

Evaluación de fertilizantes en medios de cultivo como reemplazo de reactivos químicos puros en el cultivo *in vitro* de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

Manuel Elías Gómez Lugo

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación del efecto de reemplazar cinco reactivos químicos por fertilizantes en el cultivo *in vitro* de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Manuel Elías Gómez Lugo

Zamorano, Honduras

Noviembre 2017

Evaluación de fertilizantes en medios de cultivo como reemplazo de reactivos químicos puros en el cultivo *in vitro* de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

Manuel Elías Gómez Lugo

Resumen. La malanga es una planta herbácea perenne tropical y subtropical, su cormo tiene valor nutricional por su alto contenido de carbohidratos. La propagación de plántulas de malanga a través del cultivo *in vitro* se ha convertido en una alternativa para la producción rápida, masiva y libre de enfermedades. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de sustituir los macroelementos descritos en la formulación de Murashige y Skoog añadidos comúnmente en forma de reactivos químicos puros por fertilizantes de alta solubilidad en la producción *in vitro* de brotes de malanga en las etapas de establecimiento y multiplicación. Se realizaron equiparaciones molares para proveer con los fertilizantes la misma cantidad de nutrientes dada por la formulación de Murashige y Skoog. Se evaluaron cuatro tratamientos donde la solución de macroelementos se preparó con: 1. reactivos químicos (testigo); 2. fertilizantes; 3. nitratos de amonio y nitrato de potasio como fertilizantes y los otros tres macroelementos como reactivos químicos; 4. nitrato de amonio y nitrato de potasio como reactivos químicos y los otros tres macroelementos como fertilizantes. Se midió el número de brotes por plántula a los 7, 14 y 21 días. Los resultados muestran que no existen diferencias significativas en la formación de brotes entre tratamientos en el establecimiento ni en la multiplicación. Es posible sustituir macronutrientes en forma de reactivos químicos puros por fertilizantes comerciales en las etapas de establecimiento y multiplicación en el cultivo *in vitro* de malanga si se realiza equiparación molar.

Palabras clave: Brotes, equiparación molar, macronutrientes MS.

Abstract. Taro is a perennial tropical and subtropical herbaceous plant, its corm has nutritional value because of its high carbohydrate content. The propagation of taro seedlings through *in vitro* culture has become an alternative for rapid, massive and disease-free production. The objective of this study was to evaluate the effect of replacing the macroelements described in the Murashige and Skoog formulation commonly added as pure chemical reagents by high solubility fertilizers in the *in vitro* production of taro shoots in the establishment and multiplication stages. Molar equations were made to provide the same amount of nutrients with the fertilizers given by the Murashige and Skoog formulation. Four treatments were evaluated where the macroelement solution was prepared with: 1. chemical reagents (control); 2. fertilizers; 3. ammonium nitrates and potassium nitrate as fertilizers and the other three macroelements as chemical reagents; 4. ammonium nitrate and potassium nitrate as chemical reagents and the other three macro elements as fertilizers. The number of shoots per plantlet was measured at 7, 14 and 21 days. The results show that there are no significant differences in the formation of shoots between treatments in the establishment or multiplication. It is possible to replace macronutrients in the form of pure chemical reagents by commercial fertilizers in the stages of establishment and multiplication in the *in vitro* culture of taro if molar equalization is made.

Key words: Macroelement MS, molar equations, shoots.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4. CONCLUSIÓN	12
5. RECOMENDACIONES	13
6. LITERATURA CITADA.....	14
7. ANEXOS	16

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Medio de cultivo basal de Murashige y Skoog modificado para establecimiento <i>in vitro</i> de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott).....	5
2. Medio de cultivo basal de Murashige y Skoog modificado para multiplicación <i>in vitro</i> de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott).....	6
3. Fertilizantes utilizados para reemplazar cinco reactivos químicos de los macroelementos de Murashige y Skoog para la multiplicación <i>in vitro</i> de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott).....	7
4. Diferencia de nutrientes aplicados entre los reactivos químicos puros y los fertilizantes.	8
5. Efecto de reemplazar reactivos químicos por fertilizantes en la formación de brotes por explante durante el establecimiento y multiplicación <i>in vitro</i> de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott).....	10
Figuras	Página
1. Preparación del material vegetal de los cormos de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott) desde campo hasta la siembra <i>in vitro</i>	3
2. Cormos de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott) reducidos en el proceso de desinfección previo a la siembra <i>in vitro</i>	4
3. Comparación de la apariencia de las <i>in vitro</i> plantas de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott) entre tratamientos en la etapa de establecimiento..	11
4. Comparación de la apariencia de las <i>in vitro</i> plantas de malanga (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Shott) entre tratamientos en la etapa de multiplicación..	11
Anexos	Página
1. Solución madre del tratamiento Reactivos Químicos.	16
2. Solución madre del tratamiento Fertilizantes.	16
3. Solución madre del tratamiento Nitratados Fertilizantes.	16
4. Solución madre del tratamiento Nitratados Reactivos Químicos.....	17

1. INTRODUCCIÓN

La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) es una planta herbácea perenne tropical y subtropical miembro de la familia de *Araceae*. No tiene tallos aéreos y tiene hojas grandes que provienen de un cormo subterráneo y que forma un pseudotallo pequeño. El pH del suelo para el cultivo de malanga oscila de 5.5 a 7.8. La temperatura tiene un rango óptimo de 25° a 35°C para su máxima tasa fotosintética, necesita mucha humedad en el suelo por lo que tiene un desarrollo óptimo con precipitación de 2500 mm anuales y en alturas entre 600 a 1800 msnm, aunque se podría cultivar a nivel del mar (Manner y Taylor 2011). La producción mundial de malanga para el año 2014 fue de aproximadamente 10 millones de toneladas y se concentra en la zona central y occidental de África Tropical, China y Oceanía (FAOSTAT 2017). Honduras generó más de 3.5 millones de dólares en las exportaciones de malanga entre 2015 y 2016 (SAG 2017).

El cormo de esta planta tiene valor nutricional por su alto contenido de carbohidratos. Los almidones de raíces y tubérculos representan una alternativa para solucionar problemas de hambre y dependencia de importaciones. Dado que el cultivo presenta porcentajes de almidón superiores al 80%, es comúnmente utilizada para remplazar materias primas convencionales de la industria alimentaria como maíz, ñame, yuca y papa (Torres Rapelo et al. 2013). Además, en países en vías de desarrollo la malanga es un cultivo que constituye una fuente de ingresos para pequeños productores de zonas rurales (Viloria y Córdova 2008). La malanga es uno de los cultivos más cotizados por la población antillana, por su riqueza energética y fácil digestión. Es el único alimento cuya digestión se realiza a pH neutro o cercano a éste, por lo que es recomendable en la dieta de personas con trastornos digestivos (González Vásquez et al. 2012).

La malanga es comúnmente un cultivo de propagación vegetativa. Hay esencialmente cinco tipos de material de propagación: chupones, cormillos, trozos de cormo, tallos rastreros o estolones y plántulas de cultivo de tejidos. El material de propagación se produce generalmente en el campo al mismo tiempo que el cultivo, lo cual significa que las mejores prácticas usadas para la producción de malanga también beneficiarán al material de propagación (Taylor 2007).

La forma de propagación convencional de la malanga facilita la diseminación de plagas y enfermedades. Estas son diseminadas en las nuevas áreas de producción a través del material de siembra. Uno de los mayores problemas es la presencia del virus del mosaico Dasheen (DsMV) o virus del mosaico de la malanga (Enríquez Juárez y Mairena Úbeda

2011). Se conocen varios virus que infectan la malanga siendo este el más común (Taylor 2007).

El virus del mosaico de la malanga se encuentra distribuido en las regiones tropicales y subtropicales donde se cultivan varios géneros y especies de malanga. Produce desde mosaico intenso hasta la deformación de las hojas, y conllevan a la evidente reducción de pigmentos fotosintéticos. La pérdida de pigmentos en el material afectado puede conducir a disminuir la eficiencia en la producción de hidratos de carbono durante la fotosíntesis y la consiguiente reducción de los rendimientos (Cabrera et al. 2010). El virus del mosaico de la malanga (DsMV, del inglés “Dasheen mosaic virus”) constituye una de las principales enfermedades de este cultivo. Es la enfermedad viral más difundida a nivel mundial. El traslado indiscriminado de la semilla ha aumentado su incidencia con pérdidas que alcanzan el 60% (González Vásquez et al. 2012).

La propagación de plántulas de malanga a través del cultivo *in vitro* se ha convertido en una alternativa para la producción rápida, masiva y libre de enfermedades. El cultivo de tejidos sirve para recuperar material de interés libre de patógenos en líneas infectadas. A través del cultivo de meristemas es posible eliminar virus, bacterias y fitoplasmas (Castañeda-Castro et al. 2014).

Utilizando la técnica del cultivo *in vitro* vía organogénesis directa, a través de yemas axilares se propagan diversos clones de malanga. Sin embargo, la organogénesis directa está limitada como metodología eficiente de aplicabilidad comercial, principalmente por su intensa labor y altos costos de producción (Santos Pino et al. 2011).

Estudios anteriores demostraron que es posible disminuir costos de producción en los cultivos *in vitro* sustituyendo ciertos ingredientes del medio de cultivo como los productos comerciales con alta pureza que suelen ser difíciles de conseguir por procesos de importación que resultan en incremento de costos y demora. Se obtuvo resultados en los que, tratamientos sustituyendo macronutrientes y micronutrientes del medio de cultivo por fertilizantes foliares, no se encontró diferencias significativas en el número de yemas en el brote principal, la longitud del brote principal, número de raíces por planta y cantidad de plantas sin síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) (Azofeifa et al. 2008).

Otro estudio demuestra que sustituir las sales inorgánicas por fertilizantes comerciales en el medio de cultivo da buenos resultados para la propagación *in vitro* de *Laelia anceps*. Fertilizantes como el Peters (24-8-16) al 25% promueve la generación de pseudobulbos y plantas con mayor tamaño (Romero-Tirado et al. 2007). Por estas razones se busca conseguir una alternativa para la producción *in vitro* de malanga reduciendo los costos de producción manteniendo las cualidades que se obtienen en un medio de cultivo ya probado.

El objetivo de este estudio fue:

- Evaluar el efecto de reemplazar cinco reactivos químicos por fertilizantes en la formulación de macroelementos de Murashige y Skoog en la producción *in vitro* de plántulas de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

2. METODOLOGÍA

Ubicación.

El proyecto de investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.

Material Vegetal.

Se utilizaron cormos de aproximadamente 150 g para la obtener los meristemas apicales. Luego de su cosecha los cormos fueron reducidos en tamaño y sumergidos en solución de Clorotalonil 0.5 mL/L y Estreptomicina y Oxitetraciclina 3 g/L y puestos a secar sobre papel absorbente y se mantuvieron en un lugar fresco y seco por cuatro días hasta su siembra en el laboratorio.



Figura 1. Preparación del material vegetal de los cormos de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott) desde campo hasta la siembra *in vitro*. A- Cormo de sin hojas, B- Cormo sin la base, C- Meristemo reducido y listo para siembra, D- Meristemo sembrado en el medio de cultivo.

Desinfección superficial del material vegetal. Los cormos desinfectaron superficialmente, se lavaron tres veces con agua corriente y jabón líquido comercial, luego se sumergieron en alcohol al 70% por un minuto, después se sumergieron por 20 minutos en una solución de NaClO al 30% (v/v) (cloro líquido comercial con hipoclorito de sodio al 4.72% de ingrediente activo) a esta solución se le aplicó dos gotas de Tween[®] 80 por cada 100 mL de la solución (Figura 2). Dentro de la cámara de flujo laminar se decantó la solución de NaClO y se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril (Astudillo Robles 2013).



Figura 2. Cormos de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott) reducidos en el proceso de desinfección previo a la siembra *in vitro*.

Medio de cultivo.

Los explantes se establecieron en el medio de cultivo de Murashige y Skoog modificado para el establecimiento *in vitro* de malanga semisólido y suplementado con 2 mg/L de BAP + 0.3 mg/L de AIB (Cuadro 1). Para la etapa de multiplicación se usó el medio de Murashige y Skoog modificado y suplementado 3 mg/L de BAP (Cuadro 2). Para la preparación de los medios de cultivo se utilizó agua destilada, se ajustó el pH a 5.7 utilizando KOH y/o HCL Phytigel[®] (1.8 g/L) para gelificar el medio, se dispensaron 20 mL de medio en cada frasco luego se sellaron con papel aluminio y se esterilizó a 15 PSI, 121°C por 20 minutos.

Cuadro 1. Medio de cultivo basal de Murashige y Skoog modificado para establecimiento *in vitro* de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott)

Componentes	Fórmula química	Nombre Común	mg/L
Macroelementos	CaCl ₂ .2H ₂ O	Cloruro de calcio bihidratado	440.000
	KH ₂ PO ₄	Fosfato monobásico de potasio	170.000
	KNO ₃	Nitrato de potasio	1,900.000
	MgSO ₄ .7H ₂ O	Sulfato de magnesio heptahidratado	370.000
	NH ₄ NO ₃	Nitrato de amonio	1,650.000
Microelementos	H ₃ BO ₃	Ácido bórico	6.200
	CoCl ₂ .6H ₂ O	Cloruro de cobalto hexahidratado	0.025
	CuSO ₄ .5H ₂ O	Sulfato de cobre pentahidratado	0.025
	KI	Yoduro de potasio	0.830
	MnSO ₄ .4H ₂ O	Sulfato de manganeso tetrahidratado	22.300
	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	Molibdato de sodio bihidratado	0.250
	ZnSO ₄ .7H ₂ O	Sulfato de zinc heptahidratado	8.600
	FeNa EDTA	Sal férrica sódica de ácido Etilendiaminotetraacético	50.000
Vitaminas		Myo-inositol	100.000
		Tiamina	0.400
Hormonas		BAP	2.000
		AIB	0.300
Carbohidrato		Sacarosa	30,000.000

Fuente: Navarro Paniagua 2013

Cuadro 2. Medio de cultivo basal de Murashige y Skoog modificado para multiplicación *in vitro* de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott)

Componentes	Fórmula química	Nombre Común	mg/L
Macroelementos	CaCl ₂ .2H ₂ O	Cloruro de calcio bihidratado	440.000
	KH ₂ PO ₄	Fosfato monobásico de potasio	170.000
	KNO ₃	Nitrato de potasio	1,900.000
	MgSO ₄ .7H ₂ O	Sulfato de magnesio heptahidratado	370.000
	NH ₄ NO ₃	Nitrato de amonio	1,650.000
Microelementos	H ₃ BO ₃	Ácido bórico	6.200
	CoCl ₂ .6H ₂ O	Cloruro de cobalto hexahidratado	0.025
	CuSO ₄ .5H ₂ O	Sulfato de cobre pentahidratado	0.025
	KI	Yoduro de potasio	0.830
	MnSO ₄ .4H ₂ O	Sulfato de manganeso tetrahidratado	22.300
	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	Molibdato de sodio bihidratado	0.250
	ZnSO ₄ .7H ₂ O	Sulfato de zinc heptahidratado	8.600
	FeNa EDTA	Sal férrica sódica de ácido Etilendiaminotetraacético	5.000
Vitaminas		Myo-inositol	100.000
		Tiamina	0.100
		Piridoxina	0.500
		Ácido Nicotínico	0.500
Aminoácidos		Glicina	2.000
Hormonas		BAP	3.000
Carbohidrato		Sacarosa	30,000.000

Fuente: Astudillo Robles 2013

Para la sustitución de los macroelementos agregados en forma de reactivos químicos puros se utilizaron fertilizantes de alta solubilidad, estos son fáciles de conseguir y representan una alternativa más económica y accesible (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fertilizantes utilizados para reemplazar cinco reactivos químicos de los macroelementos de Murashige y Skoog para la multiplicación *in vitro* de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott)

Nombre común y fórmula química	Fórmula (N-P-K-Ca-Mg-S-Cl)	Dosis (mg/L)
Nitrato de amonio (NH ₄ NO ₃)	34.5-0-0-0-0-0-0	1,640
Nitrato de potasio (KNO ₃)	13.5-36.5-0-0-0-0-0	2,040
Sulfato de magnesio Heptahidratado (MgSO ₄ .7H ₂ O)	0-0-0-0-9.8-13-0	372
Fosfato monobásico de potasio (KH ₂ PO ₄)	0-52-34-0-0-0-0	170
Cloruro de calcio (CaCl ₂)	0-0-0-93(CaCl ₂)+0.25 (CaOH ₂)-0-0- Cl 93	345

Se realizó equiparación molar para proveer a los propágulos la misma cantidad de nutrientes que los reactivos químicos. Para realizarla se tomó en cuenta el peso molecular del reactivo y del elemento, el porcentaje del elemento deseado en los fertilizantes comerciales y el peso total de la molécula. Con estas variables se calculó la cantidad del fertilizante a utilizar para proporcionar la cantidad de nutrientes lo más parecida a la dosis recomendada por Murashige y Skoog (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diferencia de nutrientes aplicados entre los reactivos químicos puros y los fertilizantes.

Insumo	Nutrientes	Peso reactivo (mg)	Peso fertilizante (mg)	Dif (mg)	%
NH ₄ NO ₃		1650	1640		
	N	577.50	565.80	-11.7	-2.0
KNO ₃		1900	2040		
	N	263.37	275.40	12.0	4.6
	K	733.66	744.82	11.2	1.5
MgSO ₄ ·7H ₂ O		370	372		
	Mg	36.10	36.46	0.4	1.0
	S	48.13	48.36	0.2	0.5
KH ₂ PO ₄		170	170		
	K	48.04	47.96	-0.1	-0.2
	P	38.19	38.60	0.4	1.1
CaCl ₂ ·2H ₂ O		440	345		
	Ca	117.33	117.14	-0.2	-0.2
5 Fertilizantes	Cl	205.33	204.18	-1.2	-0.6
	N	841	841	0.3	0.0
	K	782	793	11.1	1.4
	Mg	36.1	36.5	0.4	1.0
	S	48.1	48.4	0.2	0.5
	P	38.2	38.6	0.4	1.0
	Ca	117.3	117.1	-0.2	-0.1
Cl	205.3	204.2	-1.1	-0.5	
Total		2,068.0	2,079.0	12.0	3.0

Tratamientos. Se evaluaron cuatro tratamientos donde las soluciones de macroelementos fueron preparadas con:

1. Reactivos Químicos: Los macroelementos del medio fueron agregados como reactivos químicos puros y siguiendo la recomendación de Murashige y Skoog (Cuadros 1 y 2).
2. Fertilizantes: Los macroelementos fueron agregados como fertilizantes (Cuadro 4).
3. Nitratos Fertilizantes: Medio de cultivo preparado reemplazando el nitrato de amonio y el nitrato de potasio por fertilizantes de alta solubilidad, el sulfato de magnesio heptahidratado, el cloruro de calcio y el fosfato monobásico de potasio se agregaron como reactivos químicos puros.
4. Nitratos Reactivos Químicos: Medio de cultivo preparado reemplazando el sulfato de magnesio heptahidratado, el cloruro de calcio y el fosfato monobásico de potasio por fertilizantes de alta solubilidad, el nitrato de amonio y el nitrato de potasio se agregaron como reactivos químicos puros.

Refrescamiento. Cada 21 días se refrescó del medio de cultivo en el que se cambiaban las *in vitro* plantas de frasco con medio nuevo.

Incubación. Los frascos fueron incubados a una temperatura de 24°C, con una humedad relativa 70%, con intensidad lumínica de 2000 lux y un fotoperiodo de 16 horas luz por lámparas fluorescentes.

Diseño experimental.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos y 70 repeticiones por tratamiento. Cada repetición es considerada una unidad experimental.

Variables medidas. Cada semana se contaron los brotes en cada una de las unidades experimentales. Se tomaron los datos del conteo anterior a cada multiplicación y se hizo un análisis estadístico para evaluar las diferencias entre tratamientos. Se contó el número de explantes establecidos al día 21 y número de brotes por explante a partir del día 21 cada 7 días hasta el día 111.

Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza con separación de medias con el método de Duncan exigiendo un nivel de significancia ($P \leq 0.05$). Se usó el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS[®] versión 9.4).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobrevivencia.

El porcentaje de sobrevivencia fue de 100%, ya que no murió ninguna de las plántulas en ninguno de los tratamientos y en ninguna de las etapas del experimento.

Número de brotes por explante.

Después de analizar los datos y haber hecho la separación de medias se comprobó que no hubo diferencias significativas en el número de brotes entre los tratamientos evaluados en el establecimiento ni en las multiplicaciones (Cuadro 5). Esto significa que los tratamientos hacen que las *vitro* plantas tengan un comportamiento similar (Figura 3 y 4). Estos resultados concuerdan con los de Azofeifa et al. 2008 en los que se sustituyó abonos foliares comerciales en la elaboración de medios de cultivo *in vitro* para papa y no obtuvo diferencias significativas entre tratamientos en variables como altura, peso fresco y raíces.

Cuadro 5. Efecto de reemplazar reactivos químicos por fertilizantes en la formación de brotes por explante durante el establecimiento y multiplicación *in vitro* de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott)

Tratamientos	Establecimiento	Multiplicación		
		1	2	3
1 Testigo	1.45 ns	1.69 ns	2.75 ns	1.85 ns
2 Fertilizantes	1.43	1.63	2.48	1.86
3 Nitratos Fertilizantes	1.64	1.74	2.84	2.14
4 Nitratos Reactivos Químicos	1.54	1.67	2.82	1.80
Prueba F	0.33	0.09	2.1	1.12
Coefficiente de variación	40.98	41.43	42.54	58.31
Grados de libertad	51	72	81	199
Probabilidad	0.806	0.9665	0.1072	0.3441

ns: No hay diferencias significativas basadas en la prueba de separación Duncan ($P \leq 0.05$)

Estos resultados no concuerdan con los de un estudio en el que, si hubo diferencias significativas entre tratamientos al sustituir nitrato de amonio, nitrato de potasio y sulfato de magnesio en forma de fertilizantes en el medio de cultivo para camote (*Ipomoea batatas* L.) (Tobar Hernández 2016). En este estudio no se realizó equiparación molar, lo que puede explicar esos resultados y destaca la importancia de hacer este procedimiento en estos tipos de estudios.

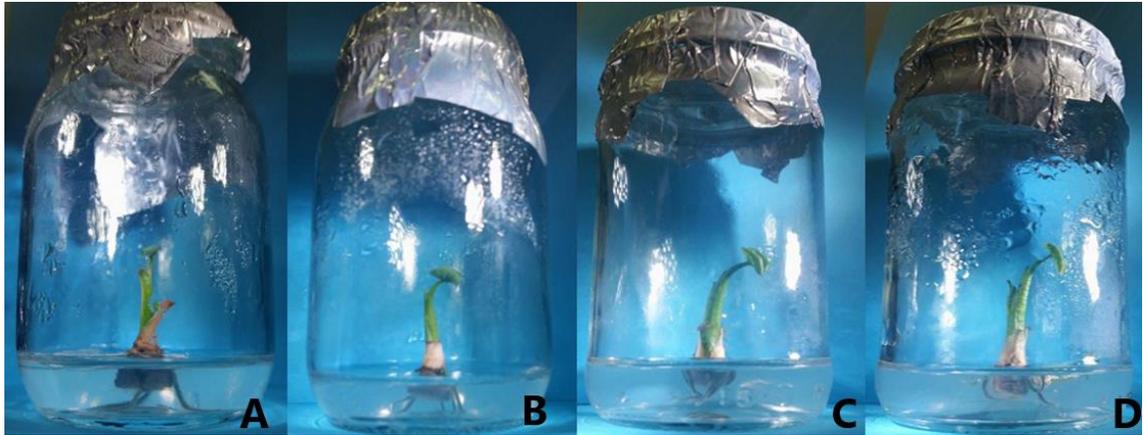


Figura 3. Comparación de la apariencia de las *vitro* plantas de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott) entre tratamientos en la etapa de establecimiento. A- Reactivos químicos, B- Fertilizantes, C- Nitratos Fertilizantes, D- Nitratos Reactivos Químicos.

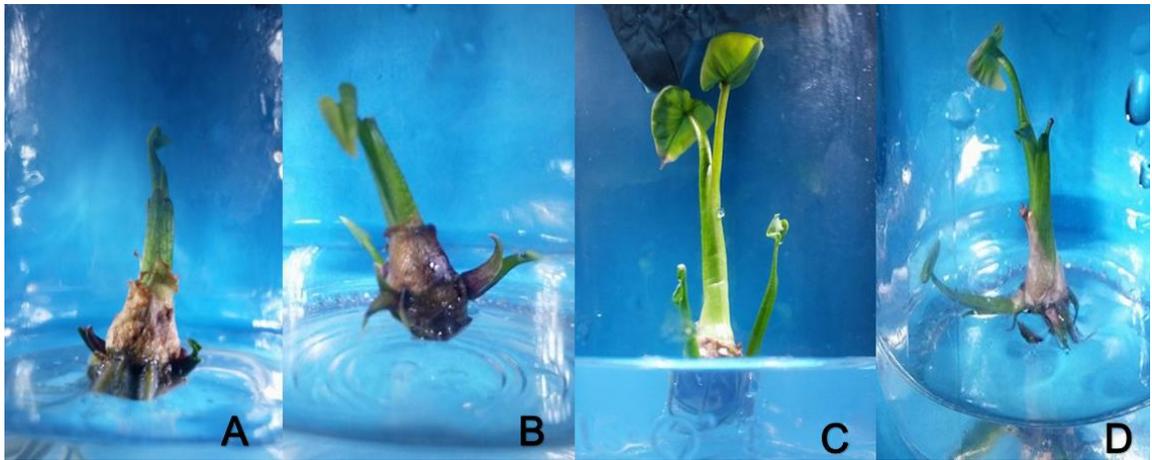


Figura 4. Comparación de la apariencia de las *vitro* plantas de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott) entre tratamientos en la etapa de multiplicación. A- Reactivos químicos, B- Fertilizantes, C- Nitratos Fertilizantes, D- Nitratos Reactivos Químicos.

4. CONCLUSIÓN

Es posible sustituir macronutrientes en forma de reactivos químicos puros por fertilizantes comerciales en las etapas de establecimiento y multiplicación en el cultivo *in vitro* de malanga si se realiza equiparación molar.

5. RECOMENDACIONES

- Repetir el estudio agregando los macronutrientes y micronutrientes en forma de fertilizantes de alta solubilidad.
- Continuar el estudio en las etapas de enraizamiento y aclimatación.

6. LITERATURA CITADA

- Astudillo Robles JE. 2013. Establecimiento y multiplicación *in vitro* de malanga coco (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 23 p.
- Azofeifa Á, Guevara E, Jiménez VM. 2008. Uso de abonos foliares comerciales en la elaboración de medios de cultivo *in vitro*. *Agronomía Costarricense*. [consultado 2017 jun 14]; 32(2): 149-160. eng. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6762>
- Cabrera D, González JE, Portal O, Hernández R. 2010. Influencia del virus del mosaico de la malanga sobre el contenido de clorofilas en *Xanthosoma nigrum* (vell.) genotipo inivit m 95-1. *Revista Protección Vegetal*. [consultado 2016 nov 3]; 25(3): 194-196. eng. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522010000300008
- Castañeda-Castro O, Gómez-Merino FC, Trejo-Téllez LI, Morales-Ramos V, González-Arnao MT, Martínez-Ocampo YM, Gámez-Pastrana R, Pastelín-Solano MC. 2014. Aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales en caña de azúcar. *ResearchGate Agroproductividad*. 7(2):16–21.
- Enríquez Juárez DY, Mairena Úbeda EN. 2011. Efecto de dos condiciones de humedad del suelo y tiempo de cosecha sobre el rendimiento de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para exportación, Boaco-Nicaragua 2011 [Tesis]. Universidad Nacional Agraria-Managua. 32 p.
- FAOSTAT. 2017. Production quantities of Taro (cocoyam) by country 2014. [actualizado 2017 may 17; consultado 2017 ago 20]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- González Vazquez RE, González Ramírez JE, Cabrera Mederos D. 2012. Influencia del tipo de muestra en la inmunodetección del virus del mosaico de la malanga. *Revista Mexicana de Fitopatología*. [consultado 2016 nov 15]; 30(1): 43-48. eng. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092012000100004 .
- Manner HI, Taylor M. 2011. Farm and forestry production and marketing profile for taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). In: Craig R. Elevitch. *Specialty crops for pacific agroforestry*. Holualoa, Hawai'i. United States Department of Agriculture

- WesterRegion Sustainable Agriculture Research and Education (USDA-WSARE). 431-464.
- Navarro Paniagua MB. 2013. Evaluación de medio líquido y semisólido en la micropropagación de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 17 p.
- Romero-Tirado R, Luna Rosales BS, Barba Álvarez A. 2007. Uso de complejos comerciales como sustitutos de componentes del medio de cultivo en la propagación *in vitro* de *Laelia anceps*. Lankesteriana International Journal on Orchidology. [consultado 2017 jun 14]; 7(1-2): 353-356. eng. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44339813072>
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería Honduras). 2017. Honduras incrementa exportación de malanga [internet]. Tegucigalpa. [consultado 2017 sep 18]. <http://www.sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2017/febrero-2017/honduras-incrementa-exportacion-de-malanga/>
- Santos Pino A, Cabrera Jova M, Gómez Kosky R, López Torres J, Rayas Cabrera A, Basail Pérez M, Medero Vega V, Beovides García Y. 2011. Multiplicación en sistema de inmersión temporal del clon de malanga “Viequera” (*Xanthosoma* spp.). Revista Colombiana de Biotecnología. [consultado 2016 oct 27]; 13(2): 97-106. eng. <http://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/27954>
- Taylor M. 2007. Malanga. In: Juan Fajardo, NeBambi Lutaladio, Michael Larinde y Cadmo Rosell. Material de propagación de calidad declarada: Protocolos y normas para cultivos propagados vegetativamente. Lima (Perú). FAO. 101-108
- Tobar Hernández TB. 2016. Evaluación del efecto de reemplazar tres reactivos químicos por fertilizantes en la producción *in vitro* de plántulas de camote (*Ipomoea batatas* L.) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 19 p
- Torres Rapelo A, Montero Castillo P, Duran Lengua M. 2013. Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Revista Lasallista de Investigación. [consultado 2017 jun 22]; 10(2): 52-61. eng. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69529816007>
- Viloria H, Córdova C. 2008. Sistema de producción de ocumo chino (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en la parroquia Manuel Renaud del municipio Antonio Díaz del estado Delta Amacuro, Venezuela. Revista Universidad de Oriente (UDO) Agrícola. [consultado 2017 jun 22]; 8(1): 98-106. eng. <http://www.bioline.org.br/pdf?cg08013>

7. ANEXOS

Anexo 1. Solución madre del tratamiento Reactivos Químicos.

Macroelementos MS 10X	g/L
NH ₄ NO ₃	16.500
KNO ₃	19.000
CaCl ₂ .2H ₂ O	4.400
MgSO ₄ .7H ₂ O	3.700
KH ₂ PO ₄ (Agregar por último)	1.700

Anexo 2. Solución madre del tratamiento Fertilizantes.

Macroelementos MS 10X	g/L
NH ₄ NO ₃ Fertilizante	16.400
KNO ₃ Fertilizante	20.400
CaCl ₂ uso en Agroindustria	3.450
MgSO ₄ .7H ₂ O Fertilizante	3.720
KH ₂ PO ₄ Fertilizante (agregar por último)	1.700

Anexo 3. Solución madre del tratamiento Nitratados Fertilizantes.

Macroelementos MS 10X	g/L
NH ₄ NO ₃ Fertilizante	16.400
KNO ₃ Fertilizante	20.400
CaCl ₂ .2H ₂ O reactivo químico	4.400
MgSO ₄ .7H ₂ O reactivo químico	3.700
KH ₂ PO ₄ reactivo químico (agregar por último)	1.700

Anexo 4. Solución madre del tratamiento Nitratos Reactivos Químicos.

Macroelementos MS 10X	g/L
NH ₄ NO ₃ reactivo químico	16.500
KNO ₃ reactivo químico	19.000
CaCl ₂ uso en Agroindustria	3.450
MgSO ₄ .7H ₂ O Fertilizante	3.720
KH ₂ PO ₄ Fertilizante (agregar por último)	1.700