa se ha ocupado de realizar bajo demanda pruebas y ajustes sobre la marcha para procurar aumentar los rendimientos del proceso, actualmente se están orientando los esfuerzos en el diseño, adaptación y desarrollo de sistemas de reproducción por inmersión temporal para el establecimiento del material vegetal en la fase de iniciación (siembras), y para la fase de multiplicación de las plantas en reproducción vegetativa. Estas iniciativas se llevan a cabo con el acompañamiento del Centro de Nacional de Alta Tecnología (CENat).

El actual documento tiene como objetivo informar sobre el desempeño del Programa de Cultivo de Tejidos de DIECA durante el periodo que comprende desde el 1 de octubre del 2018 hasta el 30 de septiembre del 2019.

Cuadro 1

Línea de tiempo con hitos y acciones relevantes tomadas para el Programa de Cultivo de Tejidos *in vitro* de DIECA.

Año	Hito	Meta producción (N° plantas)	Producción alcanzada (N° plantas)
1997	Planteamiento de la necesidad atender semilleros		
1998	Concreta convenio con el INA Establecimiento del Programa de Semilleros Investigación de alternativas para diagnóstico de enfermedades transmitidas por semilla Se intensifica capacitación y promoción de la hidrotermoterapia Se realizan las primeras pruebas <i>in vitro</i> en el laboratorio del INA		
1999	Se abre la primera etapa del laboratorio de DIECA Se define el protocolo de reproducción <i>in vitro</i> de caña		
2000	Laboratorio de DIECA empieza a producir Se refuerza el personal (septiembre del 2000)	N/D	11.614
2001	Se construye la segunda etapa del laboratorio	75.000	68.268
2002	Ampliación área de invernaderos en 160 m ² Se refuerza el personal (26/08/2002) Se refuerza el personal (01/10/2002)	75.000	107.528
2003		90.000	133.490
2004		90.000	128.455
2005	Implementación de protocolo para análisis por serología Primeras pruebas en inmersión temporal en el CATIE	90.000	167.217
2006		90.000	116.491
2007	Se mide el nivel de satisfacción de los beneficiarios con el programa	90.000	87.535
2008		90.000	121.559
2009		90.000	108.812
2010		120.000	103.298
2011	Ampliación área de invernaderos en 256 m ² Cambio de jefatura (01/05/2011)	120.000	70.757
2012		150.000	173.579
2013		175.000	115.681
2014	Ampliación área de invernaderos en 672 m ²	175.000	117.330
2015	Jefatura de Cultivo de Tejidos asume coordinación de laboratorios de controladores biológicos (01/03/2015)	175.000	280.398
2016		175.000	149.021
2017	Se refuerza el personal (24/03/2017)	175.000	37.772
2018	Cambio de jefatura (01/01/2018)	186.000	100.096
2019		186.000	129.252

Distribución y asignación de plántulas *in vitro* a beneficiarios nacionales

El Programa de Cultivo de Tejidos *in vitro* de DIECA entró en un bache productivo durante el periodo 2016 - 2017 y la implementación del nuevo protocolo de solicitudes de material *in vitro*, prácticamente obligó a empezar y reiniciar los procesos de reproducción prácticamente de cero. Lentamente se ha tratado de recuperar el ritmo de producción del programa y durante el periodo 2018 - 2019 se logró una producción de un 29,12% más que el periodo 2017 - 2018 a pesar de mostrar un faltante de 50.748 para alcanzar la meta originalmente prevista (Cuadro 2). Materiales que quedaron como saldos de solicitudes de periodos anteriores, fueron los que sostuvieron la producción, algunos no se solicitaron de nuevo y los que se volvieron a solicitar ya estaban en etapas vegetativas muy avanzadas en el proceso por lo que no era posible regresarlos, de ahí que hubo que volver a resembrar con material nuevo las variedades correspondientes. El 28 de febrero del 2019 venció el plazo para solicitudes y se registraron un total de 35 variedades solicitadas. El laboratorio tiene una capacidad actual para ingresar 4 variedades de manera simultánea y la fase de iniciación (siembras) requiere de 3 a 4 meses, por lo que esa cantidad de variedades demandaría de al menos 18 meses en el mejor de los casos suponiendo que las fases de iniciación (siembras) de cada uno no tuvieran problemas. Algunas de las variedades ingresadas tuvieron que sembrarse 2 y hasta 3 veces, y a 7 meses de haberse cerrado el plazo de solicitudes se habían ingresado 14 de las 35 variedades (Cuadro 4) requeridas (46%); la gran mayoría estaba para el cierre del periodo 2018 - 2019 en estados iniciales de reproducción. La distribución entre regiones luce desproporcionada (Figura 11) debido al reordenamiento de los ingresos de variedades solicitadas al programa, en relación a los materiales en existencia. La desproporción también se favorece por las entregas de plantas enraizadas en frascos para la aclimatación en el sitio, considerando que esta opción de entrega permite un mejor aprovechamiento del material vegetal, de los recursos del laboratorio y facilita mucho el transporte al lugar de destino.

Los niveles de pérdida del laboratorio exhiben uno de los valores más bajos de los que se tiene registro en informes anteriores. Se logró una reducción de un 23,5% (Cuadro 6) con respecto al

periodo anterior. La mortalidad en invernadero es un indicador revelador que se ha recabado con menos frecuencia (Cuadro 8), no obstante en este periodo mostró un 6,5% que es menos de la mitad del de periodos en los que se tiene registro. Combinadas ambas pérdidas se alcanza un valor promedio del 5,4%, muy cercano del ideal del 5% y dentro del rango tolerable entre el 5 y el 10%.

Las tasas de multiplicación del periodo no contribuyen a levantar los rendimientos y se están haciendo ajustes en la formulación de los medios de cultivo para tratar de incrementar este indicador, aunque éste también depende mucho de la variedad (Cuadro 9).

Limitantes y oportunidades de mejora

Fase de iniciación (siembras)

Como se mencionó anteriormente, la fase de iniciación presenta una limitante importante debido a una particularidad de proceso que impone una condición restrictiva. Cualquier variedad que ingrese al proceso de reproducción por cultivo de tejidos *in vitro* debe pasar por un proceso de establecimiento previo que se denomina fase de iniciación, que consiste en la siembra de los ápices disectados (extraídos) del verticilo caulinar (cogollo) de la caña de azúcar (Figura 1). Estos ápices, una vez separados del tallo donante, se deben de colocar en un medio de cultivo artificial que les proveerá de todo lo necesario para que sobrevivan sin estar conectados al tallo donante. Por las características del tipo de tejido de estos ápices, el medio de cultivo debe ser líquido y estar en agitación constante para que el ápice no muera antes de que inicie su proceso de reproducción vegetativa (Figura 2).

Los equipos de agitación que dispone el laboratorio de cultivo de tejidos se denominan agitadores orbitales, y la cantidad de agitadores que se tienen solamente permiten la siembra de 4 variedades de manera simultánea. La fase de iniciación requiere de la siembra de 100 ápices por variedad los cuales se siembran en frascos separados que se colocan en los agitadores. Estos agitadores orbitales además de que son muy costosos, requieren de un espacio físico considerable en el laboratorio lo que los vuelve poco prácticos.



Figura 1
Ápice de caña de azúcar todavía unido al tallo de la planta.

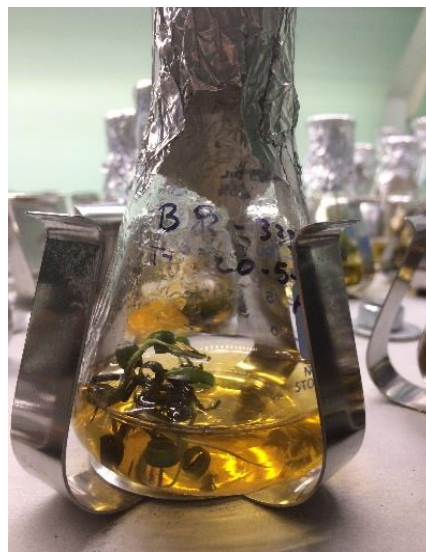


Figura 2
Ápice de caña de azúcar de la variedad B 82-331 en medio de cultivo líquido y agitación constante, entrando a la etapa de multiplicación.



Figura 3
Agitador orbital utilizado para la fase de iniciación en el laboratorio de cultivo de tejidos *in vitro* de DIECA.

Esta fase del proceso requiere de una oportunidad de mejora que permita el ingreso de mayor cantidad de variedades de manera simultánea, y que no dependa de equipos tan costosos para su implementación. Se está trabajando con el Centro Nacional de Alta Tecnología (CENat) a través del Centro Nacional de Innovaciones en Biotecnológicas (CENIBiot) en el diseño de un sistema viable, desde el punto de vista técnico y económico que permita lograr este objetivo.

Fase de multiplicación

Desde que se desarrolló el proceso de multiplicación de caña de azúcar por cultivo de tejidos *in vitro*, se procuró establecer una fórmula de medios de cultivo universal para evitar la especificidad por variedad para efectos prácticos debido a la gran cantidad de variedades que se cultivan en el país. No obstante desde el establecimiento del proceso inicial de reproducción a la fecha el inventario varietal del país ha cambiado con lo que ahora hay variedades con hábitos de reproducción diferentes, lo que requiere hacer ajustes a los medios de cultivo y técnicas para procurar mejorar las tasas de multiplicación de variedades con bajos incrementos.

La fase de reproducción vegetativa de la caña de azúcar se lleva a cabo en frascos de vidrio con medio de cultivo semisólido donde se siembran las plantas

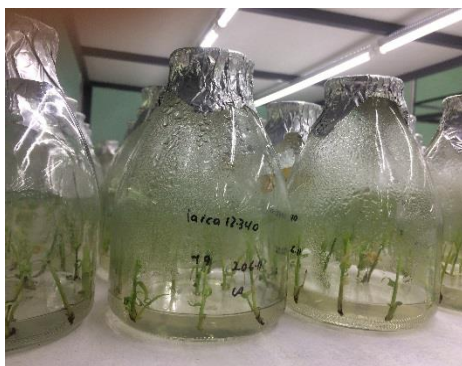


Figura 4

Caña de azúcar de la variedad LAICA 12-340 al inicio de la fase de multiplicación en medio de cultivo semisólido.



Figura 5

Caña de azúcar de la variedad LAICA 01-604 en estado de reproducción vegetativa en medio de cultivo semisólido.

Se ha reconocido que los sistemas de inmersión temporal favorecen la multiplicación de la caña de azúcar, no obstante existen diferentes diseños y técnicas que varían en desempeño y costos. DIECA ha tratado de implementar el sistema conocido como sistemas automáticos de inmersión temporal (SETIS™ por sus siglas en inglés), estos sistemas utilizan un tipo de contenedor o biorreactor (Figura 6) que por su arquitectura o forma presentan dificultades para el lavado adecuado de los equipos lo que genera enormes problemas de contaminación durante su utilización. Otra disconformidad con este sistema tiene que ver con el material del que está hecho el cual es propenso a reventaduras durante la operación, estas grietas que se forman predisponen a que se contaminen los biorreactores.



Figura 6
Biorreactor de inmersión temporal con el medio de cultivo en reposo.



Figura 7
Biorreactor de inmersión temporal con el medio en estado activo
con el medio de cultivo bañando las plantas.

En este sentido se está trabajando en el diseño de un sistema que utilice biorreactores más adecuados a la caña, económicos, de fácil mantenimiento y que se puedan adaptar a la infraestructura ya instalada en el laboratorio. Se está optando por probar el sistema conocido como biorreactor a inmersión temporal (BIT) el cual se desarrolló y probó en caña de azúcar con el CENIBiot. La Figura 8 muestra un ejemplo del sistema BIT y el tipo de biorreactor utilizado.



Figura 8

Ejemplo de biorreactor de inmersión temporal (BIT), utilizado para reproducción de papa por cultivo de tejidos *in vitro**.

Lavado de cristalería.

El lavado de la cristalería utilizada en el laboratorio es una de las que demandan mayor tiempo. Los asistentes deben dedicar una cantidad de tiempo significativa a esta labor y sería recomendable la contratación de al menos una persona por medio tiempo para que se dedique exclusivamente a esta labor, con el objetivo de que los asistentes dediquen mayor esfuerzo al trabajo en cámaras atendiendo el material en reproducción y realizando subcultivos que son la base fundamental del proceso de multiplicación del material vegetal.

* Wongket, A; Pumisitapon, P. 2017. Effect of feeding frequency and period in temporary immersion system on microtuberization of potato. Proceedings of the 24th Tri-University International Joint Seminar and Symposium 2017. Mie University, Japan. p. 123-124.

Cuadro 2
Distribución histórica del almácigo *in vitro* producido por el Programa de Cultivo de Tejidos de DIECA en los últimos 10 años.

¹ Región	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Promedio últimos 10 años	² Promedio histórico
Guanacaste Oeste	20.400	3.925	29.560	33.860	20.700	30.673	3.900	-	11.421	-	15.444	18.516
Guanacaste Este	15.632	13.600	30.799	800	21.637	31.782	37.393	-	-	14.768	18.490	17.621
Total Guanacaste	36.032	17.525	60.359	34.660	42.337	62.455	41.293	-	11.421	14.768	32.085	34.462
Pacífico Central	-	-	1.500	4.000	6.509	-	5.000	-	-	-	1.890	5.744
Zona Sur	6.500	12.200	67.680	18.848		42.337	18.048	-	31.144	6.545	22.589	18.656
San Carlos	15.300	13.350	42.040	11.900	49.193	62.326	27.403	28.272	9.532	39.200	29.852	26.379
Turrialba	36.188	11.814		8.973	254	1.220	18.453	9.500	4.112	1.474	10.221	12.021
Valle Central Occidental	9.278	15.868	2.000	37.300	19.037	112.060	38.824	-	10.502	16.619	26.149	16.766
³ No asignado									33.385	50.646	33.385	
TOTAL	103.298	70.757	173.579	115.681	117.330	280.398	149.021	37.772	100.096	129.252	127.718	116.408

- Notas:
1. Guanacaste Este corresponde a los cantones de Cañas, Bagaces y Abangares; Guanacaste Oeste corresponde a los cantones de Carrillo, Liberia, Nicoya y Santa Cruz.
 2. Promedio histórico desde el inicio de operaciones del programa.
 3. Material no asignado es el material solicitado y que no fue retirado por los beneficiarios.

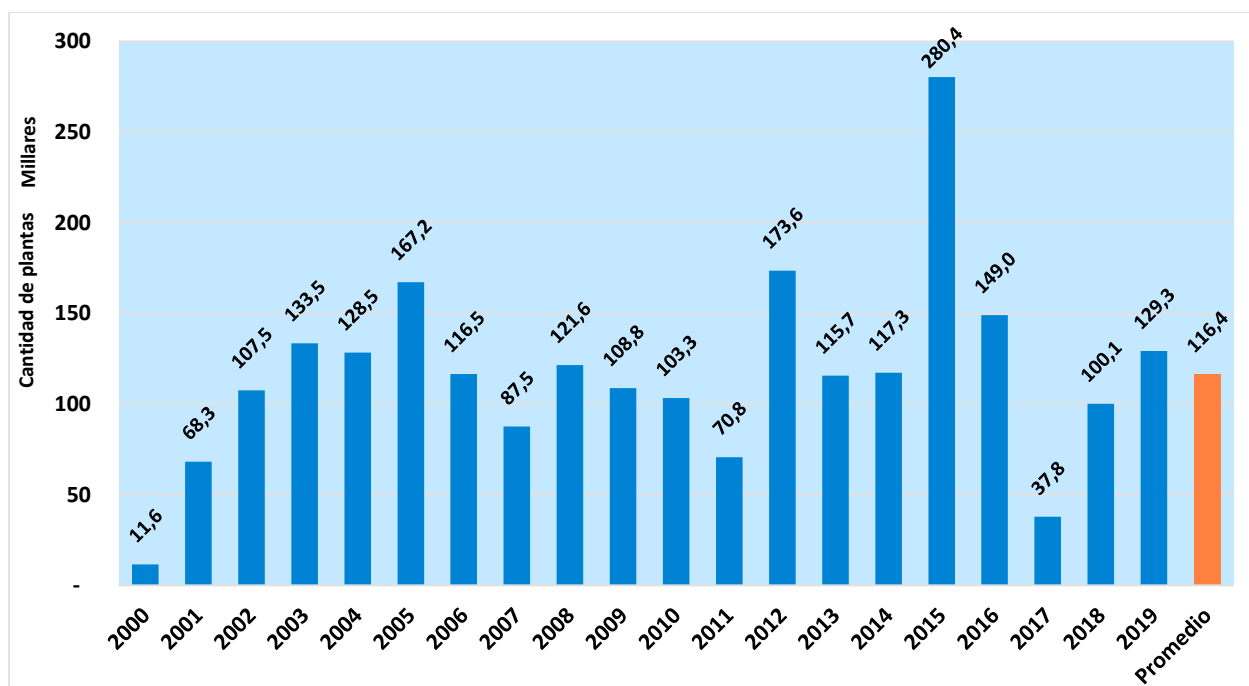


Figura 9

Histórico de producción en millares de plantas entregadas por el Programa de Cultivo de Tejidos *in vitro* de DIECA durante el periodo que comprende entre el 2000 y el 2019.

Cuadro 3

Cantidad de plantas producidas ubicadas dentro del laboratorio en proceso de reproducción al 30 de septiembre del 2019.

Variedad	Cantidad de plantas	Porcentaje
LAICA 04-809	23.744	46,9
B 76-259	11.648	23,0
LAICA 96-02	6.432	12,7
LAICA 07-801	4.864	9,60
LAICA 05-802	1.328	2,62
LAICA 12-343	1.040	2,05
RB 99-381	887	1,75
H 00-6394	160	0,316
LAICA 08-361	144	0,284
RB 86-7515	80	0,158
LAICA 12-340	73	0,144
LAICA 01-604	72	0,142
LAICA 10-207	64	0,126
B 77-95	42	0,0829
CP 72-2086	36	0,0711
LAICA 04-44	16	0,0316
LAICA 07-203	16	0,0316
Total	50.646	100

Cuadro 4

Avance en el ingreso al programa de las variedades solicitadas durante el primer trimestre del 2019.

Pendientes	Ingresadas	Entregadas
B 76-385	B 76-259	LAICA 04-809
B 82-333	B 77-95	RB 98-710
CP 00-2150	CP 72-2086	
CT 11-055	H 00-6394	
CT 14-442	LAICA 01-604	
CP 14-1518 *	LAICA 04-44	
H 77-4643	LAICA 07-203	
LAICA 00-301	LAICA 07-801	
LAICA 04-250	LAICA 10-207	
LAICA 05-805	LAICA 12-340	
LAICA 07-20	LAICA 96-02	
LAICA 07-26	Q 96	
LAICA 08-389	RB 86-7515	
LAICA 08-390	RB 99-381	
LAICA 12-341		
NA 85-1602		
RB 72-1012		
RB 83-594		
SP 79-1169		
19	14	2
54,3%	40,0%	5,71%

* Solicitud expresa de Azucarera El Palmar, se desconoce la identidad de la variedad.

Cuadro 5
Cantidad de plántulas en almácigo producido y por distribuir por el Programa de Cultivo de Tejidos al 30 de septiembre del 2019.

Variedad	Cantidad de plantas	Porcentaje	Región
LAICA 12-350	6.255	51,0	Guanacaste
RB 98-710	748	6,10	Sur
LAICA 04-809	4.004	32,6	Sur
LAICA 12-344	1.264	10,3	Guanacaste
Total	12.271	100	

Cuadro 6
Cantidad de plántulas entregadas por el Programa de Cultivo de Tejidos al 30 de septiembre del 2019.

Variedad	Cantidad de plantas	Porcentaje	Región	Solicitante	Destinatario
CC 01-1940	4.968	7,49	Guanacaste	Taboga	Taboga
TW 108-134	890	1,34	Guanacaste	Taboga, Cañas	Taboga
CP 00-2150	548	0,83	Guanacaste	N/D	Taboga
TW 80-10	480	0,72	Guanacaste	Taboga	Taboga
LAICA 12-344	363	0,55	Guanacaste	N/D	Taboga
SABORIANA	4.090	6,17	Norte	Agricultor	Agricultor
SABORIANA	2.000	3,01	Norte	Agricultor	Agricultor
LAICA 08-390	455	0,69	Norte	N/D	Cutris
RB 98-710	19.232	29,0	Sur	CoopeAgri R.L., Pérez Zeledón	
LAICA 04-809	15.216	22,90	Sur	CoopeAgri R.L., Pérez Zeledón	
B 76-259	1.474	2,22	Turrialba	DIECA	
SP 81-3250	4.157	6,27	Valle Central	Programa semilleros	
LAICA 07-26	3.900	5,88	Valle Central	N/D	Programa semilleros
LAICA 07-09	3.862	5,82	Valle Central	N/D	Programa semilleros
LAICA 07-20	2.400	3,62	Valle Central	N/D	Programa semilleros
CT 11-055	1.600	2,41	Valle Central	Programa semilleros	
CT 14-442	500	0,75	Valle Central	Programa semilleros	
CT 11-055	100	0,15	Valle Central	Programa semilleros	DIECA
CT 14-442	100	0,15	Valle Central	Programa semilleros	DIECA
Total	66.335	100			

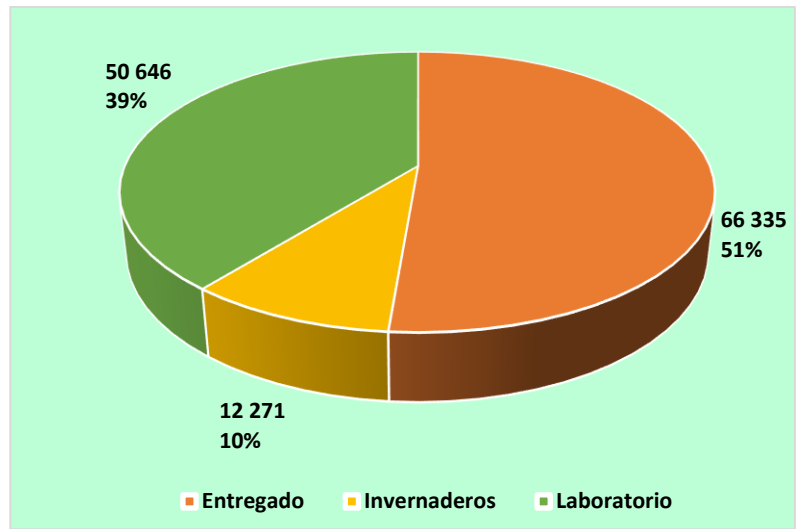


Figura 10
Distribución de la producción del Laboratorio de Cultivo de Tejidos de DIECA.

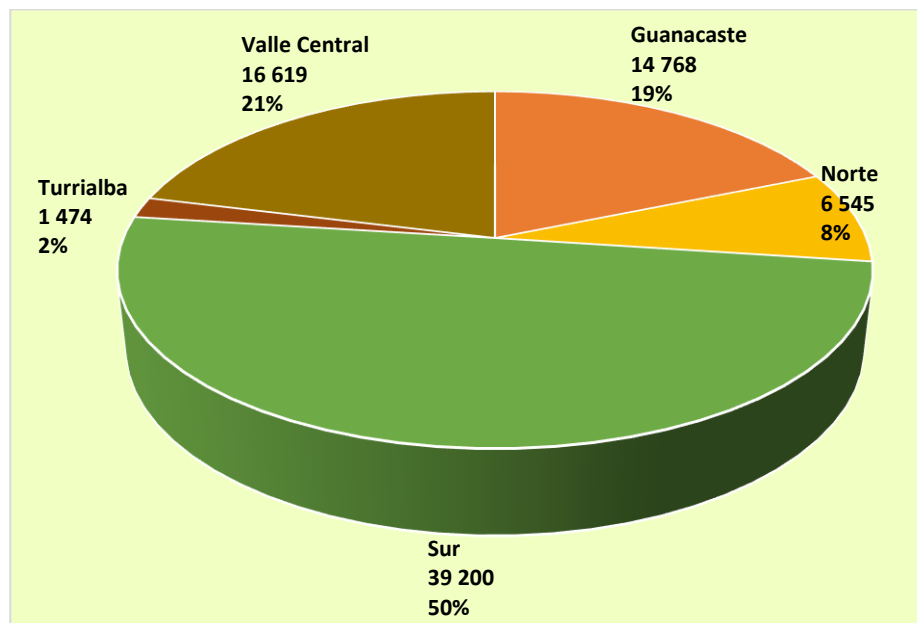


Figura 11
Distribución de la producción del Programa de Cultivo de Tejidos por regiones para el periodo 2018 – 2019.

Cuadro 7

Origen y niveles históricos de contaminación en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos de DIECA.

Periodo	Bacterias	Hongos	Virus	Muerte del explante	Total
1999-2000	0,10	0,52	N/D	0,38	1,01
2000-2001	N/D	N/D	N/D	N/D	1,74
2001-2002	N/D	N/D	N/D	N/D	0,97
2002-2003	1,46	5,18	N/D	1,22	7,42
2003-2004	15,37	6,69	N/D	0,15	22,21
2008-2009	2,40	11,00	10,50	3,90	27,80
2017-2018	8,31	19,60	N/D	N/D	27,91
2018-2019	1,18	3,09	0,12	0,06	4,44

N/D: no determinado o medido para el periodo.

Cuadro 8

Valores de porcentaje de mortalidad en invernaderos durante el proceso de aclimatación.

Mortalidad	Promedio	Actual ¹
2008-2009	13,50	
2017-2018	15,58	
2018-2019	6,40	3,47

Cuadro 9

Tasas de incremento (multiplicación) del material en reproducción que establecen la cantidad de material resultante por unidad reproducida en el Laboratorio de cultivo de Tejidos de DIECA durante el 2018.

Variedad	T3	T4	T5	T6	T7	R	Promedio
CT 11-055				3	3	8	5
LAICA 08-361			7	3			5
B 76-259	2	7	2	3			4
B 77-95	2	8	1	2			4
LAICA 04-809	5	3	3	5			4
LAICA 12-340	3	2	8	2			4
RB 98-710	4	4	3	4			4
SP 81-3250				3	4	3	4
CT 14-442				3	2	2	3
LAICA 05-802	4	2	4	1			3
LAICA 07-801	2	6	2	2			3
LAICA 10-804	2	3	2	2			3
LAICA 96-02		3	2	2			3
RB 99-381	3	2	2	2			3
H 00-6394	2	1	3				2
LAICA 04-44	3	1	2				2
LAICA 12-343	2	2	1	2			2
Promedio	3	4	3	3	3	5	4

Notas: una tasa de incremento de 5 (1:5) implica que 1 unidad produjo 5 unidades durante el paso de una fase a otra.

Fases: T = trasplantes o subcultivos; R = enraizamiento.

Conclusiones y recomendaciones

1. La preocupante dependencia actual de equipos costosos de laboratorio restringen y confinan el ingreso de solamente 4 variedades simultáneas, constituye una seria limitante a dinamizar el proceso reproductivo. La fase inicial de ingreso y siembra de ápices es determinante en la cobertura del programa, y desde que se estableció el programa, se ha realizado mediante medios de cultivo líquidos que requieren agitación constante en equipos diseñados para esta función. Los equipos de agitación o agitadores orbitales, son equipos costosos, que ocupan mucho espacio físico y limitan el ingreso de la cantidad de variedades al proceso. Esto funcionó muy bien durante los primeros 8 a 10 años del programa, pero las necesidades y expectativas actuales y sobre todo futuras son muy superiores y requieren actualización, si se desea atender y cubrir a cabalidad las demandas de los usuarios.
2. La implementación de un sistema técnicamente viable que permita el ingreso y la siembra de una mayor cantidad de variedades de manera simultánea, es un proyecto prioritario en el que se tiene que investigar y actuar en el muy corto plazo. Actualmente se están realizando investigaciones con el Centro Nacional de Alta Tecnología (CENat) por medio del Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot), valorando alternativas tecnológicas que permitan superar este determinante “cuello de botella” en el proceso reproductivo vigente.
3. También con el CENIBiot se están valorando alternativas de implementación económicamente viables, en la fase propiamente de multiplicación, para incrementar las tasas de multiplicación y los rendimientos durante los subcultivos o trasplantes. Específicamente, se están valorando sistemas con medio líquido conocidos como de “inmersión temporal” que sean alternativos al que se adquirió en periodos anteriores, conocido como SETIS™, debido a que son de un alto costo de adquisición y de difícil operación.
4. Otra oportunidad de mejora sustantiva al proceso, se ubica en la implementación de un sistema efectivo de manejo de la información que permita una mejor estimación de los indicadores de tasas de multiplicación y pérdidas, los cuales son en la actualidad cálculos muy manuales, especialmente el de las tasas de multiplicación. El sistema informático ya está instalado y funcionando a modo de prueba con los registros desde el 1 de enero del 2019. Aunque el sistema informático esté operando, todos los datos se consignan adicionalmente en una bitácora diaria que funciona como respaldo de la información y de todas las labores que se llevan a cabo en el laboratorio. La información reportada

en los informes puede ser verificada en el presente documento, el cual se seguirá manteniendo con vigencia permanente.

5. Por todo lo anterior, resulta imperativo e insoslayable mejorar, actualizar y modernizar la condición de los equipos disponibles y con ello de las tecnologías empleadas, si se desea incrementar y acompañar las necesidades que los usuarios y la agroindustria demandan.
6. La gestión desarrollada por el Programa de Cultivo de Tejidos *in vitro* durante el año 2019 hay que reconocer que no fue fácil, pues se venía padeciendo de las consecuencias generadas por una situación interna negativa, que en definitiva repercutió de manera significativa sobre los procesos de laboratorio e invernadero, conduciendo a una pérdida de sistemática y continuidad en los procesos reproductivos de rutina ejecutados. La situación a sido superada y se viene en una recuperación de lo perdido de manera lenta, sistemática y segura; el tiempo será la solución.