



TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

TÍTULO:

“Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma* sp.”

MODALIDAD: Pasantía

ALUMNO: Emanuel FOLETO

ASESOR: Ing. Agr. Tomás Sebastián SÁEZ

TRIBUNAL EVALUADOR:

- Ing. Agr. Marcela Rosa Cossoli
- Ing. Agr. (MSc.) Federico Antonio Paredes
- Ing. Agr. (Dr.) Ricardo Daniel Medina

LUGAR DE TRABAJO: Campo Experimental del Centro Tecnológico de Producción (CE.TE.PRO)

INTRODUCCIÓN:

La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) es una planta originaria de América tropical, que desarrolla bien en suelos pobres y ácidos y es tolerante a la sequía. Prospera en climas con temperatura media anual de 20 a 27 °C. Se adapta a distintos regímenes pluviométricos, desde 600 a 2000 mm anuales, siendo el óptimo 1300 mm anuales. En el mundo se la cultiva en distintas regiones de América, Asia y África, donde es el principal alimento de 1000 millones de personas. Se la cultiva sobre todo por sus raíces ricas en hidratos de carbono, aunque en algunas partes del mundo, como África y Brasil, también las hojas son utilizadas para la alimentación humana, como hortaliza fresca o deshidratada, además de ser un recurso importante en la alimentación del ganado doméstico (Uset, 2008).

La mandioca constituye un cultivo de gran valor comercial, sus raíces, ricas en almidón, aportan un importante y muy apreciado complemento de la mesa familiar de la población rural y de buena parte de la población urbana. Junto con sus hojas y ramas, provee un forraje económico y muy valioso para el ganado. Además es utilizada como materia prima de la industria para la extracción del “almidón” y sus derivados, por lo que representa una fuente de ingresos en la explotación agraria (Uset, 2008).

Aunque históricamente ha sido un alimento consumido por los sectores de menores ingresos y ocupa un lugar secundario en el comercio internacional, se vislumbra un cambio por su utilización en cada vez más presentaciones culinarias (De Bernardi, 2011).

El cultivo se halla muy generalizado en toda la provincia de Misiones, y en algunos departamentos de las provincias de Corrientes, Chaco y Formosa. Se estima que en la Provincia de Misiones la superficie plantada con mandioca ronda las 40.000 ha; en Formosa 20.000 ha, Corrientes 18.000 ha y Chaco, 2.000 ha. En 2010, la producción habría alcanzado un volumen total de 180 mil toneladas (De Bernardi, 2011).

El rendimiento de la mandioca se ve afectado por la influencia de las enfermedades, plagas, y otros factores, dentro de las primeras se encuentra la pudrición de las raíces, que provoca maceración de los tejidos radicales (Alvarez y Llano, 2002). Las enfermedades de las raíces de la mandioca no están tan estudiadas como las que afectan la parte aérea, no obstante los problemas que se presentan pueden acarrear pérdidas de más del 80 % de la producción (Booth, 1978). Diversos hongos han sido reportados sobre las raíces de la mandioca, produciendo sintomatologías variadas. En las raíces jóvenes se ha detectado la presencia de *Sclerotium*, *Pythium* y *Fusarium*, produciendo necrosis y marchitamiento (CIAT, 1973).

Entre las estrategias de control se mencionan la utilización de cepas de *Trichoderma sp.* como una medida alternativa (Montiel et al., 2008). *Trichoderma* es un hongo que pertenece a la familia Hypocreaceae (Ascomycota) y se caracteriza por ser un biocontrolador eficiente (Infante et al., 2009). En la acción biocontroladora de *Trichoderma* se han descrito diferentes mecanismos de acción que regulan el desarrollo

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

de los hongos fitopatógenos. Los principales son la competencia por espacio y nutrientes, el micoparasitismo y la antibiosis, los que tienen una acción directa frente al hongo fitopatógeno (Infante et al., 2009).

Además se conoce que *Trichoderma* presenta otros mecanismos, cuya acción biorreguladora es de forma indirecta. Entre estos se pueden mencionar los que inducen a mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos como es la activación en la planta de compuestos relacionados con la resistencia (Inducción de resistencia) (Harmann, 2004), con la desintoxicación de toxinas excretadas por patógenos y la desactivación de enzimas de estos durante el proceso de infección; la solubilización de elementos nutritivos, que en su forma original no son accesibles para las plantas.

Trichoderma tienen la capacidad de crear un ambiente favorable al desarrollo radical lo que aumenta la tolerancia de la planta al estrés (Mondino y Vero, 2006). Investigaciones han demostrado que la aplicación de *Trichoderma* en el cultivo del maíz y cuyas raíces han sido colonizadas por dicho microorganismo, requieren menos fertilizante nitrogenado; lo cual implica un ahorro del 35 al 40% de fertilizante; existe la posibilidad real que las aplicaciones de nitrógeno, sean disminuidas, disminuyendo así los costos de aplicación (Norvell et al., 1999).

También tiene un efecto inductor sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a la formación de sideróforos quelatantes de hierro, y la presencia de sustancias reguladoras de crecimiento que actúan como estimulantes en tejidos meristemáticos primarios en partes jóvenes (Liu et al., 1995). En algunos casos esta promoción de crecimiento resulta como consecuencia de la reducción de microorganismos patógenos mediante una acción antagónica contra el agente causal (Harman, 2006).

Se encuentran en suelos con abundante materia orgánica (Arias, 2004), y su desarrollo se activa con la presencia de humedad, con un óptimo de 60% de la capacidad de retención de humedad del suelo. A porcentajes mayores de saturación, la colonización y sobrevivencia disminuyen por baja disponibilidad de oxígeno (Páez, 2006).

Esto nos lleva a la necesidad de realizar el cultivo bajo un sistema que favorezca la colonización y desarrollo *Trichoderma sp.* La labranza mínima consiste en abrir en el suelo, con máquina o manualmente, un pequeño surco en donde se coloca la estaca. Fuera de esta abertura, el suelo no sufre ninguna alteración y prácticamente la mayor parte del rastrojo de la cosecha anterior queda en la superficie (Altieri, 1983).

La función principal es de disminuir la susceptibilidad del suelo a la erosión pero también ayuda a mantener la humedad, el nivel de materia orgánica y a proteger la macro y micro fauna en el suelo; estudios demuestran que la labranza mínima puede disminuir la erosión sin afectar significativamente la producción de mandioca (Cadavid y Howeler, 1987).

OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar el seguimiento del cultivo de mandioca mediante la utilización del hongo *Trichoderma sp.* en un sistema de labranza mínima, e identificar los posibles efectos en la promoción del crecimiento y protección ante enfermedades.

Objetivo específicos:

- Adquirir conocimiento acerca de la brotación y la producción de biomasa bajo el tratamiento con *Trichoderma sp.*, en comparación con el método químico de protección de estacas.
- Comparar el rendimiento e índice de cosecha del cultivo bajo los distintos tratamientos.
- Observar la presencia de infecciones radicales al finalizar el ciclo.
- Evaluar económicamente la práctica de control de malezas con el método químico y tradicional, en un esquema de labranza mínima.

DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DESARROLLADAS

TRABAJO DE CAMPO:

El experimento se llevó a cabo en la localidad de Corrientes, Argentina (27° 28' 27.23" S; longitud: 58° 47' 00.66" O; y altitud: 50 m.s.n.m), en el campo experimental del Centro Tecnológico de Producción (CE.TE.PRO), ubicado sobre Ruta Nacional Nº 12, a la altura del kilómetro 1032 (Figura 1). El clima de esta zona se caracteriza por presentar precipitaciones promedio anuales de 1300 mm, y temperatura media anual de 21,6 °C. El período libre de heladas es 340 a 360 días por año y la frecuencia de ocurrencia de las mismas es de 0,5. Tomando la clasificación de Köppen modificada, el clima en la región se clasifica como mesotermal húmedo, Cf w'a (h) (Murphy, 2008). No obstante, el ensayo se ejecutó bajo condiciones climáticas atípicas dado la influencia del fenómeno de "El Niño".



Figura 1: Vista aérea del campo experimental del CETEPRO y ubicación de la parcela del trabajo de pasantía.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

El lote destinado a la experiencia se encuentra ubicado sobre un Udipsament árgico, perteneciente a la serie de suelo Ensenada Grande, y que provenía de varios años de agricultura con labranza convencional. Estos son suelos de baja fertilidad, y de baja retención de humedad; en general los niveles de fósforo son moderados en los primeros centímetros y la materia orgánica, es de menos del 1% en capa arable con muy pobres niveles de bases de cambio, aunque aumentan en profundidad. Son profundos, de buenas condiciones físicas para el desarrollo radical y penetración del agua. Presenta limitaciones, por alta susceptibilidad a la erosión hídrica, baja retención de humedad y baja fertilidad natural (Escobar et al., 1996).

Material Vegetal:

Se utilizó el clon de mandioca denominado “Verde Santa Ana” recolectado en la localidad de Santa Ana, Corrientes, Argentina, de la finca del productor Gabriel A. Pinto Ruiz.

Las ramas fueron seleccionadas teniendo en cuenta criterios agronómicos y sanitarios.

Desde el punto de vista sanitario, se seleccionaron ramas provenientes de plantas sanas, libres de plagas y enfermedades, que habían sido recolectadas y almacenadas en el campo, agrupadas verticalmente sobre suelo desnudo, cubiertas con pajas a modo de protección contra las heladas. Y desde el punto de vista agronómico, se buscaron ramas maduras de 9 meses, con buen diámetro y contenido de reservas (relación leño/médula) y con presencia de látex como indicador de viabilidad.

Con dichas ramas seleccionadas se obtuvieron las estacas, para esto se utilizó una pala de punta filosa a fin de realizar cortes netos y precisos, descartando el extremo apical, utilizando únicamente la porción basal y media a nivel de las ramificaciones primarias, y evitando el uso de ramas brotadas (Figura 2).

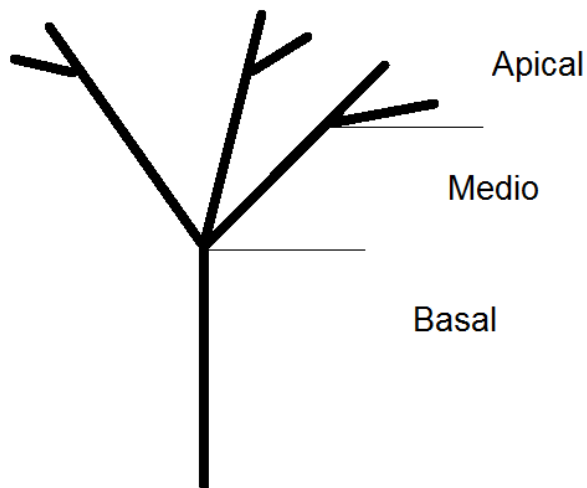


Figura 2: Esquema de la parte aérea de una planta de mandioca indicando sus diferentes porciones de tallo.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

Se utilizaron para el ensayo estacas de igual diámetro y longitud, para evitar de este modo que las diferencias en la brotación entre los tratamientos se deban a la diferencia de reservas. Las estacas así logradas constaron de una longitud de entre 15 y 20 cm, conteniendo entre 5 y 7 nudos, con una edad de 9 meses y con un diámetro de médula igual o menor a la mitad del diámetro del tallo (Figura 3).



Figura 3: Estacas de mandioca utilizadas para el ensayo, demostrando la relación leño/médula y su viabilidad.

Ensayo experimental:

El ensayo se realizó con un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamientos. Cada repetición corresponde a líneas de 15 estacas separadas a un metro y con testigos apareados.

La distribución de los tratamientos se detalla en la Figura 4.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma* sp.



Figura 4: Distribución de los tratamientos en bloques completamente al azar.

Los tratamientos consistieron en la utilización de la técnica de inmersión de las estacas como se detalla a continuación:

- **Tr: Soluciones de *Trichoderma* sp.:** se utilizó cepas de hongos de la marca comercial “Tricofull” de laboratorio Brometan, a razón de 30 g de formulado cada 10 L de agua, siguiendo las recomendaciones del fabricante. La inmersión de las estacas se realizó en esta solución durante 20 minutos (Figura 5).



Figura 5: Tratamiento de estacas con una solución de *Trichoderma* sp. A la izquierda se observan las estacas en un baño de inmersión y a la derecha la preparación de la solución.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

- **Cu: Solución de Oxidloruro de cobre (85%)**: de igual forma que el tratamiento anterior, se realizó la inmersión de las estacas en una solución de 30 g de Oxidloruro de cobre al 85% en 10 L de agua, durante 20 minutos (Figura 6).



Figura 6: Dosificación de Oxidloruro de cobre de cobre para la preparación de la solución.

- **Te: testigo**: las estacas no fueron inmersas en ningún tipo de solución.

Preparación del lote y plantación:

El lote se encontraba con una cobertura de rastrojo de avena, a la cual se le realizó una aplicación de herbicida el día 15 de octubre de 2015 (7 días antes de la plantación) con Glifosato y Metolaclor a razón de 4 L.ha⁻¹ y 1,5 L.ha⁻¹, respectivamente (Figura 7).

La preparación del terreno se realizó el mismo día de la plantación, el día 21 de octubre de 2015, bajo un sistema de labranza mínima. Para esto se roturó el suelo solamente en la línea de plantación utilizando un arado subsolador, con las líneas de plantación distanciadas a 1 m (Figura 7).



Figura 7: Preparación del lote. A la izquierda, aplicación de herbicida en cobertura total. Al centro, subsolador de enganche al 3 puntos realizando el roturado del suelo, y a la derecha se observa el trabajo finalizado.

El marco de plantación utilizado fue de 1 m x 1m, depositando la estaca horizontalmente en el surco y tapándola con asada.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

Fertilización:

Para los cálculos de fertilización se realizaron análisis de suelo el día 8 de octubre de 2015 y utilizamos como referencia los requerimientos del cultivo citados por Pletsch (2004) (Figura 8), se elaboró un plan de fertilización buscando un rendimiento de 20 tn/ha.

Parte de la planta de mandioca	Kg de elementos extraídos cada 1000 Kg de raíces				
	N	P	K	Ca	Mg
Raíces	2,14	0,46	3,5	0,69	0,39
Parte aérea	6,95	1,26	6,67	2,87	0,99
Total	9,06	1,72	10,17	3,56	1,38

Figura 8: Cuadro de requerimiento del cultivo de mandioca extraído de Pletsch (2004)

La fertilización se realizó manualmente, esparciendo el fertilizante a 20 cm de las estacas (Figura 9) y en tres momentos:

- A los 6 días después de la plantación: se fertilizó con fosfato diamónico (18-46-0) a razón de 17,3 g/planta, que equivaldría a 170 Kg de fosfato diamónico por hectárea.
- A los 30 días después de plantación: se fertilizó con urea (46-0-0) y cloruro de potasio (0-0-60) a razón de 16 g/planta (164 Kg/ha) y 24 g/planta (245 Kg/ha), respectivamente.
- A los 60 días después de plantación: se fertilizó con urea (46-0-0) y cloruro de potasio (0-0-60) a razón de 16 g/planta (164 Kg/ha) y 24 g/planta (245 Kg/ha), respectivamente.



Figura 9: Fertilizantes utilizados.

Control de malezas:

Las malezas en el cultivo de mandioca, al igual que en los otros cultivos, compiten por el agua, los nutrientes y la luz, lo que se traduce en bajos rendimientos. Se ha demostrado que la época crítica de competencia ocurre en las primeras semanas del desarrollo del cultivo, es necesario, por lo tanto, controlar las malezas desde los 15 a 30 días después de la plantación y continuar el control hasta que el canopeo del cultivo haya cerrado.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

Dado que se planteó un sistema de labranza mínima, el control de maleza se efectuó químicamente con la utilización de herbicidas como se detalla a continuación:

- Preplantación: el día 15/10 se realizó una aplicación en cobertura total con Glifosato (4 L.ha^{-1}) y Metolaclor ($1,5 \text{ L.ha}^{-1}$).
- Preemergencia: el día 28/10/2015 se realizó una aplicación de glifosato (3 L.ha^{-1}).
- Posemergencia: se realizaron aplicaciones con Paraquat dicloruro en forma dirigida, utilizando pantalla en la pulverizadora manual, que dado su acción no sistémica nos brinda mayor seguridad en caso de deriva. Estas aplicaciones se realizaron de la siguiente manera:

05/11/2015	Paraquat dicloruro $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$; plantas tapadas con vasos descartables.
03/12/2015	Paraquat dicloruro 3 L.ha^{-1} ; pantalla dirigida.
21/01/2016	Paraquat dicloruro $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$; pantalla dirigida
02/03/2016	Paraquat dicloruro 3 L.ha^{-1} ; ; pantalla dirigida.



Figura 11: Control de malezas y su resultado. A la izquierda se observan los vasos descartables cubriendo a las estacas emergidas; y la imagen central y la de la derecha ilustran el resultado de la aplicación.

Comparación económica respecto a control mecánico de malezas

Para ello se registraron los gastos insumidos con el control químico, considerando los productos utilizados y los gastos en aplicaciones tanto en cobertura total con una pulverizadora montada sobre los tres puntos del tractor, como las aplicaciones manuales con mochila. También se consideró la preparación del terreno para la plantación. Detallándose en el siguiente cuadro:

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

		Unidad	Precio	L/ha	Total
Preplantación	Glifosato	Litros	\$ 250,00	4	\$ 1.000,00
	S-metolaclor	Litros	\$ 350,00	1,5	\$ 525,00
	Aplicación	UTA	\$ 420,00	0,3	\$ 126,00
	Subsolador	UTA	\$ 800,00	1	\$ 800,00
Preemergente	Glifosato	Litros	\$ 250,00	3	\$ 750,00
	Aplicación	UTA	\$ 420,00	0,3	\$ 126,00
Posemergente	Paraquat dicloruro	Litros	\$ 220,00	9	\$ 1.980,00
	Entradas	Jornales	\$ 467,36	4	\$ 1.869,44
					\$ 7.176,44

Y para el control mecánico se planteó un modelo cuyas tareas a realizarse consistirían en la preparación del lote con dos pasadas de rastra, y posteriormente la realización de carpidas manuales una vez emergido los brotes de la plantación, estimando 15 entradas al lote a lo largo de 5 meses, como se detallan en el siguiente cuadro:

		unidad	precio	CANTIDAD	total
Preplantación	Rastra (2 pasadas)	UTA	\$ 800,00	2	\$ 1.600,00
Posemergencia	Carpida	jornales	\$ 467,36	15	\$ 7.010,40
					\$ 8.610,40

Esto demuestra que el sistema de labranza mínima y el control químico de malezas es una alternativa económica que demanda menos mano de obra y es una labor con menos exigencia física, además de ser un sistema conservacionista.

Plagas y enfermedades

El período crítico de ataque de plagas y ocurrencia de enfermedades para el cultivo está comprendido en los primeros cinco meses desde la plantación.

Las plagas observadas no causaron daños considerables que justifiquen una aplicación química, entre estas se encontraron presencia de mosca de la agalla (*Latrophobia brasiliensis*) (Figura 12), barrenador del tallo (*Chilomima clarkei*) (Figura 13), ácaros (Figura 14) y marandová (*Erinnyis ello*) (Figura 15).

Las enfermedades encontradas en el cultivo fueron una bacteriosis causada por *Xantomonas axonopodis* pv. *manihotis* (Figura 15), virosis y daño por antracnosis (*Colletotrichum* spp.) en hojas basales, dado su baja incidencia no se justificaron controles químicos.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*



Figura 13: Daño y presencia de barrenador del tallo.



Figura 14: Daño foliar por ácaros.



Figura 12: Daño por mosca de la agalla en hojas.



Figura 15: marandova y daño por bacteriosis

TOMA DE DATOS Y RESULTADOS:

Se midieron distintas variables, como brotación, producción de biomasa, rendimiento, índice de cosecha y contenido de almidón en raíces tuberosas. Con dichos datos, y utilizando el software estadístico InfoStat, se realizaron análisis de la varianza y test de Tukey al 5%, cuyo procedimiento y resultados se detallan a continuación.

Brotación:

La brotación de las estacas fue evaluada en los distintos tratamientos a los 10, 15, y 20 días después de la plantación. Con estos datos se calcularon los porcentajes de brotación, considerando estaca brotada a aquella que demostraba al menos una porción de brote emergido a la superficie.

Los análisis arrojaron los siguientes resultados.

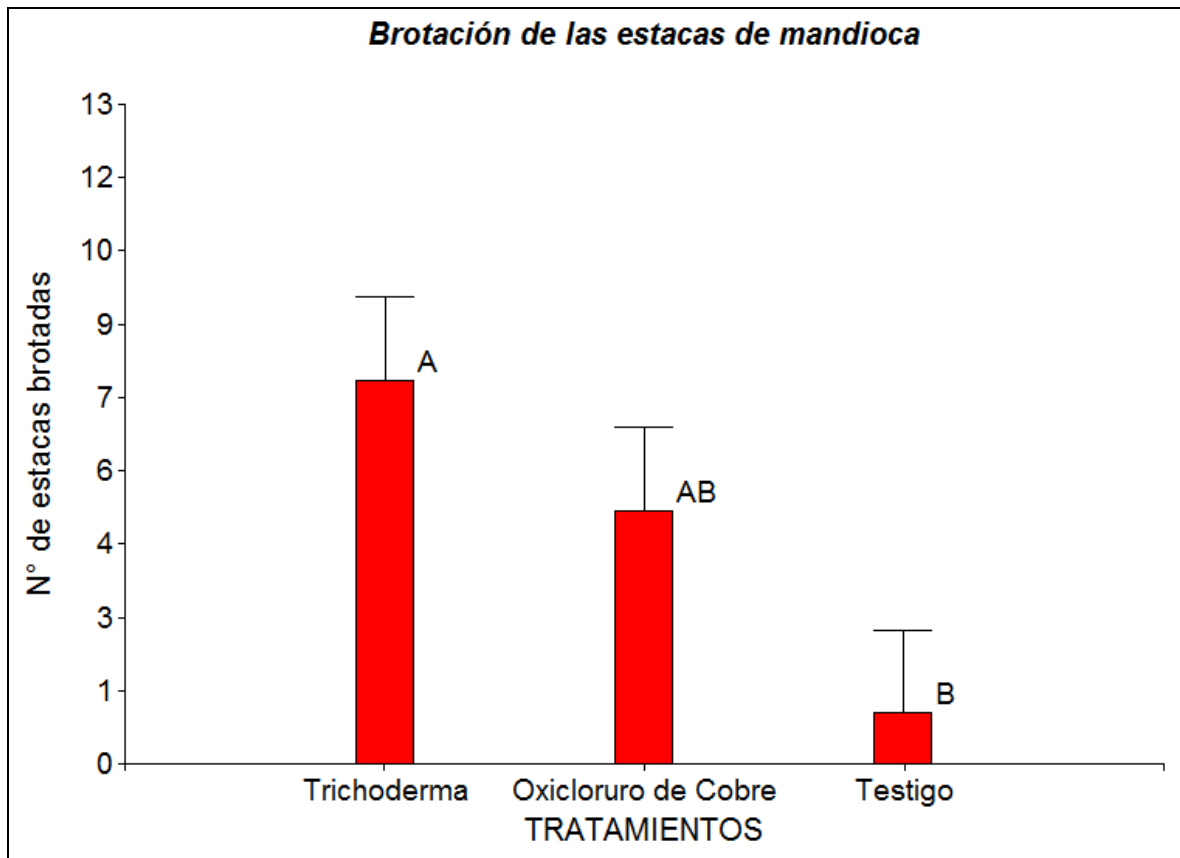


Figura 16: Brotación de las estacas en función de los tratamientos. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

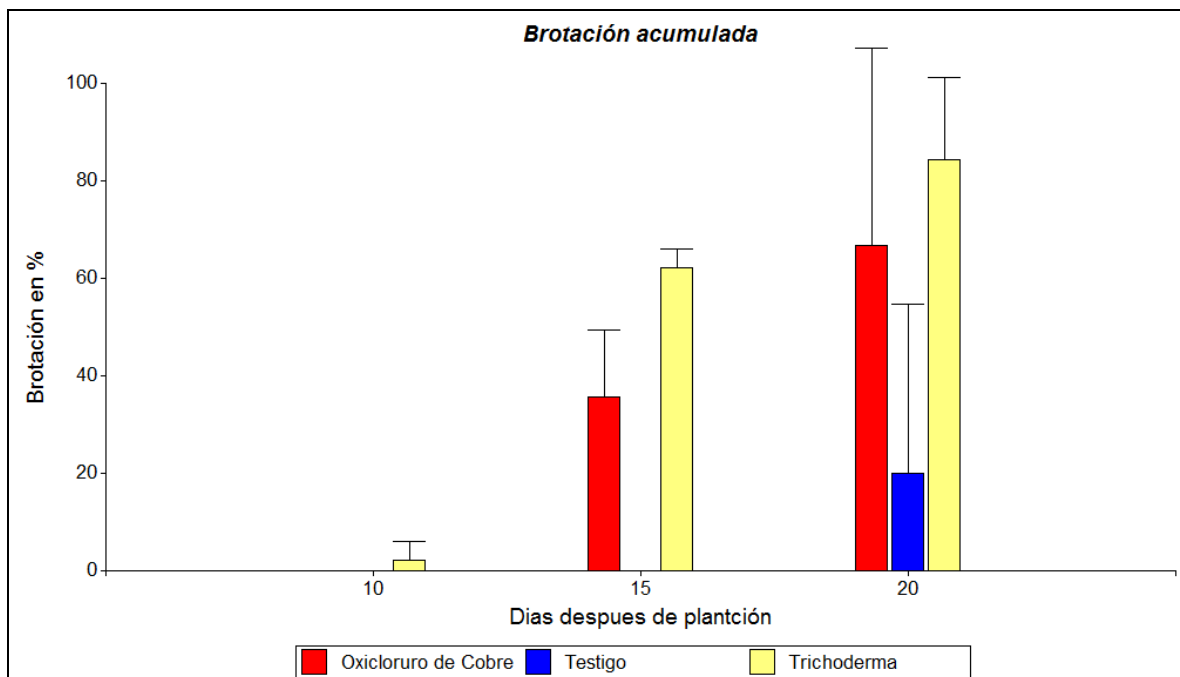


Figura 17: Porcentaje de Brotación de las estacas a los 10, 15 y 20 días después de la plantación.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma* sp.

Pudo observarse con el estudio de la varianza (Figura 16) que las brotaciones en los tratamiento con oxiclورو de cobre y *Trichoderma* no son significativamente diferentes entre sí, pero si respecto al tratamiento testigo, esto pudo atribuirse a la susceptibilidad frente a patógenos del suelo al no contar con alguna medida de protección.

También puede apreciarse en el gráfico de la figura 17, como el tratamiento con *Trichoderma* sp. demostró una brotación más temprana y un coeficiente de variación porcentual menor respecto a los demás tratamientos que pudo deberse a los efectos promotores de crecimiento que ya lo mencionaba Liu et al. (1995).

Producción de biomasa:

Para evaluar el crecimiento se realizaron muestreos destructivos, seleccionando una planta por tratamiento y por bloque de forma sistemática, constituyendo muestras de 3 plantas por tratamiento a los 90, 180 y 220 días después de la plantación. Utilizando una balanza se pesaron tallos, hojas y raíces por separado. Posteriormente se introdujeron las muestras de hojas y tallos en sobres de papel madera y se llevaron las mismas a estufa a 60 °C hasta peso constante, para determinar el peso seco mediante la utilización de una balanza de precisión.



Figura 17: Muestreo y medición de peso fresco y peso seco de plantas de mandioca.

En cuanto a la producción de biomasa aérea, se puede observar en la Figura 18 que al realizar el estudio de la varianza en los distintos momentos de muestreo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los casos.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma* sp.

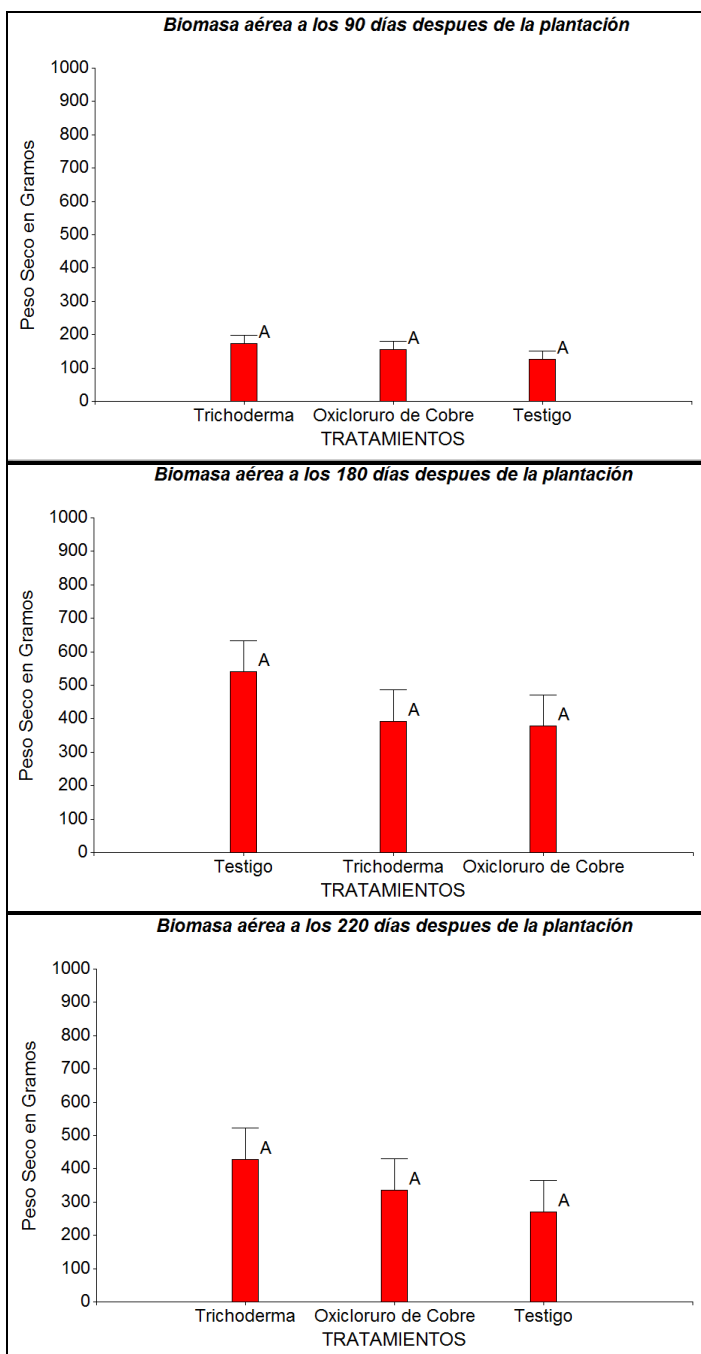


Figura 18: Producción de biomasa aérea en los diferentes momentos (90, 180 y 220 días después de la plantación).

Rendimiento:

La cosecha del lote se realizó el día 28 de mayo de 2016 a los 220 días después de la plantación, se tomaron 6 muestras al azar por tratamiento y por bloque, de las cuales se determinó mediante una balanza el peso de las raíces.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

A las raíces tuberosas muestreadas se clasificaron en dos categorías:

- **Raíces comerciales:** cuyas longitudes y diámetros eran mayores a 20 cm y 5 cm, respectivamente. A estas se les determinó su peso y número por cada planta muestreada.
- **Raíces descarte:** todas aquellas que no reunían las características anteriormente descritas. A estas se determinó su peso únicamente.

Se contabilizaron individualmente las raíces comerciales de cada muestra y con estos datos se determinaron dos componentes de rendimiento; número de raíces comerciales por planta (Figura 19) y peso de raíces comerciales (Figura 20).

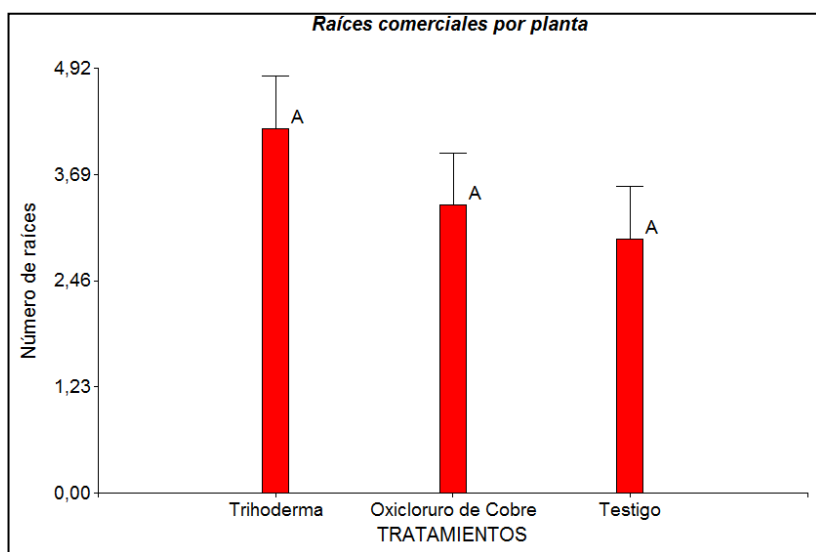


Figura 19: Número de raíces comerciales por planta en los distintos tratamiento.

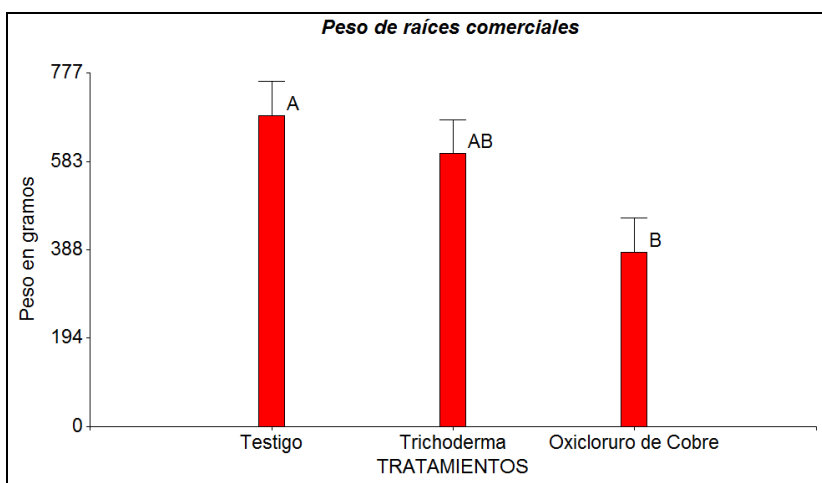


Figura 20: Peso individual de raíces por tratamiento.

Con los datos de los dos componentes anteriores, se integró un tercer componente de rendimiento; el número de plantas por hectárea, que para el marco de plantación

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

utilizado es de 10.000 plantas por hectárea. Con estos tres componentes se determinó el rendimiento como se observa en la Figura 21.

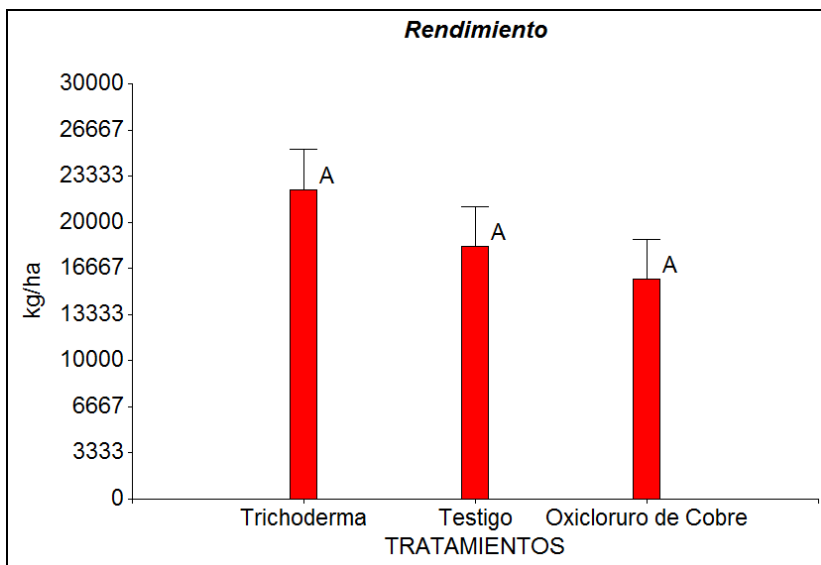


Figura 21: rendimiento en Kg/ha en los distintos tratamientos.

Se pueden observar en las Figuras 19 y 20, que no hay diferencias significativas en el número de raíces entre tratamientos, y sí en peso individual de cada una, pero esto no repercute significativamente en el rendimiento como se puede ver en la Figura 21.

Índice de cosecha:

Como indicador de momento de cosecha puede utilizarse los valores de índices de cosecha (IC), siendo óptimos aquellos superiores a 0,50.

Se determinaron los mismos en los distintos tratamientos y en diferentes momentos, a los 90, 180 y 220 días después de plantación, a efecto de poder observar en caso que hubiese alguna diferencia que pudieran ser atribuirse a los efectos promotores de crecimiento de *Trichoderma sp.*

Para los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$IC=PA/PR$$

PA: peso de parte aérea; PR: peso de raíces.

En la Figura 22 se puede observar cómo fueron evolucionando los valores de IC en el tiempo, pero no demostraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los momentos muestreados.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

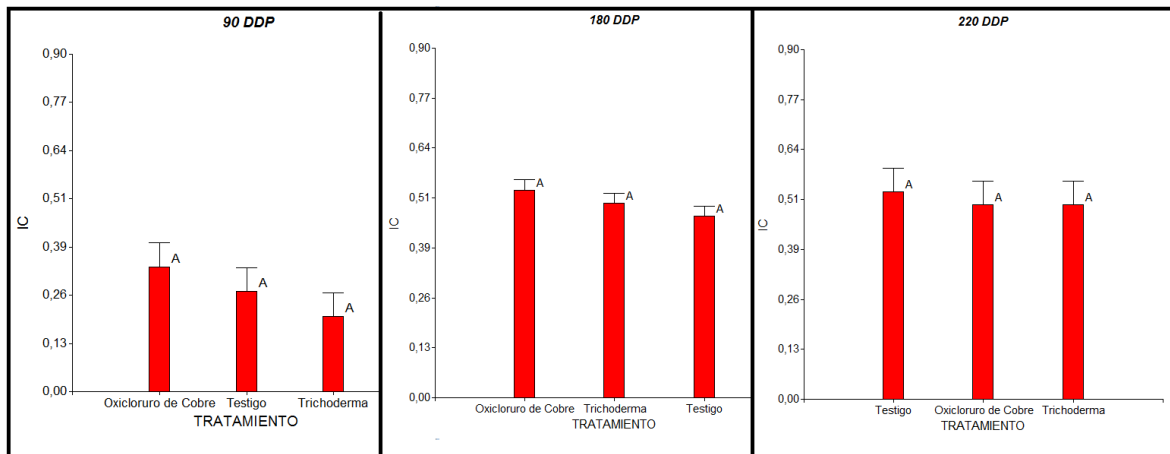


Figura 21: Índice de cosecha de los diferentes tratamientos a los 90, 180 y 220 días después de la plantación.

Contenido de almidón:

También se determinó el contenido de almidón mediante la técnica de la gravedad específica (Toro y Cañas, 1979). Este método consiste en pesar una muestra de raíces en el aire (PFRAI) y luego pesarla en el agua (PFRAG) para obtener su gravedad específica (GE) y en base en una correlación estandarizada entre estos dos pesos obtener los contenidos de materia seca y almidón en raíces frescas.

Para esto se tomaron muestras de 3 Kg de raíces frescas por tratamiento, de diferentes tamaños, se limpian las raíces para retirar la tierra adherida, las raicillas y el pedúnculo y con una balanza y una canastilla de malla metálica acoplado a la balanza, y un recipiente que pueda contener suficiente agua para que la canastilla y la muestra queden completamente sumergidas.

Una vez registrados los pesos de las raíces en el aire y en el agua se calcula la gravedad específica empleando la siguiente fórmula:

$$GE = PFRAI / (PFRAI - PFRAG)$$

Para estimar el contenido de materia seca:

$$\% MS = (GE \times 158,26) - 142,05$$

Dado que el contenido de almidón en raíces frescas constituye alrededor del 85-90 por ciento del contenido de materia seca, el contenido de almidón puede ser estimado, tomando un promedio de este rango (0,875), por medio de la siguiente fórmula:

$$\% AL = \% MS \times 0,875$$

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

Si bien el contenido de almidón tiene mayor importancia en cultivos destinados industria, determinarlo en un ciclo anual resulta interesante dado que podría tener alguna influencia las propiedades de promotor de crecimiento atribuidas a *Trichoderma sp.*

Al analizar los resultados se demostró (figura 23) que no hay diferencias significativas entre tratamientos.

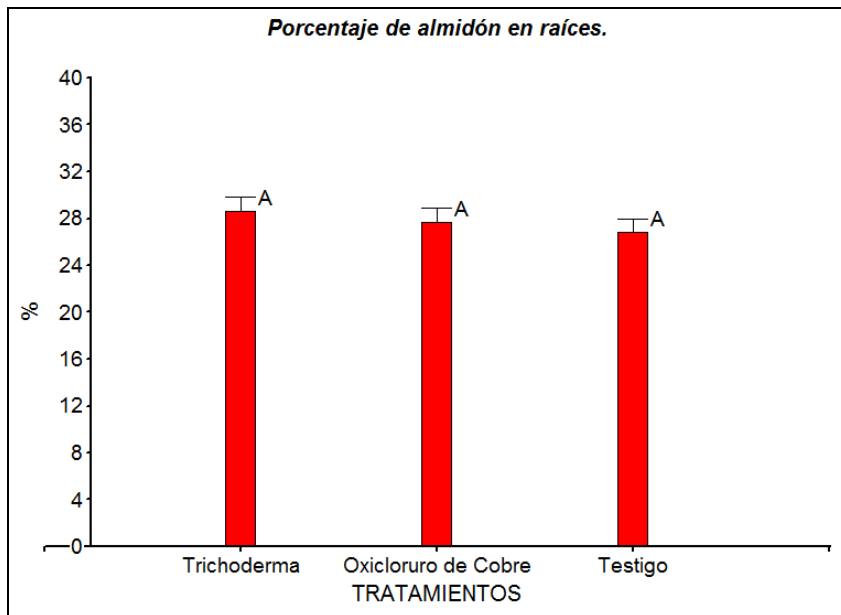


Figura 23: Porcentaje de almidon por tratamiento a los 220 días despues de plantación

CONCLUSIÓN:

En particular, este trabajo me ha dado la posibilidad de volcar en forma empírica los conocimientos adquiridos en la facultad, encontrándome con situaciones diversas que me han servido para integrar algunos conceptos y profundizar otros, buscando desde lo operativo de las tareas y desde las observaciones realizadas, orientar al cultivo y su medio hacia los objetivos del proyecto, logrando así la siguiente conclusión.

La utilización de *Trichoderma sp.* en las estacas de mandioca nos proporciona una rápida emergencia de las brotes, disminuyendo el tiempo en que estas permanecen a condiciones predisponentes para el desarrollo de patógenos que atenten contra su viabilidad. Pero los efectos promotores de crecimiento visualizados en la brotación no influyeron significativamente en la producción de biomasa aérea ni en el rendimiento.

El control químico de malezas con el paquete tecnológico aplicado en este ensayo nos proporciona un control efectivo y una alternativa económica respecto al mecánico, que además nos permite un manejo más sustentable del suelo, afrontando así a problemas de erosión hídrica asociado a este cultivo al mantener una cobertura sobre el suelo.

Con esto concluimos que la utilización de *Trichoderma sp.* es una alternativa factible que puede ser implementada en el tratamiento de estacas de mandioca para una rápida emergencia.

OPINIÓN DEL ASESOR:

El Sr. Emanuel Foletto ha trabajado eficientemente en el desarrollo de las actividades descritas en el presente informe. Su desempeño ha sido destacable debido al gran compromiso y dedicación en lo referente a las actividades desarrolladas. Lo más destacable de este trabajo final de graduación ha sido la gran variedad de acciones realizadas en el cultivo de Mandioca, tanto de medición de las distintas variables como las tareas de manejo del cultivo y la interpretación de sus resultados. Entendiendo que este conjunto de actividades ha significado una experiencia de aprendizaje importante para el alumno que tiene un especial interés en trabajar en el cultivo de Mandioca colaborando con su familia. Entre las capacidades demostradas por el Sr. Foletto es importante destacar su habilidad de enfrentar y resolver situaciones complejas y su buena predisposición para el trabajo.

En conclusión el Sr. Foletto ha realizado un excelente trabajo final de graduación, a través del cual ha adquirido experiencia profesional, logrando de esta manera el objetivo de la pasantía.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Alvarez, E. y G. Llano. (2002). Enfermedades del cultivo de la yuca y métodos de control. En: B Ospina and H Ceballos (Eds.) La Yuca en el Tercer Milenio, International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia, p. 131-147.
2. Booth, R.H. (1978). A review of root rot diseases in cassava. Cassava Protection Workshop. Series CE-14 CIAT, Cali, Colombia, p.121-133.
3. CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1973. Informe Anual. Cali, Colombia.
4. Harman, G.E. (2004). Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derive from research on *Trichoderma harzianum* T22. Plant Dis. 84: 377-393.
5. Mondino, P. y S. Vero. (2006) Control biológico de patógenos de plantas. Facultad de Agronomía- Unidad de Educación Permanente. Montevideo Uruguay. 158 p.
6. Montiel, M.F; L.H. Isla ; S.R. Morales y X.R. Moya. (2008). Antibiosis *in vitro* entre el antagonista *Trichoderma* spp. y organismos patógenos causantes de pudriciones radicales en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Centro Agrícola 35: 51-53.
7. Infante D.; B. Martinez; N. Gonzales y Y. Reyes. (2009). Mecanismo de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Revista Protección Vegetal 24: 14-21.
8. Ospina, B y H. Ceballos. (2002). La Yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT, Cali, Colombia; 586 p.
9. Páez, O., G. Bernaza y M. Acosta. (2006). Uso agrícola del *Trichoderma*. Instituto de Sanidad vegetal. La Habana. Cuba. 10 p. Disponible en: <http://www.soil-fertility.com/trichoderma/espagnol/index.shtml>
10. Arias M. (2004). Hongos Antagonistas o micopatógenos. Guía de insumos biológicos para el Manejo Integrado de Plagas. Corporación para Desarrollo de Insumos y Servicios Agroecológicos Armonía, p. 59-62.
11. Altomare, C., W.A. Norvell, T. Björkman y G.E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Appl. Environ. Microb. 65(7): 2926-2933.
12. Cadavid, L y R.H. Howeler. (1987). El problema de la erosión en lo suelos de Mondomo, Cauca, Colombia, dedicados al cultivo de la yuca y sus posibles soluciones. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional, sede Palmira, Colombia. 129 p.
13. Escobar, E.; Ligier, H.; Melgar, R.; Matteio, H. y O. Vallejos. (1996). Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1:500.000. Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales, INTA EEA Corrientes. 432 p.
14. Uset, O.A. (2008). Producción de Mandioca y sus Usos. EEA INTA – Montecarlo, Misiones, Argentina. 22 p.
15. Murphy, G.M.; R.H. Hurtado; M.E. Fernández Long; L.A. Serio; P.A. Faroni; S. Maio; L.B. Spescha y I.E. Barnatán. (2008). Atlas Agroclimático de la Argentina. Editorial Facultad de Agronomía (UBA). 130 p.

Seguimiento del cultivo de mandioca bajo sistema de labranza mínima con la utilización de *Trichoderma sp.*

16. Pletsch, R. (2004). Mandioca. Serie Técnica N° 1 de Pequeños Productores. Proyecto Regional de Pequeños Productores. EEA Corrientes.-AER Corrientes. 30 p.
17. Harman, G.E. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96: 190-194.
18. Liu, W.Z. (1995). The coloration of nematode in plant tissue. En: Liu, W.Z. (ed), pp. 71-74. *Technology for Studying Plant Nematology* (in Chinese). The Sci-Tech Publisher of Liaoning province, Shenyang, PR China.
19. ALTIERI, M. A. 1983. Agroecology: the scientific basis for alternative agriculture.
20. Toro, J. y Cañas, A. (1979). Determinación del contenido de materia seca y almidón en yuca por el sistema de gravedad específica. En *Yuca: Investigación: Producción y utilización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali, Colombia. Pp 567-575.