

Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización

Jorge Luis Blandón Avilés

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización

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

Presentado por:

Jorge Luis Blandón Avilés

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2008

Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización

Presentado por:

Jorge Luis Blandón Avilés

Aprobado:

Abelino Pitty, Ph.D.
Asesor principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Director de Carrera Ciencia y
Producción Agropecuaria

Rommel Reconco, M.A.E.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Donald Zelaya, M.Sc.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D. B. A.
Rector

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador de Fitotecnia

RESUMEN

Blandón, J. 2008. Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 20 p

La producción de almácigos de café en Centroamérica se realiza, generalmente, en bolsas de polietileno negro que tienen diferentes dimensiones de acuerdo al tiempo en que las plantas permanecerán en el vivero. Si el almácigo es para un máximo de 180 días se usa la bolsa de 16 × 20 cm que tiene un volumen de 3.71 L, para mayores periodos se emplean bolsas de 18 × 26, 23 × 26 y 23 × 31 cm. Un factor clave en la fase de almácigos es garantizar un suelo para el llenado de bolsas que cumpla con los requisitos de textura, estructura, fertilidad y sobretodo sanidad a fin de obtener plantas sanas y vigorosas que tendrán un buen desempeño en el campo. Generalmente, los productores no atienden las anteriores consideraciones ya sea por escasez de suelo o por razones de costo, pues se necesita mucha tierra para el llenado de las bolsas y terminan haciéndolo con material de poca calidad comprometiendo la calidad del almácigo y consecuentemente el comportamiento productivo de sus cafetales en el futuro. El objetivo de este ensayo fue evaluar tres sustratos y tres tipos de fertilizantes que mejor se ajustan a la producción de almácigos en tubetes. Los sustratos evaluados fueron: Kuntan, Pro-Mix[®], Procafe, y los fertilizantes: Osmocote[®], DAP (18-46-0) y un fertilizante Orgánico. El experimento tuvo una duración de cuatro meses y se llevó a cabo en la hacienda Santa Maura, Jinotega, Nicaragua. Los mejores resultados en todas las variables estudiadas se obtuvieron con la interacción entre el sustrato Pro-Mix[®] y el fertilizante Osmocote[®] independientemente de que variedad de café (Pacamara o Catuaí) se utilice. En general el sustrato Pro-Mix[®] muestra valores significativamente superiores o iguales a los sustratos Kuntan y Procafe, sin embargo el fertilizante Osmocote[®] fue superior a la expresión de todas las variables de crecimiento, encontrándose diferencia significativa en la variedad Pacamara para las variables de altura y grosor del tallo, aunque al final su comportamiento en termino de área foliar, pares de hojas y biomasa seca total no difieren de la variedad Catuaí.

Palabras clave: Catuaí, Kuntan, Pacamara, Pro-Mix[®], Procafe, Osmocote[®].

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Contenido.....	v
Índice de Cuadros y Anexos.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
CONCLUSIONES.....	11
RECOMENDACIONES.....	12
BIBLIOGRAFÍA.....	13
ANEXOS.....	14

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Efecto de tres sustratos en la altura, grosor, pares de hojas, área foliar y biomasa seca total en plantas de café (<i>Coffea arabica</i>) a los 120 días después del trasplante. Jinotega, Nicaragua, 2008.....	7
2. Resultado de análisis de los sustratos usados en el experimento.....	7
3. C.I.C, Saturación de bases y conductividad eléctrica de los sustratos usados en el experimento.....	8
4. Efecto de cuatro fertilizantes en la altura, grosor, pares de hojas, área foliar y biomasa seca total en plantas de café (<i>Coffea arabica</i>) a los 120 días después del trasplante. Jinotega, Nicaragua, 2008.....	8
5. Efecto de dos variedades en la altura, grosor, pares de hojas, área foliar y biomasa seca total en plantas de café (<i>Coffea arabica</i>) a los 120 días después del trasplante. Jinotega, Nicaragua, 2008.....	9
6. Efecto de los tratamientos en la altura, grosor, pares de hojas, área foliar y biomasa seca total en plantas de café (<i>Coffea arabica</i>) a los 120 después del trasplante, Jinotega, Nicaragua,2008.....	10
Anexos	
1. Cuadro de tratamientos.....	14
2. Camas de suspensión para los tubetes.....	15
3. Tubete o cono macetero.....	15
4. Costo de producir 4000 plantas de café en tubetes con sustrato Kuntan y fertilizante Osmocote®.....	16
5. Costo de producir 4000 plantas de café en tubetes con sustrato Pro-Mix y fertilizante Osmocote®.....	17
6. Costo de producir 4000 plantas de café en tubetes con sustrato Procafé y fertilizante Osmocote®.....	18
7. Costo de producir 4000 plantas de café convencionalmente.....	19
8. Composición del fertilizante de liberación controlada.....	20
9. Composición (porcentaje), de los fertilizantes usados en el experimento.....	20

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L) (familia Rubiáceas), arbusto, perenne, siempre verde originario de Etiopía. Hoy es el grano que genera la bebida más conocida en el mundo. Tiene gran auge en el mercado internacional por la elaboración de bebidas calientes y heladas, licores, vinos y caramelos. La especie económicamente más importante de café es *Coffea arabica*, la cual produce del 80 al 90% de la producción mundial.

El café es el principal rubro de exportación agrícola de Nicaragua. En el 2008 se exportaron 1, 656,296 quintales que generaron \$ 228, 009,864 (Cetrex 2008). Además, el cultivo de café genera empleo en el campo y contribuye a la estabilidad social de la nación.

La producción de almácigos de café de buena calidad es una condición indispensable para el establecimiento de cafetales de alta producción y calidad, siendo el café un cultivo perenne que estará en el campo por lo menos 20 años (ICAFE 1998). Un factor clave en la fase de almácigos es garantizar un suelo para las bolsas que cumpla con los requisitos de textura, estructura, fertilidad y sobretodo sanidad a fin de obtener plantas sanas y vigorosas que seguramente tendrán un buen desempeño al llevarlas al campo.

La producción de almácigos de café en Centroamérica se realiza, generalmente, en bolsas de polietileno negro que tienen diferentes dimensiones de acuerdo al tiempo en que las plantas permanecerán en el vivero. De esta manera, si el almacigo es para un máximo de 180 días se usa la bolsa de 16 × 20 cm que tiene un volumen de 3.71 L, para mayores periodos se emplean bolsas de 18 × 26, 23 × 26 y 23 × 31 cm.

Generalmente, los productores no atienden las anteriores consideraciones ya sea por escasez de suelo o por razones de costo, pues se necesita mucha tierra para el llenado de las bolsas y terminan haciéndolo con material de poca calidad comprometiendo la calidad del almacigo y consecuentemente el comportamiento productivo de sus cafetales en el futuro. Algunos cafetaleros se esfuerzan por garantizar un buen sustrato, pero terminan permitiendo la contaminación de sus plantas al colocar las bolsas sobre suelos infestados por patógenos como hongos y principalmente nematodos, anulando la validez de su trabajo.

Como factores de costo el traslado de suelo, llenado y aliñado de bolsas y luego el transporte de plantas del vivero al campo definitivo resulta en mayores gastos y además el mal manejo de las bolsas es un factor de contaminación ambiental, pues estas quedan regadas en los campos. Una modificación a la tecnología convencional de bolsas es la producción de almácigos en tubetes. Los objetivos de esta investigación fueron determinar el sustrato, fertilizante y variedad que mejor se ajusten a la producción de almácigos de café en tubetes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Hacienda Santa Maura ubicada en el departamento de Jinotega, Nicaragua a 30 km de la cabecera departamental, localizada a 13 ° 05'N y a 86 ° 00'O, a 1100 msnm. El sitio tiene una precipitación anual entre 1800 a 2400 mm distribuidos en nueve meses del año, la temperatura media anual es de 19°C y el valor promedio de la humedad relativa es de 85 y 95%.

El ensayo se llevó a cabo del 26 de abril de 2008 hasta el 30 de agosto de 2008 en el lugar de producción de almácigos de la Hacienda conocida como los "Planes", que este es el lugar donde tradicionalmente la finca establece los almácigos de café. El lugar cuenta con los requisitos para el establecimiento de almácigos (estar cerca del semillero, fácil acceso, topografía plana y disponibilidad de riego).

El trabajo estuvo basado en el establecimiento de almácigos en tubetes (llenados con diferentes sustratos y fertilizados de diferente manera) a fin de evaluar su comportamiento y establecer comparaciones entre las mismas y los almácigos producidos convencionalmente en la finca.

Se usaron tres tipos de sustratos para el llenado de los contenedores:

Sustrato KUNTAN: Sustrato que propone INTA Nicaragua, que es a base de humus de lombriz + cascarilla de arroz carbonizada.

El lombrihumus es la deyección de las lombrices. El lombrihumus se caracteriza por su alto contenido de macro y micronutrientes, vitaminas y hormonas vegetales. Es fácilmente asimilado por las plantas, sin provocar deterioro de las características físicas del suelo. Además, contribuye a mejorar las propiedades del mismo, enriqueciendo su vida microbiana (RAMACAFE 2008).

Sustrato Pro-Mix®: Pro-Mix es un sustrato a base de turba de musgo esfágnico (peat moss), del género *Sphagnum*, utilizado para el crecimiento de plántulas en bandejas (Premierhort 2008). En este sustrato se preparó con Pro-Mix® y arena de río.

Sustrato Procafé: Este sustrato se preparó con suelo franco, lombrihumus, material orgánico (aserrín) y de material inerte (arena de río). Este sustrato lo propone la Fundación Salvadoreña Para Investigaciones Del Café (PROCAFE 1991).

Fertilizante convencional: Se usó fertilizante 18-46-0 (DAP), a razón de 2 g en 20 mL de agua por cada tubete, cada 20 días después del trasplante. Es el fertilizante químico que se usa normalmente en las fincas cafetaleras, es una fuente de fósforo de rápida asimilación, con 18% de nitrógeno amoniacal.

Fertilizante Osmocote® 15-9-12: Fertilizante de liberación lenta. Se aplicó al momento de la preparación de los sustratos. Se mezcló con el sustrato a razón de 2 g por tubete, este fertilizante sólo se aplicó una vez en todo el experimento.

Un fertilizante de liberación lenta y controlada adecuadamente diseñado, puede liberar los nutrientes de la manera requerida por cada tipo de planta según la fase de crecimiento. Este permitirá una utilización eficiente de los mismos, con el consiguiente ahorro de producto y lo que también se aminora la contaminación (Palacios 2008)¹.

Fertilizante orgánico: Esta fertilización se hizo con roca fosfórica y ácidos húmicos, en la cual se usó 2 g de Fosfomax® y 0.5 g de Tacre-Humic® en 20 mL de agua por cada tubete, se aplicó cada 20 días después del trasplante.

Ácidos Húmicos es un componente del humus (del lat. *humus*) el cual está constituido por huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvico (Payne 1999). Fosfomax® es un fertilizante mineral al suelo que contiene calcio, fósforo y silicio concentrados. Es un producto especialmente formulado para los suelos ácidos con deficiencias de estos nutrientes².

Variedad Catuaí: Es una variedad de porte bajo, pero más alta que Caturra, las ramas laterales forman un ángulo cerrado con el tallo principal, los entrenudos son cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde, las hojas adultas tienen una forma redondeada y son brillantes. Es una variedad muy vigorosa, que desarrolla mucho crecimiento lateral con “palmillas”. El fruto no se desprende fácilmente, lo que es una ventaja para las zonas donde la maduración coincide con períodos de lluvias intensas (ANACAFE 2006).

Variedad Pacamara: Variedad obtenida del cruzamiento entre el Pacas y Maragogype, realizado en El Salvador. Sus descendencias combinan características propias del Pacas, como planta de porte pequeño, entrenudos cortos y alta productividad, con frutos y hojas de tamaño grande de tipo Maragogype. Presenta variaciones en el tamaño del fruto y grano (ANACAFE 2006).

Para el almácigo se construyeron dos camas, una de las cuales se hizo con un marco de madera poniéndole malla ciclón. En cada orificio de la malla se colocó un tubete. En la otra cama se colocaron bandejas de polietileno en las cuales se colocaron los tubetes (anexo 2).

¹ Palacios, G.2008. Fertilizante Osmocote® (correo electrónico). San Pedro Sula, Honduras.

² Pacheco, J. 2008. Catálogo de productos. (correo electrónico). Guatemala.

Preparación del sustrato Kuntan: En este sustrato se carbonizó la cascarilla de arroz, y luego se mezcló con lombrihumus. 50% cascarilla de arroz carbonizada y 50% de lombrihumus.

Preparación del sustrato Pro-Mix[®]: En este sustrato se mezcló la turba de musgo esfagnico (peat moss) con arena de río para que le diera una mejor porosidad y así obtener una mejor infiltración del agua y un mejor drenaje. Las proporciones que se usaron fueron de: 70% Pro-Mix[®] y 30% arena de río.

Preparación del sustrato Procafé: En este sustrato se mezclaron varios componentes, las cuales fueron: Suelo franco 40%, lombrihumus 30%, material orgánico grueso (aserrín) 20% y material inerte (arena de río) 10%.

Llenado de los tubetes: El llenado de los tubetes se hizo cuidando no compactar mucho el sustrato.

Trasplante de los fosforitos: Se realizó el 26 de abril de 2008. Se consideraron varios aspectos:

- Se seleccionaron fosforitos sanos, vigorosos y bien conformados (sin raíces dobladas, quebradas o torcidas).
- Se evitó la deshidratación, trasplantándose en grupos pequeños.

Riego: El riego se realizó en horas tempranas de la mañana y tarde en el día (6:30 am y 5:00 pm). Se hizo tres veces por semana. El vivero estuvo expuesto a dos meses de verano y dos de invierno y como las lluvias fueron frecuentes se dio flexibilidad a este al riego.

Control de malezas: Se realizó de forma manual supervisando la aparición de malezas.

Control de plagas y enfermedades: Al momento del trasplante se hizo una aplicación preventiva con fungicida BUSAN[®] (2-tiocianatometiltio-benzotiazol). Durante el ensayo se estuvo monitoreando semanalmente la aparición de cualquier plaga y/o enfermedades para realizar aplicaciones con plaguicidas con bajo perfil toxicológico.

Aplicación de fertilizante foliar: La fertilización foliar se hizo a los tratamientos con Osmocote[®] y DAP, aplicándoles 100 mL de Bayfolan[®] y 50 g de Tacremento[®] en una bomba de 20 L.

Diseño experimental: El ensayo fue un factorial de $3 \times 4 \times 2$ ubicado en el campo con un bloque completamente al azar. Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones, cada bloque tenía 24 parcelas experimentales de 16 plantas cada una, para evitar el efecto de borde se separaron a 20 cm cada una y sólo se tomaron las cuatro plantas centrales de cada parcela experimental. Los datos se procesaron con un análisis de GLM por el ANDEVA y separación de medias por el método de DUNCAN en el programa SAS “Statistic Analysis System” (S.A.S[®]), con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).

Altura de la planta: Esta medición se hizo cuatro veces en todo el ensayo. Se comenzó a medir a 45 días después del trasplante (DDT), cuando las plántulas tenían

su primer par de hojas verdaderas. Las mediciones se hicieron cada mes con una regla graduada desde el nivel del sustrato hasta la base de las hojas más jóvenes.

Pares de hojas verdaderas: Esta variable fue medida a partir de 45 días después del trasplante (DDT), ya que antes las plántulas tenían hojas cotiledonales. Se hizo un conteo mensual de todas de todas las hojas. No se tomaron en cuenta las hojas cotiledonales ni las hojas que estaban totalmente expandidas.

Grosor del tallo: El diámetro del tallo fue medido a partir de 45 días después del trasplante (DDT), esta variable se midió cada mes usando un calibrador (Vernier), y se hizo a 1.0 cm de alto de la base del sustrato.

Área foliar: Esta medición se realizó al final del ensayo (120 DDT). Se recolectaron las hojas de las cuatro plantas útiles, se sacó un disco con un área de 9.62 cm² de cada hoja, se embolsaron por separados (hojas y discos) y se llevaron al laboratorio donde se secaron durante 24 horas en un horno a 105°C. Una vez secas las muestras cada disco pesó 0.3 g y se pesaron las demás hojas y con el uso de la regla de tres se determinó el área foliar por cada tratamiento.

Biomasa total: Esta medición se realizó al final del ensayo (120 DDT) en conjunto con el área foliar. Se tomaron las cuatro plantas útiles de cada parcela, se cortaron las hojas, los tallos y las raíces las cuales se embolsaron por separado y se llevaron al laboratorio y se secaron durante 24 horas en el horno a 105°C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los sustratos a los 120 días después del trasplante

Se encontró una mayor altura de las plantas ($P \leq 0.05$) con el sustrato Kuntan, comparado con los sustratos Pro-Mix[®] y Procafé. En las variables diámetro de tallo y pares de hojas verdaderas no hubo diferencia ($P \geq 0.05$). En el área foliar y biomasa seca total fue mejor con el sustrato Pro-Mix[®] comparado con los demás sustratos ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1).

El análisis de los sustratos (Cuadro 2 y 3) muestra que en el sustrato Pro-Mix[®] existe un balance adecuado de todos los elementos, esto demuestra porque se obtuvieron los mejores resultados con este sustrato. Muestra que en los sustratos Kuntan y Procafé hay un gran desbalance en los cationes (K, Ca, Mg, Na), ya que el potasio está en exceso causando antagonismo con los demás elementos. En el sustrato Kuntan se encontró una alta conductividad eléctrica que pudo haber quemado las plantas. Sin embargo el contenido de materia orgánica presente en este sustrato permitió contrarrestar este efecto.

Cuadro 1. Efecto de tres sustratos en la altura, grosor, pares de hojas, área foliar y biomasa seca total en plantas de café (*Coffea arabica*) a los 120 días después del trasplante. Jinotega, Nicaragua, 2008.

Sustrato	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Par de hojas (unidades)	Área foliar (cm ²)	Biomasa seca total (g)
Pro-Mix [®]	8.00 b	0.30	4.60	173 a	5.40 a
Kuntan	9.00 a	0.31	4.90	127 b	3.60 b
Procafé	7.50 b	0.29	4.60	117 b	3.90 b

Medias en la columna con la misma letra no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$).

Cuadro 2. Resultados de análisis de los sustratos usados en el experimento.

Sustrato	pH	%		mg/Kg (extractable)				
		Materia orgánica	N Total	P	K	Ca	Mg	Na
Pro-Mix	6.38	17.99	0.90	24	276	2440	590	218
Kuntan	7.57	23.14	1.16	332	10120	3840	700	218
Procafé	6.05	8.65	0.43	36	1940	2830	400	190
Rango Medio		2.00	0.20	13	150	1000	180	
		4.00	0.50	30	280	2500	250	

Cuadro 3. C.I.C, saturación de bases y conductividad eléctrica de los sustratos usados en el experimento.

Sustrato	Meq/100g	Saturación de bases %				mmhos/cm
	C.I.C.	K	Ca	Mg	Na	C. El
Pro-Mix [®]	18.75	3.73	65.06	26.18	5.01	1.7
Kuntan	51.97	50	37	11.21	1.81	10.4
Procafé	23.75	21.35	60.8	14.31	3.52	2.4

Efecto del tipo de fertilización a los 120 días después del trasplante

La expresión de todas las variables de crecimiento estudiadas fue superior ($P \leq 0.05$) con el fertilizante Osmocote[®]. En la expresión de casi todas las variables estudiadas fue superior ($P \leq 0.05$) con el fertilizante convencional (DAP), comparado con el fertilizante orgánico y las plantas que no se fertilizaron (Cuadro 4). Esto puede deberse que en el fertilizante convencional, los nutrientes están más rápidamente disponible para la planta en comparación con el orgánico que debe descomponerse para que la planta los pueda asimilar.

Cuadro 4. Efecto de cuatro fertilizantes en la altura, grosor, pares de hojas, área foliar y biomasa seca total en plantas de café (*Coffea arabica*) a los 120 días después del trasplante. Jinotega, Nicaragua, 2008.

Fertilizante	Altura (cm)	Grosor (cm)	Par de hojas (unidades)	Área foliar (cm ²)	Biomasa seca (g)
Osmocote [®]	12.10 a	0.38 a	5.30 a	294 a	9.20a
Convencional	7.60 b	0.30 b	4.80 b	161 b	5.00 b
Orgánica	6.50 c	0.29 b	4.40 c	44 c	1.40 c
Sin fertilizar	6.30 c	0.23 c	4.30 c	56 c	1.70 c

Medias en la columna con la misma letra no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$).

Efecto de la variedad a los 120 días después del trasplante

La variedad Pacamara presenta valores ligeramente superiores ($P \leq 0.05$) para las variables de altura y grosor del tallo, aunque al final su comportamiento en término de área foliar, pares de hojas y biomasa seca total no difieren de la variedad Catuaí (Cuadro 5). La mayor altura de Pacamara se debe a la arquitectura de la variedad (porte alto), (ANACAFE 2006).

Cuadro 5. Efecto de dos variedades en la altura, grosor, pares de hojas, área foliar y biomasa seca total en plantas de café (*Coffea arabica*) a los 120 días después del trasplante. Jinotega, Nicaragua, 2008.

Variedades	Altura (cm)	Grosor (cm)	Par de hojas (unidades)	Área foliar (cm ²)	Biomasa seca (g)
Pacamara	8.30 a	0.31 a	5.0	139	4.30
Catuai	8.00 b	0.28 b	5.0	138	4.30

Medias en la columna con la misma letra no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$).

En todas las variables de crecimiento los tratamientos Pro-Mix[®] fertilizado con Osmocote[®] con variedad Pacamara y Catuaí, fueron superiores ($P \leq 0.05$). Los tratamientos que combinan el sustrato Kuntan con el fertilizante Osmocote[®], independientemente de que variedad se use, representan el segundo lugar en todas las variables. Como se pudo observar el uso del fertilizante de liberación controlada (Osmocote[®]) constituyó un factor importante en el comportamiento de crecimiento de las plantas de café en todos los sustratos estudiados (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos en la altura, diámetro del tallo, pares de hojas, área foliar y biomasa seca total en plantas de café (*Coffea arabica*) a los 120 días después del trasplante. Jinotega, Nicaragua, 2008.

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Pares de hojas verdaderas (Unidades)	Área foliar (cm)	Biomasa seca (g)
S ₁ F ₁ V ₁	13.00 a	0.37 ab	6.30 a	390 a	12.20 a
S ₁ F ₁ V ₂	15.00 a	0.38 ab	5.30 b	367 a	11.50 a
S ₁ F ₂ V ₁	6.30 hij	0.33 bcde	4.50 bcd	82 def	2.60 def
S ₁ F ₂ V ₂	5.30 j	0.25 gih	4.30 cd	76 ef	2.40 ef
S ₁ F ₃ V ₁	7.30 ghij	0.32 bcdef	4.50 bcd	3 g	0.10 g
S ₁ F ₃ V ₂	5.80 ij	0.24 gih	4.00 d	3 g	0.10 g
S ₁ F ₄ V ₁	5.50 j	0.25 fgih	4.00 d	11 g	0.30 g
S ₁ F ₄ V ₂	5.30 j	0.21 i	4.50 bcd	5 g	0.15 g
S ₂ F ₁ V ₁	12.30 bc	0.41 ab	5.30 b	265 b	8.30 b
S ₂ F ₁ V ₂	11.80 bcd	0.36 abc	5.00 cb	245 bc	7.70 bc
S ₂ F ₂ V ₁	8.30 fgh	0.29 cdefg	5.30 b	218 bc	6.80 bc
S ₂ F ₂ V ₂	8.80 egh	0.31 cdefg	5.00 cb	199 c	6.20 c
S ₂ F ₃ V ₁	8.30 fgh	0.28 defgh	4.50 bcd	109 de	3.40 ed
S ₂ F ₃ V ₂	7.30 ghij	0.30 cdefg	4.80 bcd	88 def	2.80 def
S ₂ F ₄ V ₁	7.80 ghi	0.26 efghi	4.80 bcd	134 d	4.20 def
S ₂ F ₄ V ₂	7.80 ghi	0.24 gih	4.80 bcd	123 de	3.90 de
S ₃ F ₁ V ₁	10.50 cde	0.39 ab	4.80 bcd	226 bc	7.00 bc
S ₃ F ₂ V ₂	10.00 def	0.35 abcd	5.30 b	268 b	8.40 b
S ₃ F ₂ V ₁	8.80 efg	0.33 bcde	5.00 bc	198 c	6.20 c
S ₃ F ₂ V ₂	8.00 fgh	0.26 efghi	4.80 bcd	198 c	6.20 c
S ₃ F ₃ V ₁	5.30 j	0.26 efghi	4.00 d	21 g	0.60 g
S ₃ F ₃ V ₂	5.30 j	0.27 efghi	4.80 bcd	42 fg	1.30 fg
S ₃ F ₄ V ₁	6.30 hij	0.22 hi	4.00 d	20 g	0.60 g
S ₃ F ₄ V ₂	5.30 j	0.21 i	4.00 d	46 fg	1.40 fg

Medias en la misma columna con diferente letra difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

S₁ Pro-Mix[®]
S₂ Kuntan
S₃ Procafé

F₁ Osmocote[®]
F₂ Convencional
F₃ Orgánica
F₄ Sin fertilizar

V₁ Pacamara
V₂ Catuai

CONCLUSIONES

- Los mejores resultados se obtuvieron utilizando el sustrato Pro-Mix[®] y fertilizándolo con Osmocote[®], independientemente de la variedad usada. Sin embargo, utilizando Pro-Mix[®] y fertilizándolo con fertilizante convencional y orgánico no se obtiene resultados adecuados.
- Utilizando sustrato Kuntan y fertilizándolo con Osmocote[®] se obtuvieron plantas similares a las producidas con Pro-Mix[®] y fertilizadas con Osmocote[®]; además de esto el sustrato Kuntan se comportó mejor con los demás fertilizantes.
- En general la producción de plantas con sustrato Procafe solamente dio buenos resultados cuando se fertilizó con Osmocote[®].
- El factor más influyente en la obtención de estos resultados fue la aplicación del fertilizante de liberación controlada.

RECOMENDACIONES

- La utilización del sustrato Kuntan es una alternativa tecnológica local de bajo costo que garantizan la producción de almácigos de buena calidad en las condiciones de cualquier cafetalero.
- Si el productor puede acceder a los sustratos importados (Pro-Mix[®]), estos darán el mejor resultado siempre y cuando se fertilice con Osmocote[®].
- La utilización de las camas de suspensión para los tubetes, garantizan condiciones microambientales favorables para el crecimiento de las plantas, así como el aislamiento que permite evitar los principales problemas fitosanitarios del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

Arellano, E. 2004. Fertilizantes de entrega controlada: Potencial para mejorar la productividad de la reforestación. Tesis Lic. Universidad Católica de Chile. 12 p

ANACAFE (Asociación nacional del café, GT). 2006. Guía Técnica de la Caficultura. Edición 2006. Ciudad de Guatemala. 214 p.

Cetrex. 2008. Estadísticas de la producción y exportación de café. Consultado el 18 abr 2008. Disponible en <http://www.cetrex.com.ni/website/servicios/cafe/cafe78.jsp>

ICAFE (Instituto del Café De Costa Rica, CR).1998. Manual de Recomendaciones Para el Cultivo Del Café. 1 ed. Heredia, Costa Rica. ICAFE-CICAFE, Unidad de Producción Agrícola. 193 p.

Payne, B. 1999. The Worm Café. Mid-Scale Vermicomposting of Lunchroom Wastes. Diane D. Worden. 1 ed. Kalamazoo, Michigan. 181p.

Premierhort. 2008. Sustrato Pro-Mix[®]. Consultado el 20 de abr de 2008. Disponible en <http://www.premierhort.com/website/products/eproducts/eprodprof/eprodpropmix/epromixpgx.html>

PROCAFE (Fundación Salvadoreña Para Investigaciones Del Café). 1991. Manual para el caficultor salvadoreño. Editorial Depto. de comunicaciones y biblioteca. 136p.

PROCAFE (Fundación Salvadoreña Para Investigaciones Del Café). 2000. Guía para la producción de viveros de café. 1 ed. Editorial Depto. de comunicaciones y biblioteca. 24p.

Ramacafé, 2008. Caracterización del lombrihumus. Consultado el 29 sep 2008. Disponible en http://www.ramacafe.org/2008/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=1&Itemid=73

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de tratamientos

Factores		
S ₁ Pro-Mix [®]	F ₁ Osmocote [®]	V ₁ Pacamara
S ₂ Kuntan	F ₂ Convencional	V ₂ Catuai
S ₃ Procafé	F ₃ Orgánico	
	F ₄ Sin fertilizar	
Tratamientos		
S ₁ F ₁ V ₁	S ₂ F ₁ V ₁	S ₃ F ₁ V ₁
S ₁ F ₁ V ₂	S ₂ F ₁ V ₂	S ₃ F ₂ V ₂
S ₁ F ₂ V ₁	S ₂ F ₂ V ₁	S ₃ F ₂ V ₁
S ₁ F ₂ V ₂	S ₂ F ₂ V ₂	S ₃ F ₂ V ₂
S ₁ F ₃ V ₁	S ₂ F ₃ V ₁	S ₃ F ₃ V ₁
S ₁ F ₃ V ₂	S ₂ F ₃ V ₂	S ₃ F ₃ V ₂
S ₁ F ₄ V ₁	S ₂ F ₄ V ₁	S ₃ F ₄ V ₁
S ₁ F ₄ V ₂	S ₂ F ₄ V ₂	S ₃ F ₄ V ₂

Anexo 2. Camas de suspensión para los tubetes



Anexo 3. Tubete o cono macetero



Anexo 4. Costo de producir 4000 plantas de café en almácigo en tubetes con sustrato Kuntan y fertilizante Osmocote®

FLUJO DE PROCESOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
SUSTRATO				
Granza de arroz	Sacos	2	30	60
Lombrihumus	Quintales	2	150	300
CAMAS				
Malla ciclón [¥]	Rollo	1	220	220
Madera ^{¥¥}	Alfajilla de 2 × 4	18	30	540
	Vigas 4 × 4	4	60	240
Clavos	Libras	5	12	60
Tubetes ^{¥¥¥}	Unidades	4000	0.3	1200
Fertilizante Osmocote 15-9-12	Libras	18	39	702
Fertilizante foliares	Bayfolan (L)	0.6	100	60
	Tacramento (kg)	0.3	100	30
Fungicida	Carbendazim(L)	0.17	157	26.69
Semilla	Libras	5	79	395
Llenado y aliñado de los tubetes	Jornales	2	70	140
Mantenimiento del vivero	DH	30	70	2100
Total C\$				6073.69
Total unitario C\$				1.52

[¥] Malla ciclón : Costo unitario C\$ 2200 (vida útil= 10 años) Costo por año= C\$ 220

^{¥¥} Madera : Alfajilla Costo unitario= C\$ 90 (vida útil= 3 años) Costo por año= C\$ 30

^{¥¥} Madera : Vigas Costo unitario= C\$ 180 (vida útil= 3 años) Costo por año= C\$ 60

^{¥¥¥} Tubetes: Costo unitario C\$ 3.00 (Vida útil 10 años) Costo por año= C\$ 0.30

Anexo 5. Costo de producir 4000 plantas de café en almácigo en tubetes con sustrato Pro-mix® y fertilizante Osmocote®

FLUJO DE PROCESOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
SUSTRATO				
Pro-Mix	Bolsas (107 L)	4	800	3200
CAMAS				
Malla ciclón [¥]	Rollo	1	220	220
Madera ^{¥¥}	Alfajilla de 2 × 4	18	30	540
	Vigas 4 × 4	4	60	240
Clavos	Libras	5	12	60
Tubetes ^{¥¥¥}	Unidades	4000	0.3	1200
Fertilizante Osmocote 15-9-12	Libras	18	39	702
Fertilizante foliares	Bayfolan (L)	0.6	100	60
	Tacramento (kg)	0.3	100	30
Fungicida	Carbendazim(L)	0.17	157	26.69
Semilla	Libras	5	79	395
Llenado y aliñado de los tubetes	Jornales	2	70	140
Mantenimiento del vivero	DH	30	70	2100
Total C\$				8913.69
Total unitario C\$				2.23

[¥] Malla ciclón : Costo unitario C\$ 2200 (vida útil= 10 años) Costo por año= C\$ 220

^{¥¥} Madera : Alfajilla Costo unitario= C\$ 90 (vida útil= 3 años) Costo por año= C\$ 30

^{¥¥} Madera : Vigas Costo unitario= C\$ 180 (vida útil= 3 años) Costo por año= C\$ 60

^{¥¥¥} Tubetes: Costo unitario C\$ 3.00 (Vida útil 10 años) Costo por año= C\$ 0.30

Anexo 6. Costo de producir 4000 plantas de café en almácigo en tubetes con sustrato Procafé y fertilizante Osmocote®

FLUJO DE PROCESOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
SUSTRATO				
Suelo Franco	m ³	0.4	250	100
Lombrihumus	Quintal	1	150	150
Aserrín	Saco	1	15	15
				0
CAMAS				
Malla ciclón [¥]	Rollo	1	220	220
Madera ^{¥¥}	Alfajilla de 2 × 4	18	30	540
	Vigas 4 × 4	4	60	240
Clavos	Libras	5	12	60
Tubetes ^{¥¥¥}	Unidades	4000	0.3	1200
Fertilizante Osmocote 15-9-12	Libras	18	39	702
Fertilizante foliares	Bayfolan (L)	0.6	100	60
	Tacramento (kg)	0.3	100	30
Fungicida	Carbendazim(L)	0.17	157	26.69
Semilla	Libras	5	79	395
Llenado y aliñado de los tubetes	Jornales	2	70	140
Mantenimiento del vivero	DH	30	70	2100
Total C\$				5978.69
Total unitario C\$				1.49

[¥] Malla ciclón : Costo unitario C\$ 2200 (vida útil= 10 años) Costo por año= C\$ 220

^{¥¥} Madera : Alfajilla Costo unitario= C\$ 90 (vida útil= 3 años) Costo por año= C\$ 30

^{¥¥} Madera : Vigas Costo unitario= C\$ 180 (vida útil= 3 años) Costo por año= C\$ 60

^{¥¥¥} Tubetes: Costo unitario C\$ 3.00 (Vida útil 10 años) Costo por año= C\$ 0.30

Anexo 7. Costo de producir 4000 plantas de café convencionalmente

FLUJO DE PROCESOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Tierra para el llenado de bolsa	m3	7	250	1750
Fertilizante foliares	Bayfolan (L)	0.6	100	60
	Tacremento (kg)	0.3	100	30
Nematicida	Vydate (L)	1.2	400	480
Fungicida	Carbendazim(L)	0.2	157	31.4
Herbicidas 1	Goal 2-EC (L)	0.4	334	133.6
Bolsas	Unidades	4000	0.07	280
Fertilizante 18-46-0	Libras	36	16	576
Urea 46%	Libras	8	10	80
Semilla	Libras	5	79	395
Llenado de bolsa	Jornales	8	70	560
Aliñado de bolsa	Jornales	2.5	70	175
Mantenimiento del vivero	DH	50	70	3500
Total C\$				8051
Total unitario C\$				2.01

Anexo 8. Composición (porcentaje) del fertilizante de liberación controlada usado en el experimento.

Fertilizante	Nitrogeno total	Nitrogeno Amoniacal	Hierro quelatado	N	P2O5	K2O	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Osmocote	15	7	0.23	8	9	12	1	2.3	0.02	0.05	0.45	0.06	0.02	0.05

Anexo 9. Composición (porcentaje), de los fertilizantes usados en el experimento.

Fertilizantes	N	P₂O₅	K₂O	CaO	SiO₂	Ácidos	
						Húmicos	Fúlvico
Osmocote [®]	15	9	12				
DAP	18	46	0				
Fosfomax [®]		30		40	10		
Tacrehumic [®]						17	5.4