

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Efecto de sorbitol y sacarosa en el crecimiento *in vitro* de segmentos
nodales de camote (*Ipomoea batatas* L.)**

Estudiante

Samuel Francisco González Blandón

Asesoras

María Alexandra Bravo, M.Sc.

Alejandra Sierra Augustinus, M.Sc.

Honduras, agosto 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y métodos	9
Ubicación	9
Preparación de materiales y equipos	9
Medio de cultivo	9
Incubación.....	10
Variable evaluada.....	11
Diseño experimenta.....	11
Análisis estadístico.....	11
Resultados y Discusión.....	12
Conclusión.....	16
Recomendaciones.....	17
Referencias.....	18

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Medio de cultivo de Murashige y Skoog modificado para la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de camote (<i>Ipomoea batatas</i> L. Lam).....	10
Cuadro 2 Tratamientos evaluados para el crecimiento <i>in vitro</i> de camote.....	10
Cuadro 3 Efecto del sorbitol y sacarosa en el crecimiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de camote (<i>Ipomoea batatas</i> L. Lam) variedad Bush bock.....	13

Resumen

El cultivo de tejidos es una de las técnicas de propagación que ha contribuido con el desarrollo de una nueva agricultura propagando plantas de partes vegetativas, logrando mantener la genética idéntica a las de la planta madre. En el Laboratorio de cultivo de tejidos vegetales de Zamorano se ha investigado el uso de sorbitol para la conservación *in vitro* de germoplasma de camote establecido en medios de crecimiento lento. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de sorbitol y sacarosa en el crecimiento de segmentos nodales de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam) variedad Bush bock establecidos *in vitro*. Se utilizó como fuente de material vegetal plántulas de camote en etapa de multiplicación subcultivo IV y se realizaron cortes de segmentos nodales que fueron sembrados individualmente en tubos de ensayo con 10 mL del tratamiento a evaluar. Los tratamientos utilizados estaban compuestos por el medio de cultivo Murashige y Skoog (MS) suplementado con sacarosa (70, 35 o 17.5 g/L) o sorbitol (35, 20 o 5 g/L). Los segmentos nodales en medio suplementado con sorbitol 35, 20 y 5 g/L crecieron menos ($P \leq 0.05$) que los cultivados en medio con sacarosa 70 y 35 g/L. Para reducir el crecimiento *in vitro* de camote se recomienda utilizar solamente el medio MS suministrado con sorbitol 5 g/L.

Palabras Claves: Sorbitol, Sacarosa, Camote, *In vitro*, Segmentos nodales.

Abstract

Tissue culture is one of the propagation techniques that has contributed to the development of a new agriculture by propagating plants from vegetative parts, managing to maintain the genetics identical to that of the mother plant. The Zamorano tissue culture laboratory has investigated the use of sorbitol for *in vitro* conservation of sweet potato germplasm established in slow growth media. The objective of this study was to evaluate the effect of sorbitol, sucrose and the combination of these two compounds on the growth of sweet potato nodal segments bush bock variety established *in vitro*. Sweet potato seedlings at the subculture IV multiplication stage were used as a source of plant material and cuttings of nodal segments were individually established in 10 mL of culture medium with the treatment to be evaluated. The treatments used were composed of Murashige and Skoog (MS) culture medium supplemented with sucrose (70, 35 or 17.5 g/L) or sorbitol (35, 20 or 5 g/L). The use of sorbitol (35, 20 and 5 g/L) reduce sweet potato nodal segment growth ($P \leq 0.05$). To reduce *in vitro* growth of sweet potato nodal segments, it is recommended to use only MS medium supplied with 5 g/L sorbitol.

Key words: Sorbitol, Sucrose, Sweet potato, *In vitro*, Nodal segments.

Introducción

El cultivo de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam) es originario de México, las Antillas y Centroamérica, sin embargo, algunos investigadores afirman que su origen es en América del sur ya que encontraron batatas fósiles con más de diez mil años de antigüedad en las tumbas de la Puna de Chilca en Perú (Cusumano y Zamudio 2013). El consumo de camote ha incrementado rápidamente a nivel mundial, siendo China el país que más lo consume y también el país con la mayor producción a nivel mundial. En China se cultivan más de 100 variedades de camote, tendiendo aproximadamente el 80% de la producción a nivel mundial (Padilla Rodríguez et al. 2019).

El contenido de vitaminas, minerales, almidón, azúcares solubles y el alto porcentaje de lisina posicionan al camote en el quinto lugar de alimentos de mayor importancia en los países desarrollados después del arroz, trigo, maíz, y mandioca. En Honduras se cultiva camote anaranjado y camote rojo porque son los que más gustan al consumidor europeo. En el país actualmente nueve empresas que se dedican a la producción del tubérculo en la zona de Cantarranas, Jamastrán y Comayagua (Padilla et al. 2019).

El cultivo de tejidos vegetales es una de las técnicas de propagación que ha contribuido con el desarrollo de una nueva agricultura propagando plantas de partes vegetativas logrando mantener la genética idéntica a la de las plantas madre (Delgado Paredes et al. 2012). De esta manera contribuye como una herramienta en la conservación de germoplasma, permitiendo conservar a mediano o largo plazo cultivos libres de patógenos, logrando la seguridad alimentaria de las poblaciones, además de favorecer a las especies nativas en peligro de extinción (Aguirre Villaroel et al. 2016). El mantenimiento de explantes *in vitro* es un método alternativo para la conservación de germoplasma, especialmente especies de propagación vegetativa, como el camote, esta técnica permite el mantenimiento de una gran cantidad de accesiones en un pequeño espacio físico, contribuyendo a la reducción de costos de mantenimiento (Gobbi Vettorazzi et al. 2017).

Existen dos métodos de conservación *in vitro* cuya utilización varía en dependencia de la duración que requiera el almacenamiento. Para corto o mediano plazo el objetivo es reducir la velocidad de crecimiento del material vegetal, por lo que, puede ser empleado el método de crecimiento mínimo, por su parte, el método de crioconservación garantiza la conservación *in vitro* por períodos prolongados de tiempo (Roca et al. 1991).

Para los laboratorios que no tienen facilidades para realizar conservación a bajas temperaturas (crioconservación) es muy importante tener protocolos de crecimiento lento que les permita almacenar a mediano plazo el material vegetal sin necesidad de realizar refrescamiento de medio de cultivo o mantenimiento que implican gastos en reactivos y mano de obra. Algunas de estas formulaciones usan fuentes de carbohidratos alternativas como el sorbitol.

El sorbitol es un poliol (alcohol de azúcar) utilizado como edulcorante sustituyendo a la sacarosa en diversos productos alimentarios, el sorbitol es aproximadamente 40% menos dulce y con un tercio menos de calorías que la sacarosa (Marques et al. 2016). Este compuesto es producido en la fotosíntesis de ciertas plantas, funciona como fuente de carbono y energía en cultivos *in vitro* solamente si la especie lo produce de forma natural. El uso de sorbitol en los medios de cultivo de especies que no lo metabolizan provoca la disminución de su tasa de crecimiento, la capacidad de morfogénesis o la supervivencia del cultivo (Vegas et al. 2019).

Lopez (2019) evaluó el efecto del sorbitol en el crecimiento de segmentos nodales de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam) variedad Bush bock, y demostró que este al ser un alcohol de azúcar causa latencia, pero con la dosis evaluada (35 g/L) observó mortalidad en las vitroplántulas de camote. Por lo que el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de sorbitol y sacarosa en el crecimiento *in vitro* de segmentos nodales de camote.

Materiales y Métodos

Ubicación

El estudio se realizó entre los meses de septiembre y noviembre del año 2020 en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, ubicado en el km 30 de la carretera Tegucigalpa-Danlí.

Preparación de Materiales y Equipos

Para la siembra de los segmentos nodales se esterilizó el medio de cultivo en el auto clave a temperatura de 121°C, presión de 1 kg/cm² durante 20 minutos. Todo el procedimiento se realizó dentro de la cámara de flujo laminar, esta fue encendida y se desinfectó con alcohol al 70%, papel toalla y luego de 30 minutos se inició el trabajo. Se utilizaron plántulas de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam) variedad Bush bock en etapa de multiplicación subcultivo IV. Antes de que se realizaran los cortes de los segmentos nodales se hizo una limpieza del material vegetal en la que se eliminaron todas las hojas y raíces, posteriormente, con un bisturí se realizaron cortes de los segmentos nodales. El material vegetal se manipuló con pinzas estériles y frías, las cuales se colocaban junto con el bisturí por 30 segundos en el esterilizador de calor seco a 350°C antes y después de realizar los cortes de los segmentos nodales. El proceso de esterilización de las herramientas se repetía al cambiar el frasco del cual se obtenía el material vegetal.

Medio de Cultivo

Se utilizó el medio de cultivo Murashige y Skoog (MS) modificado por Jarret (1991), el pH del medio se ajustó a 5.8 y se le suplementó Phytigel 1.8 g/L como solidificante (Cuadro 1). Se utilizaron 30 tubos de ensayo por cada uno de los seis tratamientos y se obtuvo un total de 180 tubos los cuales fueron suministrados con 10 mL del medio de cultivo MS (Cuadro 1) suplementado con sorbitol o sacarosa según el tratamiento a evaluar (Cuadro 2).

Cuadro 1

Medio de cultivo de Murashige y Skoog modificado para la multiplicación in vitro de segmentos nodales de camote (Ipomoea batatas L. Lam)

Componentes	Fórmula	mg/L
Macroelementos MS	NH ₄ NO ₃	1650.000
	KNO ₃	1900.000
	MgSO ₄ 7H ₂ O	370.000
	CaCl ₂ 2H ₂ O	440.000
	KH ₂ PO ₄	170.000
Microelementos MS	H ₂ BO ₃	6.200
	CoCl ₂ 6H ₂ O	0.025
	CuSO ₄ 5H ₂ O	0.025
	KI	0.830
	MnSO ₄ 2H ₂ O	22.300
	Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O	0.250
	ZnSO ₄ 7H ₂ O	8.600
	FeNaEDTA	50.000
Vitaminas	Inositol	100.000
	Tiamina	0.400

Nota. Tomado de Jarret (1991)

Cuadro 2

Tratamientos evaluados para el crecimiento in vitro de camote

Tratamientos	Sacarosa (S)	Sorbitol (B)
	g/L	g/L
Sacarosa 70 (testigo)	70	0
Sacarosa 35	35	0
Sacarosa 17.5	17.5	0
Sorbitol 35	0	35
Sorbitol 20	0	20
Sorbitol 5	0	5

Nota. S7. sacarosa 70; S3. sacarosa 35; S1. sacarosa 17.5; B3: sorbitol 35; B2. sorbitol 20; B5. sorbitol 5

Incubación

Todos los cultivos fueron trasladados al cuarto de incubación en donde se mantuvieron en condiciones controladas durante todo el proceso de crecimiento. Con un fotoperíodo de 16 horas luz, 8 horas oscuridad, 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiación fotosintéticamente activa, una temperatura de 24 ± 1 °C y una humedad relativa entre 30-50%.

Variable Evaluada

Se contó el número de nudos de los segmentos nodales de camote de la variedad Bush bock a partir de los 21 días después de que se establecieron en el medio de cultivo y cada siete días hasta el día 42.

Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) donde se evaluaron seis tratamientos con 30 repeticiones cada uno por lo que se obtuvo un total de 180 unidades experimentales.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) y una separación de medias por el método de Duncan con una probabilidad $P \leq 0.05$ por medio del software Infostat versión 5.13.1.

Resultados y Discusión

El Cuadro 3 muestra el efecto del sorbitol y sacarosa en el crecimiento *in vitro* de segmentos nodales de camote (*Ipomoea batatas L. Lam*) variedad Bush bock, en el cual se observa diferencia estadística ($P \leq 0.05$) en el crecimiento de las vitroplantas de camote. Al comparar los resultados obtenidos en los seis tratamientos al día 21, se observa que los tratamientos con sorbitol a 35 y 20 g/L presentaron el menor crecimiento de los segmentos nodales de camote, mientras que el mayor crecimiento en el mismo número de días se observó con los tratamientos de sacarosa 70 y 35 g/L.

De igual manera, en las mediciones realizadas en el día 28, 35 y 42, se observó que los tratamientos que presentaron menor crecimiento de los segmentos nodales fueron los tratados con sorbitol 35 y 20 g/L, por otro lado, los tratamientos con sacarosa 70 y 35 g/L fueron los que obtuvieron crecimientos mayores. Por lo que al finalizar el experimento en el día 42, se determinó que los tratamientos con sorbitol fueron los que lograron reducir el crecimiento de los segmentos nodales debido a que presentaron los valores menores, caso contrario ocurre en los tratados con sacarosa que presentaron crecimientos mayores en todas las mediciones.

Al comparar los resultados obtenidos entre todos los tratamientos se observó que el tratamiento testigo el cual contiene 70 g/L de sacarosa presentó durante todo el experimento un mayor crecimiento de los segmentos nodales, importante mencionar que esta concentración de sacarosa es la se usa en el medio MS el cual es multiplicado *in vitro* camote.

Los tratamientos con sorbitol fueron los que presentaron un mejor efecto en retardar el crecimiento *in vitro* de segmentos nodales de camote. Al comparar los tres tratamientos suplementados con sorbitol, se observó que el tratamiento de 5 g/L presentó un mayor crecimiento de los segmentos nodales a lo largo del estudio, sin embargo los tratamientos de sorbitol 35 y 20g/L presentaron menor crecimiento, ambos tratamientos al día 21 obtuvieron resultados similares, tan solo en los días 28, 35 y 42 fueron diferentes, en el cual el tratamiento con sorbitol a 35 g/L en los días 28 y 35 demostró menor crecimiento, al finalizar el estudio al día 42 todos los tratamientos con

sorbitol no mostraron diferencias. Y aunque el tratamiento con sorbitol 5 g/L mostró diferencias significativas con el tratamiento de sorbitol 35 y 20 g/L a los 21, 28 y 35 días, al día 42 que finalizó el experimento todos los tratamientos con sorbitol lograron reducir el crecimiento de los segmentos nodales de camote establecidos *in vitro*.

Cuadro 3

Efecto del sorbitol y sacarosa en el crecimiento in vitro de segmentos nodales de camote (Ipomoea batatas L. Lam) variedad Bush bock

Tratamiento g/L	Número de nudos			
	21 días	28 días	35 días	42 días
Sacarosa 70 (testigo)	6.20 ^d	8.87 ^e	9.57 ^d	10.54 ^c
Sacarosa 35	5.30 ^{cd}	6.40 ^d	6.77 ^c	10.14 ^{bc}
Sacarosa 17.5	4.43 ^c	4.90 ^c	5.90 ^c	8.43 ^b
Sorbitol 35	0.73 ^a	1.10 ^a	0.67 ^a	2.20 ^a
Sorbitol 20	0.83 ^a	1.47 ^{ab}	2.10 ^{ab}	1.56 ^a
Sorbitol 5	2.00 ^b	2.40 ^b	2.90 ^b	3.04 ^a
Probabilidad	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Coefficiente de variación	7.94	7.13	9.65	10.07

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Se encontraron resultados similares por Acosta Pérez, K. y García Águila, L. (2005) en donde utilizaron 20 g/L de sorbitol para la conservación *in vitro* de 60 especies de pasifloras andinas, obteniendo un retardo del crecimiento y mantuvieron la totalidad de las plantas de color verde hasta el final del experimento. Esto concuerda con los resultados obtenidos también por Lopez (2019) quien menciona que el medio suplementado con sorbitol mantuvo los explantes (segmentos nodales) verdes sin crecimiento y algunos cafés parcial o completamente hasta el final del experimento. Ambos resultados coinciden con los datos obtenidos durante este estudio, en el cual se observó que todos los tratamientos con sorbitol presentaron retardos en el crecimiento de segmentos nodales.

Acosta Pérez, K. y García Águila, L. (2005) describen que la limitación del crecimiento por efecto de la concentración osmótica se debe a la reducción de la absorción de agua y nutrientes del medio de cultivo. Por lo que Rayas Cabrera et al. (2019) afirman que el sorbitol genera que un

potencial osmótico negativo en medio de cultivo, provocando que la plántula tenga dificultad en la absorción de agua y nutrientes.

En un estudio realizado por Del Montalvo Peniche et al. (2007) sobre el pimiento rojo mostró que las plántulas que se cultivaron con sorbitol, disminuyeron el número de hojas, variando de 12.6 en medio MS (control) a 10.3, 7.9 y cero a medida que las concentraciones de sorbitol aumentaron al 2, 4 y 8% respectivamente. De igual forma, esto concuerda con los resultados de Bello Bello et al. (2014) y Hassan et al. (2007) en donde el sorbitol asociado al ajuste osmótico causó una reducción en la altura en cultivos como la caña de azúcar. García Águila et al. (2007) observaron la influencia del sorbitol en la inducción de brotes axilares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) proporcionó una relación inversa entre la altura y el número de brotes a favor de la supervivencia de los explantes.

Por otro lado, durante este experimento, se observó que los tratamientos con sacarosa fueron los que presentaron mayor crecimiento de los segmentos nodales. Al observar el Cuadro 3 y comparar los tres tratamientos con sacarosa, se demuestra que el tratamiento con sacarosa a 17.5 g/L fue el que presentó menor crecimiento a lo largo del estudio, y el tratamiento testigo el cual está preparado con sacarosa a 70 g/L presentó resultados contrarios debido a que obtuvo un mayor crecimiento. Alvarenga Venutolo et al. (2007) evaluaron el efecto que causa la sacarosa en la longitud del cultivo de chayote (*Sechium edule*) establecido *in vitro* y expresaron que con 30 y 40 g/L de sacarosa se obtiene un mayor crecimiento que con 50 y 60 g/L, mientras que con 0, 70 y 80 g/L el crecimiento se reduce. Siendo contrario a los resultados obtenidos en este experimento, en el cual se demostró que, a mayor concentración de sacarosa, mayor crecimiento de los segmentos nodales.

Sin embargo, García Águila et al. (2007) explican que la sacarosa se utiliza como fuente de carbohidratos en los cultivos *in vitro* y ayuda a complementar la fotosíntesis de la planta cuando se desarrolla en este ambiente. De igual manera, Leifert et al. (1995) expresan que la sacarosa es esencial para un rápido crecimiento heterotrófico del tejido vegetal, ya que la producción de energía y carbohidratos usadas en la fotosíntesis es reducida en los ambientes *in vitro* por la falta de la luz solar.

Bhat y Chandel (1993) describen que el sorbitol es un agente osmótico no metabolizable y es más efectivo en la limitación del crecimiento mientras que la sacarosa es un carbohidrato que funciona como una fuente de energía complementando el contenido de carbono que la plántula necesita para poder realizar el proceso de fotosíntesis en los ambientes *in vitro* a falta de la luz solar. En un estudio realizado por García Águila et al. (2007) mencionan que el manitol es un agente osmótico que impide que la plántula absorba agua y nutrientes del medio de cultivo. Debido a que el sorbitol tiene las mismas características que el manitol.

Las soluciones de sorbitol funcionan de manera más eficiente contra el deterioro microbiológico que las soluciones de sacarosa. En contraste con los azúcares, el sorbitol es absorbido por las plantas por transporte pasivo lo que genera menores porcentajes de absorción. Además, la lenta absorción y el metabolismo complejo del sorbitol implica que tiene menos valor calórico que los azúcares normales. Los azúcares-alcoholes (sorbitol, manitol) son sustancias no asimilables por las plantas ya que generan estrés osmótico y reducción del crecimiento de los explantes. Delgado Paredes et al. (2012).

Según Alvarenga Venutolo et al. (2007), la presión osmótica ejercida por las soluciones de sorbitol es superior a la de las soluciones de sacarosa, razón por la cual se utiliza en los medios de cultivo *in vitro* para reducir el proceso de la asimilación de minerales y agua por las plántulas.

Conclusión

El sorbitol (35, 20 y 5 g/L) causó retardo en los crecimientos de los segmentos nodales de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam) establecidos *in vitro*. Reducir la dosis de sacarosa de 70 a 17.5 g/L retrasa el crecimiento de los segmentos nodales.

Recomendaciones

Para la conservación (crecimiento lento) *in vitro* de segmentos nodales de camote se recomienda utilizar el medio de cultivo Murashige y Skoog suplementado con 5 g/L de sorbitol.

Se recomienda evaluar el crecimiento de las plantas luego de su conservación en medio suplementado con sorbitol para conocer si hay algún efecto adverso.

Referencias

- Acosta Pérez, K. y García Águila, L. 2005. Conservación in vitro a corto plazo de ápices de plantas del híbrido de papaya IBP 42-99. *Biotecnología Vegetal*; [consultado el 8 de sep. de 2021]. 5(1):47–50. es. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/442/html>.
- Aguirre Villaroel G, Baudoin JP, Leigue Arnéz L, editores. 2016. Aplicación del cultivo de tejidos en la multiplicación y conservación de los recursos fitogenéticos. Cochabamba (Bolivia): Universidad Mayor de San Simón (Scientific conferences in universities or research centers: Scientific conference in universities or research centers). es; [consultado el 8 de sep. de 2021]. <https://cutt.ly/aQUAlxn>.
- Alvarenga Venutolo S, Abdelnour Esquivel A, Villalobos Aránbula V. 2007. Conservación in vitro de chayote (*Sechium Edule*). *Agron. Mesoam.* 18(1):65–73. doi:10.15517/am.v18i1.5037.
- Bello Bello J, Poot Poot W, Iglesias Andreu L, Caamal Velázquez H, Diaz Sanchez M. 2014. Comparison of effect of osmoregulators and growth inhibitors on in vitro conservation of sugarcane. *Agrociencia.* 48(2):439–446.
- Bhat S, Chandel K. 1993. In vitro conservation of Musa germplasm: Effects of mannitol and temperature on growth and storage. *Journal of Horticultural Science.* 68(6):841–846. doi:10.1080/00221589.1993.11516422.
- Cusumano C, Zamudio N. 2013. Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán (Argentina). Argentina: INTAE; [consultado el 8 de sep. de 2021]. <https://cutt.ly/iQUGDkc>.
- Del Montalvo Peniche M, Iglesias Andreu L, Mijangos Cortés J, Nahuat-Dzib S, Barahona Pérez F, Canto Flick A, Santana Buzzy N. 2007. In Vitro Germplasm Conservation of Habanero Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *horts*; [consultado el 8 de sep. de 2021]. 42(5):1247–1252. en_US. <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/42/5/article-p1247.xml>. doi:10.21273/HORTSCI.42.5.1247.
- Delgado Paredes G, Kato M, Vásquez Dueña M, Minchala Patiño J, Rojas Idrogo C. 2012. Cultivo de tejidos de *Piper* sp. (Piperaceae): Propagación, organogénesis y conservación de germoplasma in vitro. *Revista Colombiana de Biotecnología*; [consultado el 8 de sep. de 2021]. XIV(2):49–60. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77625401006>.
- García Águila L, Feria M, Acosta K. 2007. Aspectos básicos de la conservación in vitro de germoplasma vegetal. *Biotechnology Vegetal.* 7(2). es. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/359/727>.
- Gobbi Vettorazzi R, Silva Carvalho V, Pombo Sudré C, Rodrigues R. 2017. Developing an in vitro optimized protocol to sweet potato landraces conservation. *Acta Scientiarum. Agronomy*; [consultado el 8 de sep. de 2021]. 39(3):359–367. <https://cutt.ly/BQUFI8s>. doi:10.4025/actasciagron.v39i3.32700.
- Hassan N, El Halwagi A, Gaber A, El Awady M, Khalaf A. 2007. Slow-growth in vitro conservation of garlic cultivars grow in Egypt: Chemical characterization and molecular evaluation. *Global Journal of Molecular Sciences.* 2(2):67–75.
- Jarret R. 1991. Cultivo de Tejidos de Camote. Argentina: FACENA; [consultado el 8 de sep. de 2021]. <https://cutt.ly/0QUlj0>.

- Leifert C, Murphy K, Lumsden P. 1995. Mineral and Carbohydrate Nutrition of Plant Cell and Tissue Cultures. *Critical Reviews in Plant Sciences*; [consultado el 8 de sep. de 2021]. 14(2):83–109. <https://cutt.ly/dQUHYFc>. doi:10.1080/07352689509701923.
- Lopez D. 2019. Efecto de sorbitol e inhibidores de giberelinas en crecimiento in vitro de segmentos nodales de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam.) y papa (*Solanum tuberosum* L.) [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. ES;EN;FR;español;Spanish;French;spa. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6700>.
- Marques C, Tarek R, Sara M, Brar S. 2016. Sorbitol Production From Biomass and Its Global Market. En: Brar SK, Sarma SJ, Pakshirajan K, editores. *Integrated Biorefinery for Bioenergy and Platform Chemicals*. Amsterdam: Elsevier. p. 217–227. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128029800000122>.
- Padilla D, Raudales Y, Ramirez B, Jeffs W. 2019. Crecimiento de la exportación de camote en Honduras durante el periodo 2014-2018. [Tesis de Maestría]. Tegucigalpa, Honduras: Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables. https://issuu.com/bryanr58.br/docs/revista__digital.
- Padilla Rodríguez D, Raudales Flores Y, Ramirez Banegas BJ, Jeffs Amador WE. 2019. Crecimiento de la exportación de camote en Honduras durante el periodo 2014-2018. [Lugar desconocido]: Editorial desconocida; [actualizado el 30 de abr. de 2019; consultado el 8 de sep. de 2021]. https://issuu.com/codcuenta009/docs/revista__digital.
- Rayas Cabrera R, López Torres J, Medero Vega V, Basail Pérez M, Gutiérrez Sánchez Y. 2019. Conservación in vitro de cultivares de *Ipomoea batatas* (L.) Lam por crecimiento mínimo con el uso de manitol. *Biotecnología de las Plantas*; [consultado el 8 de sep. de 2021]. 19(1):43–51. <https://cutt.ly/5QUDw0d>.
- Roca WM, Arias DI, Chávez R. 1991. Métodos de conservación in vitro del germoplasma. Argentina: FACENA; [consultado el 8 de sep. de 2021]. <https://cutt.ly/bQUDX2b>.
- Vegas A, Molleda Martínez A, Ortega Cedillo D, Paredes E, Gualoto W, Quintero L, Baque W. 2019. Efecto del sorbitol, manitol y la sacarosa en la germinación in vitro de embriones de palma africana. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*; [consultado el 8 de sep. de 2021]. 36(3):247–264. spa. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7496950>.