

Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ciencias Agrarias



Trabajo Final de Graduación

Modalidad Pasantía

**Tema: “Seguimiento del ciclo del cultivo anual de clones de
mandioca (Manihot esculenta Crantz) en Corrientes.”**

Alumno: Joaquín Martin.

Directa: Ing. Agr. (Mgter) Angela Ma. Burgos.

AÑO 2020

Índice:

Introducción.....	3
Objetivos Generales.....	6
Lugar de realización	6
Caracterización climática del área de trabajo	7
Caracterización edáfica del área de trabajo	7
Muestreo de suelo	8
Preparación de suelo y plantación	9
Tipos de plantación que se realizaron asociados a la posición de la estaca	10
Tratamiento de estacas.....	11
Control de malezas	12
Fertilización.....	14
Cosecha de Raíces y Parte Aérea	17
Selección del material de propagación	25
Conservación de ramas	27
Conclusiones del trabajo de pasantía.....	29
Bibliografía.....	31

Introducción

La mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) es una planta tropical originaria de la Amazonia Americana que ha tomado importancia en el contexto del país debido a sus usos tan diversos. Tanto las raíces como las hojas de la mandioca pueden ser utilizadas en la alimentación humana. Las primeras son una fuente importante en hidratos de carbono, y las segundas de proteínas, minerales y vitaminas.

Las raíces tuberosas amiláceas de esta especie constituyen el cuarto producto básico más importante después del Arroz, del Trigo y del Maíz y es consumido por más de 1000 millones de personas en el mundo (Ospina y Ceballos, 2002).

La producción de mandioca en América Latina y el Caribe, es liderada por Brasil que produce el 70% de la mandioca de la región con cerca de 20 millones de toneladas (Aristizábal y Calle, 2015). Argentina es el más austral entre los países productores de mandioca de Latinoamérica, donde se la cultiva desde la época anterior a la colonización europea.

Actualmente, el cultivo se realiza en la zona nordeste (NEA) integrada por las provincias de Corrientes, Chaco, Formosa y Misiones, donde es reconocido como un cultivo regional, de importancia cultural y socioeconómica.

La contribución de Argentina a la producción mundial promedio entre los años 2010-2016 fue de 186.500 toneladas de mandioca, distribuida en 18.633 has, la ubicaría por detrás del puesto 40 en volumen de producción mundial (FAOSTAT, 2017).

Al procesar los datos más actuales provistos por los Ministerios Provinciales de la distribución porcentual de la producción argentina de mandioca, se visualiza el protagonismo de la Prov. de Misiones con 73,82% de la producción total, seguida por Corrientes (19,01%), Formosa (5,15%) y Chaco (2,01%). En Corrientes, se encontrarían 3.533 has, según datos promediados entre 2008 y 2015 del Ministerio de la Producción de la Prov. de Corrientes. El rendimiento de raíces promedio en Corrientes es de 12,07 t ha⁻¹ (Burgos, 2018).

La mandioca es un cultivo rústico que se adapta a varias condiciones ambientales, de suelo, además, posee una buena tolerancia a sequía (Aristizábal y Calle, 2015). En nuestra provincia se ve favorecido por los suelos arenosos, profundos y sueltos, lo que permite un buen desarrollo de raíces.

Debido a su largo ciclo de crecimiento, la mandioca está sujeta continuamente a presiones de factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (clima, suelo), factores que pueden disminuir la calidad del material de multiplicación. A pesar de ello, se considera un cultivo sumamente rústico (Ospina y Ceballos, 2002).

Las variedades tradicionales han estado bajo estas presiones durante considerables periodos de tiempo y su efecto, puede ser un decrecimiento acumulativo de la calidad del material de “siembra” después de muchos ciclos de propagación vegetativa. El efecto de la mala calidad de la semilla sobre la producción es imprevisible, pero a veces reduce los rendimientos en mucho más de 50%. Por lo tanto, se recomienda hacer una selección positiva de las plantas que van a suministrar el material de “siembra” (Ospina y Ceballos, 2002).

Los agricultores argentinos que cultivan mandioca, son pequeños productores de escasos recursos que trabajan parcelas que no suelen superar una hectárea, aplican tecnología tradicional y muy básica. Resultan también escasos los programas estatales de incentivo y desarrollo de la actividad “mandioquera” en la región, pese a tener un gran potencial agroindustrial.

En nuestro país, el sector mandioquero realiza dos actividades bien desarrolladas, utilizando a las raíces como materia prima:

i) La primaria, está representada por la producción de raíces para consumo fresco como hortícola. Ésta lleva casi el 82% de toda la producción y logra satisfacer la demanda nacional. En el país, gran parte de la producción hortícola de mandioca, se destina al autoconsumo y el resto se comercializa a granel en mercados locales. Casi la totalidad de las producciones de Corrientes, Formosa y Chaco y el 75 % de la de Misiones se destina a la producción de raíces en fresco y no se industrializa. En Argentina, los mayores esfuerzos se focalizan en satisfacer el autoconsumo de raíces; después en abastecer el mercado del producto en fresco y por último en proveer a la industria local. De hecho, aún en Misiones (centro de la actividad industrial) el 50% de la producción de raíces se destina al autoconsumo, y de la otra mitad, un 25% se destina a la comercialización en fresco y solo el restante 25% se industrializa.

El consumo estuvo siempre muy arraigado en la dieta de los colonos del noreste de nuestro país, pero en las dos últimas décadas el producto en fresco pasó a ser requerido en distintos mercados, dado que el hábito de su consumo se extendió progresivamente a otras ciudades. Actualmente, la mandioca está presente en bocas de expendio mayoristas y minoristas, de las localidades de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, situación que se tradujo en un interesante movimiento económico para las diferentes localidades productoras. Muchos son llevados a mercado sin ningún valor agregado, pero en los hipermercados también se las comercializa

paraфинadas, envasadas al vacío, refrigeradas, congeladas y supercongeladas (Burgos, 2018).

ii) La secundaria, abarca la industrialización de raíces cuyo único derivado explotado es la obtención de harina y fundamentalmente fécula (almidón nativo). Actualmente en Corrientes, solo se elabora fécula artesanal que se comercializa en ferias francas locales para uso doméstico en la elaboración del “chipá” (Burgos, 2018).

A largo plazo, el cultivo de mandioca en el NEA, puede estar condicionado a sucumbir como tal o a subsistir, pero para ello deberá transformarse para un mundo que exige un producto distinto y con la calidad adecuada y certificada para un determinado demandante, que reúna criterios sustentables en términos de buenas prácticas agrícolas y de manufactura.

Si en Argentina se considerase a la mandioca como un producto estratégico para el desarrollo de numerosas industrias y se le otorgara el tratamiento correspondiente en términos de inversiones, muy certeramente podría darse un vuelco en el desarrollo del sector agroalimentario e industrial regional, contribuyendo a la generación de riqueza y de empleo rural y urbano, con el valioso sello del valor agregado en origen de productos diversificados, originales e innovadores (Burgos, 2018).

Objetivos Generales

- Desarrollar e integrar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en las diferentes asignaturas de la carrera de Ingeniería Agronómica, ampliando las competencias profesionales para la inserción laboral.
- Realizar entrenamiento de prácticas profesionales en la producción de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) a campo, a través del desarrollo de tareas agrícolas en general.
- Adquirir destreza para el seguimiento del cultivo y la toma sistemática de datos útiles, para poder fundamentar las prácticas de manejo que requiera el cultivo y poder evaluar resultados.

Lugar de realización

Campo Didáctico-Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE. Corrientes, Prov. de Corrientes. Ruta Nacional N°12. Km 1031.



Figura N° 1: Campo didáctico-experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Caracterización climática del área de trabajo

La provincia de Corrientes tiene un clima subtropical, muy cálido en verano pero con heladas en invierno, con una temperatura media anual superior a 18°C.

Tiene características de clima húmedo con exceso hídrico en otoño y primavera, y eventuales déficit de humedad en verano.

La temperatura media anual varía entre 19,5° y °C como consecuencia de la latitud, aumentando las temperaturas de sur a norte.

Las isotermas del mes más cálido de verano varían entre 26° y 27,5°C y las del mes más frío del invierno entre 13,5° y 16°C.

Las precipitaciones oscilan entre 1100 y 1700 mm, siendo la tendencia creciente de SO a NE. La distribución anual de las lluvias tienen dos máximos (en primavera y otoño), y un mínimo (en verano).

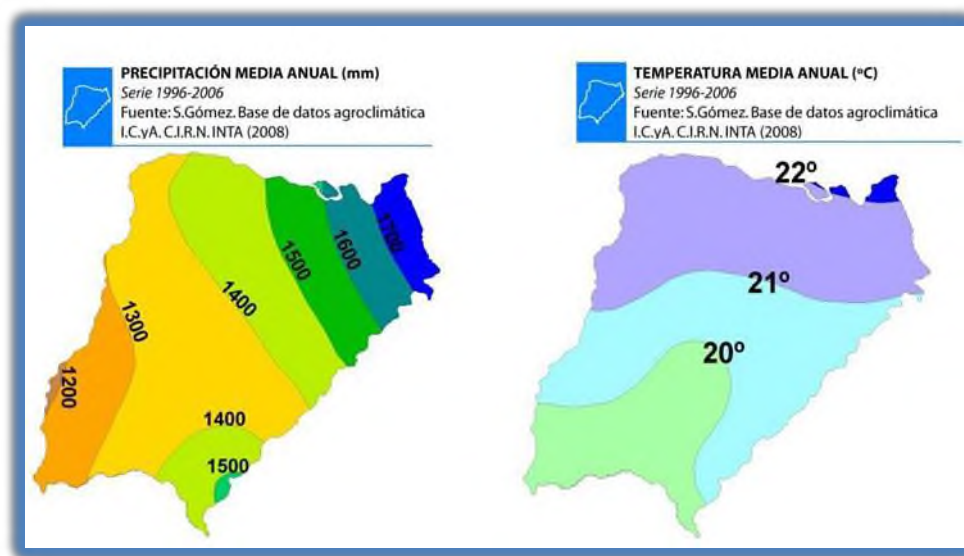


Figura N° 2: Mapas extraídos de NEA Corrientes Forestal

Caracterización edáfica del área de trabajo

El suelo del sitio de experimentación ha sido clasificado como Entisol del subgrupo Udipsament argico, perteneciente a la serie de Ensenada Grande (Escobar et al., 1994). Se encuentra ubicado sobre una loma, presenta textura superficial arenosa y subsuperficial franco arcillo arenosa, por lo que es susceptible a erosión tanto hídrica como eólica.

En cuanto a la génesis y la taxonomía de los suelos, se clasifica el régimen térmico como, hipertérmico por poseer una temperatura media anual superior a 22°C a una profundidad de 50 cm.

El régimen hídrico se caracteriza como údico, el perfil del suelo no se seca por más de 90 días consecutivos en la zona de las raíces (Escobar, 1994).

Desarrollo de las actividades

Muestreo de suelo

Conociendo las necesidades de nutrientes que requiere el cultivo en su ciclo, recurrimos a la realización de un muestreo de suelo para saber qué disponibilidad de nutrientes presenta y en qué medida es necesaria una fertilización.

Se separó la cobertura vegetal del suelo. Con una pala se abrió un pozo y se extrajo la porción del suelo, manteniéndola sobre la pala se procedió a eliminar los bordes laterales, de tal manera que la parte seleccionada tenga 10 cm de ancho, y la longitud sea igual a la profundidad que se realizó el muestreo de suelo.

Las diferentes profundidades en las cuales se tomaron las muestras fueron: a los 0-10 cm y a los 10-20 cm, ya que las plantas tienen su mayor densidad de raíces absorbentes a esa profundidad.

Se extrajeron 5 muestras de un diseño en diagonal, una vez recogida todas las submuestras se realizó el cuarteo de la muestra completa eliminando alternativamente una porción de suelo, hasta quedar con una muestra de cada profundidad (0-10 y 10-20) compuesta por 5 submuestras de 1 Kg aproximadamente. Las mismas se entregaron al laboratorio.



Figura N° 3: Toma de muestra (izquierda). Determinación de peso de la muestra (derecha).

Preparación de suelo y plantación

La cama de “siembra” o cama de plantación, debe tener, en general, de 20 cm de profundidad y el suelo debe encontrarse disgregado para que facilite el crecimiento horizontal y vertical de las raíces.

Dado que la mandioca es un cultivo muy susceptible a bajas temperaturas, detienen su crecimiento con 15 °C (Burgos et al., 2013). La época de plantación más adecuada comienza después del peligro de las heladas, al inicio de la primavera (mediados del mes de septiembre) y cuando, además, se dispone de humedad en el suelo.

En el presente trabajo, aproximadamente 7 días antes de la plantación, se realizaron dos pasadas con rastra liviana, de manera cruzada, a una profundidad de 10 a 15 cm,

Inmediatamente después, para nivelar y homogeneizar la cama de siembra, se pasó rastrillo de forma manual, dadas las reducidas dimensiones del lote de práctica.

Finalmente, se realizaron las marcaciones del lote para la plantación. Se midió con cinta métrica una distancia de 1m entre plantas y 1m entre surco (1x1), que es la más aconsejado y usado en la zona.

El hoyo de plantación para las estacas se realizó con azada, para la plantación horizontal y con un hoyador (palo del mismo diámetro que la estaca) para la plantación vertical.

Luego de haber preparado el terreno se procedió al corte del material semillero (estacas de 10 y 20 cm de longitud) y posterior desinfección de las estacas mediante la preparación de un caldo con 15 cc de Imidacloprid, 40 g de Oxicloruro de Cobre y 20 g Mancozeb por cada 10 L de agua. La misma se llevó a cabo de forma manual con el uso de guantes, para evitar daños en la piel a causa de los productos químicos en el momento de manipular las estacas.



Figura N° 4: Pasada de rastra liviana (izquierda). Medición para realizar la plantación (derecha).

Tipos de plantación que se realizaron asociados a la posición de la estaca

Ventajas y desventajas observadas de los dos tipos de plantación realizadas en el trabajo.

Plantación horizontal: una de las ventajas de la plantación horizontal, es que hay un mayor aprovechamiento de las ramas debido a que se necesitan estacas de menor longitud, alrededor de 10 cm que contengan como mínimo 4-5 yemas. Otra ventaja es que a la hora de realizar la plantación es más rápida y práctica que la vertical, debido a que el operario realiza primero el hoyo y luego va depositando las mismas aleatoriamente, independiente de la manera que se dispone la estaca.

La desventaja principal, a mi criterio, es que, si bien la brotación es un poco más lenta que en la plantación vertical, es más difícil poder determinar a simple vista, si hubo o no brotación y poder así contrarrestar las fallas. Esto se debe a que la brotación se ve demorada en 15 o hasta 20 días posplantación.

Plantación vertical: dentro de las ventajas de este tipo de plantación se observó que compite mucho mejor con las malezas, debido a que cierra más rápido el surco, sombreando a las malas hierbas e inhibiendo su crecimiento. También la posibilidad de realizar un replante (reposición de fallas) es más rápido por el hecho de poder determinar visualmente si se produjo o no brotación de la estaca y determinar si fue atacado o no por algún patógeno, o sufrió desecamiento.

En cuanto a las desventajas, se pudo observar que la plantación es más tediosa y lenta que la horizontal, porque a la hora de plantar necesitamos que la mitad de la estaca quede por debajo del suelo y la otra por encima de la superficie, siempre respetando la orientación de las yemas (lo cual exige una observación detallada). Por otra parte, la longitud de la estaca para este tipo de plantación debe ser de 20 cm aproximadamente y que contenga como mínimo 7-8 yemas, por lo cual el aprovechamiento por ramas es menor.

Tratamiento de estacas

Para realizar la desinfección de estacas se procedió a la preparación de un caldo con 15 cc de Imidacloprid, 40 g de Oxicloruro de Cobre y 20 g Mancozeb por cada 10 L de agua. Para preparar este caldo se utilizó un recipiente adecuado (carretilla) a fin de permitir la inmersión de las estacas, que previamente habían sido colocadas dentro de bolsas de red (“bolsas cebolleras”) para poder retirarlas fácilmente al cabo de dos horas de tratamiento.



Figura N° 5: Tratamiento de estacas previo a la plantación.

La combinación de fungicida, bacteriostático e insecticida aplicada a las estacas permite prevenir la incidencia de enfermedades y de plagas insectiles, garantizando una correcta implantación del cultivo.

Control de malezas

En condiciones favorables, las estacas de mandioca demoran entre diez y quince días para brotar, siendo una especie muy poco competitiva con las malezas en esta primera fase fenológica. Debido al lento crecimiento inicial del cultivo, la interferencia causada por malezas los primeros 60 días después de la plantación (DDP) puede causar reducciones de hasta el 90 % del rendimiento, que representan 30% o más de los costos de producción (Ospina y Ceballos, 2002). Es por esto, que es de fundamental importancia el control de malezas, durante esta ventana crítica de los primeros 60 DDP.

Existen diferentes métodos de control de malezas, pero lo ideal es poder combinar todos ellos y desarrollar estrategias bajo el concepto de Manejo Integrado de Malezas, recurriendo a las herramientas con que cada productor cuente. Dentro de estos recursos, debe tenerse presente que el control cultural tiene costo cero.

En este trabajo en particular se utilizaron controles culturales, manuales y químicos.

* El control cultural: agrupa prácticas para lograr que el cultivo sea más competitivo con las malezas, como la selección adecuada del cultivar, el uso de estacas en buena calidad, óptima densidad de plantación y tipo de plantación (posición), notándose que la plantación vertical presentaba algunas ventajas como mayor rapidez de brotación y de cierre del entresurco.

* El control manual: las herramientas que se usaron para este control fueron azadas y guadañadoras con ayuda del personal del Campo Experimental, especialmente para el control de malezas dentro del líneo, entre las plantas.

* El control químico: se realizó utilizando un herbicida preemergente con el fin de evitar el crecimiento de malezas por un período de 30-35 días, durante el cual el cultivo es sumamente susceptible.

Si bien en los lotes trabajados no hubo una exigente presión por parte de las malezas, se identificaron algunas como: *Cyperus rotundus*, *Cenchrus echinatus*, *Comelina erecta*.

Por lo tanto, se decidió realizar una aplicación con Dual Gold (S-Metolaclo) que es un herbicida preemergente de acción sistémica, que controla tanto hojas anchas como hojas finas. La aplicación se realizó 4 días después de la plantación del cultivo, con una dosis de 2 l/ha.

Una vez establecido el cultivo, aproximadamente a los 60 días, fue necesario controlar las malezas que se “escaparon” al efecto del preemergente, para lo cual se llevó a cabo una aplicación dirigida con herbicida total de acción sistémica (Glifosato). En una mochila para fumigación, se preparó, el caldo con una dosis de 4 l/ha del producto Glifosato y se agregó un aditivo para bajar el pH del agua. Luego, se prosiguió a tapar las plantas, una por una con bidones para evitar el contacto con el herbicida. Para esto también se podrían utilizar botellas plásticas de gaseosas, las cuales son cortadas dado que las plantas de mandioca aun presentan un tamaño y altura reducidas.

Si bien con este manejo, se logra un buen control de las malezas; cabe mencionar que, en Argentina, no existen herbicidas (ni ningún agroquímico) registrado para el cultivo.

La principal limitante para el uso de herbicidas en el cultivo de la mandioca es la falta de estudios locales que permitan el registro de productos (principios activos) considerando los Límites Máximos de Residuos (LMR) del SENASA y que posibiliten la obtención de raíces para su uso en la alimentación. Si bien actualmente se están llevando adelante programas de investigación a fin de comprobar el efecto de diversos herbicidas y sentar así, las bases para iniciar los trámites de registro en SENASA para el cultivo de mandioca, esto aún demorará unos años. Es por ello, que las prácticas aquí aplicadas están basadas en recomendaciones realizadas por investigadores de Brasil y Colombia, donde diversos agroquímicos se encuentran registrados.



Figura N° 6: a) Aplicación de herbicida total.

b) Tiempo después de la aplicación



Figura N° 7: Lote después del control de malezas.

Fertilización

La mandioca es un cultivo que se adapta a condiciones de suelos de baja fertilidad, donde otros cultivos no prosperan. Por lo general, un alto porcentaje de suelos dedicados a la producción de mandioca presentan muy bajos contenidos de N, P, K principalmente (Howeler y Cadavid, 1983).

Se tienen indicios de que la baja fertilidad y niveles medios a altos de sales en los suelos, son algunos de los factores edáficos que reducen el crecimiento, desarrollo y rendimientos de la planta de mandioca e inciden en la cantidad y calidad del material de plantación y la capacidad del cultivo a expresar su potencial genético (Howeler y Cadavid, 1983; López, 2002)

En el presente trabajo, se realizaron 2 momentos de fertilizaciones

La primer fertilización, se realizó a los 30 días después de la plantación, aplicando a cada planta 10 g de UREA (fertilizante Nitrogenado), la aplicación se realizó en forma manual a una distancia de 10 cm del lineo e incorporándolo al suelo para evitar pérdidas por volatilización. El segundo y último momento de aplicación fue a los 70 días de implantado el cultivo, con una dosis mayor a la anterior, de 20 g por planta. Por lo tanto, en total se aplicaron 300 kg por ha de UREA.

Se decidió realizar las fertilizaciones en esos momentos, debido a que si aplicamos antes de los 30 días (DDP) la planta aún no se encontraba bien establecida y las raíces no estaban suficientemente formadas.


Si la fertilización se realiza después de los 70 días, no hay un aprovechamiento del fertilizante por parte de la planta, debido a que ya produjo el máximo alargamiento de las raíces y a partir de este momento empieza la acumulación de carbohidratos.


Teniendo en cuenta la extracción de nutrientes por tonelada de raíces frescas cosechadas, se tuvo presente las recomendaciones de Howeler (1981).


Nutrientes	Requerimientos Kg/tn
Nitrógeno	4,42
Fosforo	0,67
Potasio	3,58
Calcio	1,36
Magnesio	0,82
Azufre	0,42

Tabla 1. Extracción de nutrientes por tonelada de raíz fresca cosechada.

Además, interpretando el resultado del análisis de suelo realizado.


Gobierno Provincial
 Ministerio de Producción


 Dirección de
 Producción Vegetal


**Laboratorio Provincial de
 Calidad Agropecuaria**

INFORME ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE: BURGOS, ANGELA.

PROCEDENCIA: -

FECHA RECEPCIÓN: 12/11/2018


Nº ANALISIS: S 83/18 y S 84/18.

METODOLOGÍA.
 FOSFORO: BRAY I
 CALCIO, MAGNESIO Y POTASIO: ACETATO DE AMONIO pH 7
 MATERIA ORGANICA: WALKLEY Y BLACK
 pH: AGUA DESTILADA – SUELO: 2.5-1
 NITROGENO: SEMI MICRO KJELDAHL
 HIERRO, COBRE, MANGANESO Y CINC: ABSORCIÓN ATÓMICA

	pH	N	P	K	Ca	Mg	Na	MO	Ω
	-	%	ppm	meq / 100 g				%	dS/m
0 - 10 cm	5,73	0,025	36,69	0,24	1,32	1,04	0,11	2,06	0,233
10 – 20 cm	5,69	0,022	34,37	0,18	1,28	0,24	0,19	1,56	0,224

Localidad y País.
Corrientes, Argentina.

Fecha de Emisión.
14/12/2018

Técnico Responsable.
 MA VICTORIA PEREYRA <small>DOCTORA EN QUÍMICA</small>

RUTA NACIONAL Nº 12 – Km 1032 – Corrientes (E-mail: laboratoriocalidadagropecuaria@gmail.com)
EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA

Figura N° 8: Análisis de laboratorio mostrando la disponibilidad de nutrientes en el huerto clonal donde se realizaron las prácticas de manejo del cultivo.

Para conocer la necesidad de fertilización del cultivo, se utilizó la siguiente formula:

$$NF = \frac{RPC - S}{E} * 100$$

Referencias:

NF: Necesidad de fertilización (Kg/ha)

RPC: Requerimiento ponderado del cultivo (Kg/ha)

S: Disponibilidad del nutriente en el suelo (Kg/ha)

E: Eficiencia del fertilizante (%)

100: Constante Porcentual

Considerando que los niveles óptimos para el desarrollo de mandioca son: pH de 6 a 7,5 normales; Fósforo mayor a 5 ppm; potasio 0,18 meq/100g; conductividad menor a 0,5 mmhos/cm.

Basados en los análisis de suelo, requerimiento del cultivo, y aplicando la formula antes descripta, llegamos a la conclusión de fertilizar únicamente con Nitrógeno.



Figura N° 9: Aplicación de fertilizante.

Cosecha de Raíces y Parte Aérea

Al momento de realizar la cosecha de plantas de diferentes lotes instalados en el Campo Experimental, se registraron datos a fin de poder establecer comparaciones generales en relación a los diversos cultivares y métodos de plantación.

Se realizó la determinación de rendimientos tanto para las raíces comerciales (Kg/pl), como para la parte aérea (Kg/pl). Asimismo, se registraron datos de dos cultivares diferentes y dos formas de plantación diferentes:

- 1: cv Palomita en posición Vertical.
- 2: cv Palomita en posición Horizontal.
- 3: cv Amarilla Marcelo en posición Vertical.
- 4: cv Amarilla Marcelo en posición Horizontal

La distancia entre líneas y entre plantas fue de 1m x 1m, 10.000 plantas /ha.

También se determinó el número y peso de las raíces de descarte. Sumado a esto se observó la disposición de la raíces en el suelo tanto radial (R) como vertical (V). Para la determinación de raíces por su calidad comercial (Fig. 10 y 11) se tomó como parámetro: una longitud de 20 cm de largo como mínimo y 5 cm de diámetro. Los datos tomados fueron volcados en las siguientes tablas (Tablas 2, 3,4 y 5):

Tabla 2: Registro de datos de producción de raíces y de biomasa aérea de plantas de mandioca del cv. Palomita que habían sido plantadas con estacas en posición vertical, 240 días después de plantadas (ddp), correspondientes a los bloques 1,2 y 3 del ensayo.

BLOQUE 1			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		Disposición raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
PALOMITA	VERTICAL	1	1,4	3	1	6	0,95	X	
		2	1,95	2	1,025	11	1,45	X	
		3	1	2	0,65	10	0,925	X	
		4	2,5	8	2,7	2	0,25	X	
		5	1,25	2	0,65	8	0,9	X	
		6	2,25	6	1,825	7	0,75	X	
		7	0,9	3	1,1	3	0,2	X	
		8	0,95	1	0,575	7	0,75	X	
		9	1	3	0,75	5	0,7	X	
		10	1,55	6	1,65	4	0,375	X	
		11	1,45	4	1,725	4	0,3	X	
		12	2	4	1,85	5	0,85	X	

BLOQUE 2			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		Disposición raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
PALOMITA	VERTICAL	1	1,15	2	0,825	4	0,3	X	
		2	1,1	2	0,675	8	0,8	X	
		3	0,58	3	0,75	5	0,25	X	
		4	0,75	4	0,9	4	0,325	X	
		5	0,75	1	0,2	9	0,95	X	
		6	2,25	4	1,5	3	0,35	X	
		7	1,6	4	1,15	6	0,6	X	
		8	0,7	3	0,9	3	0,2	X	
		9	0,75	1	0,25	7	0,75	X	
		10	0,775	1	0,375	4	0,25	X	
		11	0,55	2	0,525	5	0,3	X	
		12	0,8	2	0,6	4	0,5	X	

BLOQUE 3			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		Disposición raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
PALOMITA	VERTICAL	1	1,7	3	0,8	6	0,85	X	
		2	1,7	3	0,875	6	1	X	
		3	1,5	3	0,775	9	0,8	X	
		4	0,975	1	0,35	6	0,4	X	
		5	1,3	4	1,4	7	0,525	X	
		6	0,6	1	0,3	6	0,3		X
		7	0,8	4	1,05	2	0,2	X	
		8	0,65	3	1,15	3	0,2	X	
		9	0,55	1	0,2	6	0,4	X	
		10	0,75	1	0,35	8	0,925	X	
		11	0,7	1	0,25	7	0,85	X	
		12	0,6	0	0	8	0,975	X	

Tabla 3: Registro de datos de producción de raíces y de biomasa aérea de plantas de mandioca del cv. Palomita que habían sido plantadas con estacas en posición horizontal, 240 días después de plantadas (ddp) correspondientes a los bloques 1,2 y 3 del ensayo.

BLOQUE 1			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		disposición raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
PALOMITA	HORIZONTAL	1	1,25	4	0,9	9	0,875	X	
		2	2,05	8	2,625	6	0,5	X	
		3	1,2	3	0,625	6	0,75	X	
		4	0,9	0	0	9	0,9	X	
		5	1,4	3	1	5	0,65	X	

		6	1,725	2	0,5	4	0,45	X	
		7	1,05	0	0	8	1	X	
		8	0,55	2	0,5	5	0,3	X	
		9	0,275	0	0	3	0,2	X	
		10	0,6	0	0	6	0,3	X	
		11	0,4	0	0	4	0,5	X	
		12	0,475	1	0,2	3	0,3	X	

BLOQUE 2			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		disposición raíces	
Variedad	posición	planta nº	kg/pl.	Nº/pl.	peso kg/pl.	Nº/pl.	peso kg	R	V
PALOMITA	HORIZONTAL	1	1,3	1	0,15	12	1,2	X	
		2	0,75	1	0,25	6	8	X	
		3	1,05	4	1	6	0,55	X	
		4	0,75	3	0,65	5	0,6	X	
		5	0,45	2	0,5	3	0,375	X	
		6	0,35	0	0	4	0,425	X	
		7	0,65	1	2	6	0,75	X	
		8	1,025	3	0,65	5	0,5	X	
		9	0,9	3	1,2	1	0,25	X	
		10	1,85	2	0,4	12	1,5	X	
		11	1,3	3	0,8	9	1,1	X	
		12	0,75	4	1,15	2	0,25	X	

BLOQUE 3			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		disposición raíces	
Variedad	posición	planta nº	kg/pl.	Nº/pl.	peso kg/pl.	Nº/pl.	peso kg	R	V
PALOMITA	HORIZONTAL	1	0,75	1	0,15	6	0,6	X	
		2	1,9	4	1,25	7	0,9	X	
		3	1,55	5	1,4	6	0,4	X	
		4	1,3	5	1,625	3	0,15	X	
		5	1,4	4	1,45	3	0,3	X	
		6	0,85	1	0,4	5	0,5	X	
		7	0,625	1	0,25	4	0,425	X	
		8	1,325	3	0,85	7	0,65	X	
		9	75	1	0,2	8	0,7	X	
		10	1,05	3	0,825	6	0,55	X	
		11	0,95	2	0,5	7	0,85	X	
		12	2,15	5	1,4	10	1	X	

Tabla 4: Registro de datos de producción de raíces y de biomasa aérea de plantas de mandioca del cv. Amarilla Marcelo que habían sido plantadas con estacas en posición vertical, 240 días después de plantadas (ddp) correspondientes a los bloques 1,2 y 3 del ensayo.

BLOQUE 1			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		disposición raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
AMARILLA	VERTICAL	1	1	1	0,25	8	0,75	X	
MARCELO		2	0,9	2	0,9	4	0,35		X
		3	1,9	7	2,25	5	0,4	X	
		4	4,15	7	2,35	6	0,55	X	
		5	1,35	6	1,8	4	0,5	X	
		6	2,2	7	2,6	3	0,35	X	
		7	2,5	5	1,45	5	0,65	X	
		8	1,5	5	2	6	0,675	X	
		9	1,25	3	0,7	9	0,875	X	
		10	1	2	0,6	6	0,525		X
		11	0,75	0	0	8	0,8		X
		12	1,3	1	0,3	4	0,3	X	

BLOQUE 2			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		disposición raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
AMARILLA	VERTICAL	1	1,85	7	2,2	2	0,25	X	
MARCELO		2	3,7	6	2,7	5	0,75	X	
		3	3,5	4	1,4	10	0,975	X	
		4	0,85	2	0,55	4	0,25	X	
		5	2,95	6	2,5	3	0,425	X	
		6	1,5	5	1,65	4	0,35	X	
		7	1,250	4	1,1	5	0,525	X	
		8	3,2	5	1,85	5	0,925	X	
		9	3,3	6	2,4	6	0,85	X	
		10	2,85	2	0,8	8	1,25	X	
		11	2,25	3	1	6	0,975	X	
		12	3,7	5	2,75	7	1,3	X	

BLOQUE 3			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		disposición Raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
AMARILLA	VERTICAL	1	2,5	3	0,9	10	0,15	X	
MARCELO		2	2,1	2	0,75	7	0,65	X	
		3	2,15	4	1,3	8	1	X	
		4	2,5	2	1,1	6	0,875	X	
		5	3	6	2,675	5	0,475	X	

		6	2,575	5	1,9	8	0,65	X	
		7	2,45	4	1	10	1,3	X	
		8	2	2	0,75	7	1	X	
		9	1,9	5	1,55	4	0,4	X	
		10	1,25	2	0,625	8	0,8	X	
		11	1,125	3	1,025	3	0,35	X	
		12	1,575	2	0,5	6	0,75	X	

Tabla 5: Registro de datos de producción de raíces y de biomasa aérea de plantas de mandioca del cv. Amarilla Marcelo que habían sido plantadas con estacas en posición horizontal, 240 días después de plantadas (ddp) correspondientes a los bloques 1,2 y 3 del ensayo.

BLOQUE 1			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		disposición raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
AMARRILA	HORIZONTAL	1	1,55	4	1	7	0,8	X	
MARCELO		2	0,55	2	0,35	3	0,375	X	
		3	0,65	3	0,95	5	0,375	X	
		4	1,25	1	0,5	7	0,65	X	
		5	0,775	2	0,55	4	0,5	X	
		6	0,95	2	0,45	6	0,75	X	
		7	1,45	2	0,5	6	0,65	X	
		8	1,1	3	0,9	3	0,25	X	
		9	1,15	2	0,55	5	0,5	X	
		10	2,05	0	0	12	0,8	X	
		11	0,75	0	0	7	0,75	X	
		12	1,2	0	0	11	1,25	X	

BLOQUE 2			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		disposición raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
AMARILLA	HORIZONTAL	1	2,15	1	0,25	7	0,925	X	
MARCELO		2	1,7	2	0,7	6	1	X	
		3	1,8	3	1,15	7	0,95	X	
		4	1,3	3	0,75	6	0,5	X	
		5	2,1	0	0	12	1,425	X	
		6	1,9	0	0	11	1,05	X	
		7	2,75	2	0,4	16	1,85	X	
		8	1,75	3	0,875	3	0,5	X	
		9	1,8	4	1,1	7	0,8	X	
		10	1,9	2	0,5	7	0,675	X	
		11	1,75	0	0	9	1	X	
		12	1,55	1	0,25	11	1,25	X	

BLOQUE 3			biomasa aérea	raíces comerciales		raíces descarte		disposición raíces	
Variedad	posición	planta n°	kg/pl.	N°/pl.	peso kg/pl.	N°/pl.	peso kg	R	V
AMARILLA	HORIZONTAL	1	1,45	2	0,55	1	0,15	X	
MARCELO		2	1,8	5	0,75	1	0,25	X	
		3	1,9	5	1,55	5	0,6	X	
		4	1,85	4	2	4	0,475	X	
		5	1,6	3	1,3	5	0,6	X	
		6	2,9	2	0,625	8	1	X	
		7	2,4	5	2	9	0,775	X	
		8	0,75	3	0,9	2	0,1	X	
		9	1,6	2	0,975	6	0,7	X	
		10	1,4	0	0	5	0,4	X	
		11	3,1	7	2,8	8	0,9	X	
		12	1,5	3	0,85	4	0,55	X	



Figura N° 10: Clasificación de raíces



Figura N° 11: Cosecha y clasificación de raíz.

Considerando los datos de las tablas anteriores se estimó el rendimiento en Tn/ha de raíces con calidad comercial como hortaliza.

Tomando un promedio de los 4 lotes y teniendo en cuenta una pérdida a campo de plantas del 20% (dañadas, enfermas, que no brotaron, etc). Por lo tanto esta estimación está basada en 8000 pl/ha (con un distanciamiento de 1 x 1 m).

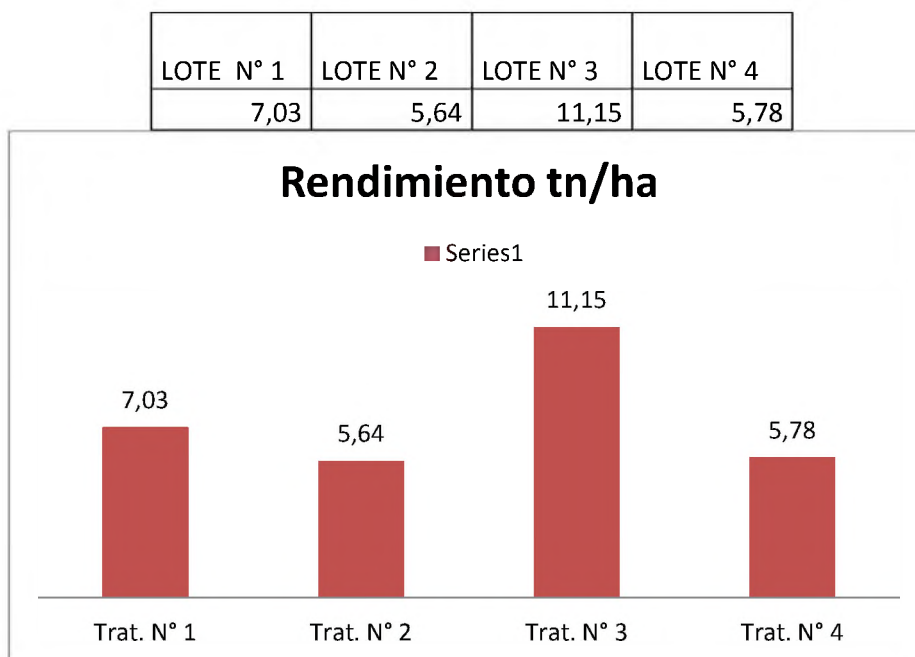


Figura 12: Rendimientos promedio en Tn/ha de raíz.

Interpretando la Figura 12, podemos observar una marcada diferencia en cuanto al rendimiento de la plantación vertical con respecto a la horizontal, tanto para el cv Palomita (T1) como el cv Amarilla Marcelo (T3). Destacando también un mejor desempeño en rendimiento de raíces, para este ambiente del cv Amarilla Marcelo (T3 y T4).

Por otra parte, se realizaron tareas en lotes con plantaciones de mandioca a 0,50 x 0,50 m (40.000 pl/ha) con el objetivo de determinar la cantidad y calidad forrajera de plantas de mandioca para cosecha del follaje (tercio superior). A este fin se implantaron clones como:

- Paraguay Cerro Azul.
- Amarilla Molina.
- Amarilla.
- Ramada Paso.
- Campeona.

En dichos lotes se llevaron a cabo distintos momentos y alturas de corte del tercio superior del cultivo para determinar cantidad de materia fresca y seca (kg/ha) y contenido de proteína (%) de los diferentes materiales en diferentes momentos de cosecha.

Los lotes forrajeros (Fig. 13), difieren en que son implantados en altas densidades (cuadruplican la densidad de producción de raíces), en ellos se realizaron controles tanto de malezas, como así también aplicaciones de diferentes dosis de fertilización.

Dada la alta densidad de implantación en estos lotes, se realizó el monitoreo constante de enfermedades y plagas, que por cierto estuvieron completamente ausentes (Fig. 14).



Figura N° 13: Determinación de altura de plantas en lote forrajero



Figura N° 14: Brotación luego del corte del tercio superior.

Selección del material de propagación

Debido a su largo ciclo de crecimiento, la mandioca está sujeta continuamente a presiones de factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (clima y suelo), factores que pueden disminuir la calidad del material de plantación.

Para este trabajo, se realizó una selección positiva de las ramas estaqueras, que consistió en determinar diferentes aspectos para la elección del material semillero.

La calidad de las ramas estaqueras es un conjunto de cualidades tanto genéticas, fisiológicas y sanitarias, que dan a las estacas su capacidad productiva. Por lo tanto la debilidad de cualquiera de estos tres componentes será un factor limitante.

Calidad genética: esto se logra plantando material auténtico, es decir, que dicho material de plantación se tome de un cultivo certificado, manteniendo metodologías preventivas (por ejemplo; evitando la plantación en terrenos que hayan sido ocupados con otra variedad de mandioca), e inspecciones para eliminar plantas fuera de tipo. Los factores genéticos que más afectan a la producción de ramas estaqueras son: su vigor general y el hábito de ramificación. Si bien en este trabajo la conservación que se realizó fue de planta entera, se tomaron ramas primarias y secundarias para la producción de estacas.

Calidad fisiológica: para este parámetro se tienen en cuenta varios aspectos.

- Nutrición: esto es fundamental para la iniciación de la nueva planta, ya que durante los primeros 20 días después de la plantación (ddp) su crecimiento se realiza a expensas de las reservas acumuladas en el tallo. Para esta selección se tuvo en cuenta el rendimiento individual de la planta madre y el grosor de los tallos.
- Edad: el aumento en la edad del tejido trae como consecuencia un aumento en el grosor y lignificación del xilema, que a su vez, reduce el tejido medular. Cuando se da este proceso los tallos se consideran maduros y aptos para servir como material de propagación, ya que esto les suministra suficientes reservas y resistencia a la deshidratación. Para esta selección tuvo en cuenta una relación 1:1 de leño y médula.
- Viabilidad de las ramas: esto está directamente relacionado con su contenido de humedad. Una vez cortadas las ramas se inicia la deshidratación, por este motivo se las conservó en un lugar con alta humedad y bajas temperaturas. Para la selección de las ramas estaqueras se realizó una prueba de viabilidad que consiste en efectuar un corte superficial en la corteza del tallo y comprobar, si de éste fluye inmediatamente látex, en caso positivo significa que la rama tiene humedad y capacidad de brotación, de lo contrario debe ser descartada porque no es viable. Para esta selección, se observó el estado de hidratación de las ramas.

Calidad sanitaria: a la hora de la selección del material semillero se pueden presentar problemas sanitarios inducidos por patógenos (hongos, bacterias y virus) y por plagas (insectos y ácaros). Además de reducir la calidad del material también representa un riesgo en las áreas donde se introduzca el material semillero.

- Patógenos.
 - Hongos: el patógeno fungoso sistémico más importante de la mandioca es *Diplodia manihotis*, el cual produce estrías necróticas marrones a lo largo del sistema vascular. Otros hongos que podemos encontrar son: *Fusarium solani*, *Sphaceloma manihoticola* (López, 2002).
 - Bacterias: la enfermedad más importante y una de la más grave es *Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis*, se encuentra alojada en los tejidos xilemáticos de los tallos inmaduros (Bellotti et al., 2002). Otras bacterias son: *Erwinia carotovora* pv. *carotovora* (pudrición bacterial del tallo). *Agrobacterium tumefaciens* (agalla bacterial del tallo). *Colletotrichum* sp., entre otras bacterias.
 - Virus: producen síntomas foliares, como son los mosaicos, pero también síntomas radicales como el cuero de sapo.

Es importante destacar, que la mayoría de estos patógenos penetran en el tallo a través de heridas causadas por medios mecánicos o por insectos.

- Plagas.

- Barrenador del tallo: existen varios tipos como Coleóptera (*Coleostermes sp* y *Lagochirus s.*), y Lepidóptera como *Chilomina sp.*, que generalmente causan daños esporádicos y localizados. La infección puede ocurrir tanto en el crecimiento de las plantas como en la conservación de los tallos (Bellotti et al., 2002). Es muy importante revisar las ramas estaqueras antes de conservarlas, para que no lleven estos barrenadores en su interior. Se observan orificios y aserrín, si se detectan no se deben conservar y se deben quemar de ser posible para liberar los lotes de la plaga que una vez instalada se hace difícil de controlar.
- Ácaros: las principales especies son *Mononyclellus tanajoa* (ácaro verde), *Tetranychus urticae* (ácaro rojo). *Olygonichus peruvianos*. Frecuentemente atacan al cultivo en la estación seca.
- Marandová: *Erinnyis ello* Es un lepidópeto cuya oruga muy voraz se alimenta de las hojas, dejando solo los pecíolos.

Conservación de ramas

En las condiciones subtropicales, las ramas estaqueras deben cortarse para su conservación antes del período de ocurrencia de las heladas que pudieran dañar las yemas que dan origen a una nueva planta.

Esta práctica debería hacerse en el mes de mayo en la zona de Corrientes.

Los problemas a evitar a la hora de la conservación son: deshidratación, perdidas de reservas por brotación y ataques de plagas y patógenos los cuales ocasionan disminución paulatina de material de plantación, a medida que aumenta el período de conservación.

Una vez realizada la correcta selección del material para conservar, se le asignó un lugar sombreado (debajo de los árboles) y con buena humedad para una óptima conservación de las ramas. Con una pala se removió el suelo de dicho lugar con el fin de facilitar el enraizamiento de las ramas, esto es favorable debido a que el material se mantiene hidratado y no se deteriora rápidamente.

Luego se agruparon las ramas estaqueras (sujetándolas al árbol con ayuda de una sogá) y roturaron las ramas para evitar la mezcla de clones (calidad genética). Ya estando el material agrupado en el lugar asignado, se realizó una aplicación, con mochila de los productos: 15cc de Imidacloprid (insecticida), 40g Oxicloruro de cobre y 20g Benomil (fungicida), todo esto en 10 litros de agua (Figs. 15, 16 y 17).

Se evaluaron 2 tratamientos a la hora de conservar.

Tratamiento 1: es la manera más usada y tradicional que consiste en la conservación de las ramas enteras (con hojas).

Tratamiento 2: este se basó en podar todas las hojas e incluso eliminando 1/3 de la parte apical.



Figura N° 15: Almacenamiento de ramas (tratamiento 2).



Figura N° 16: Aplicación de insecticida y fungicida en ramas de mandioca



Figura N° 17: cobertura de ramas con plástico.

Es importante destacar que con el tratamiento 2, si bien es más laborioso, se pudo aprovechar las hojas y la parte apical, como alimento para el ganado. O como suplemento para la dieta del ganado.

Una vez pasado el tiempo de conservación como ramas y llegando al momento de plantación, el corte de las ramas se hizo con serrucho a diferentes longitudes dependiendo del tipo de plantación a realizar.

Para plantación horizontal: se cortaron estacas a 10 cm con el objetivo de que contenga 5 yemas aproximadamente. Vale señalar que hay un mayor aprovechamiento de las ramas.

Para la plantación vertical: el corte fue a 18 cm aproximadamente para que contenga como mínimo 7 yemas en la estaca.

Conclusiones del trabajo de pasantía

El cultivo de mandioca es sumamente rústico y noble. Es un cultivo multipropósito, dado que de él se pueden cosechar las raíces y destinarse al consumo directo en fresco o procesarse para la extracción de almidón, al mismo tiempo que las hojas constituyen un importante aporte proteico para la dieta del ganado, las cuales pueden suministrarse en fresco, ensiladas o henificadas para suplir el bache invernal. La época de cosecha es flexible y el ciclo de crecimiento puede ser anual (9 meses) o bianual (18 meses) dependiendo del destino de la producción.

El manejo del cultivo es sencillo, las claves más importantes residen en seleccionar el material de multiplicación a conservar en tiempo y forma y hacer un manejo integrado de malezas durante los primeros 60 días después de la plantación y/o antes del cierre del entresurco ajustando los marcos de plantación al cultivar implantado.

La fertilización en tiempo y forma, permite pasar del rendimiento promedio provincial de 12 tn/ha a 30 tn/ha.

Planificar las tareas en el tiempo, permite ordenar la asignación del personal y hacer un uso eficiente de los recursos humanos.

Varias de las tareas que en esta pasantía se realizaron en pequeña escala a manera de entrenamiento, pueden ser llevadas a cabo de manera más ágil y tecnificada. El tratamiento químico de estacas puede hacerse pulverizándolas en los surcos antes de taparlas (de esta manera se economiza producto); la plantación se puede realizar con diversas plantadoras mecánicas disponibles en el mercado. Por ser la mandioca un cultivo “regional” para Argentina, aún quedan muchas áreas por desarrollar entre las que el registro de agroquímicos es una de las más notorias.

El día que Argentina, logre verlo como el verdadero cultivo industrial que es, la escala de producción cambiará y traerá consigo el desarrollo tecnológico del mismo.

Esta pasantía me ha permitido conocer todo el potencial que ofrece el cultivo de mandioca para la región.

Asimismo, esta práctica, me dio la oportunidad de realizar otras actividades en las que colaboré con otros pasantes que se encontraban realizando sus trabajos, de esta manera la experiencia fue mucho más enriquecedora. Además, me permitió empezar a conocer cómo se llevan a cabo las actividades productivas regionales con sus principales problemas como así también la toma decisiones.

Bibliografía

- Aristizábal, J.; Calle, F. 2015. Producción, Procesamiento, Usos y Comercialización de Mandioca. Cuaderno Tecnológico N° 22, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), 41 pp.
- Bellotti, A; Arias, B.; Vargas, O; Peña, J. 2002. Pérdidas en rendimientos en cultivo de yuca causadas por insectos y ácaros. En: Ospina, B. y Ceballos, H. (eds). La yuca en el Tercer milenio (pp 204-219), Cali, Colombia.
- Burgos, A. Ma.; Prause, J., Arguello, J. A., Cenóz, P. J. 2013. Fenología de los Estados Vegetativos de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en Términos de Tiempo Térmico. Revista UNCuyo. 45 (1):43-52
- Burgos, A.M. 2018. Estado actual del cultivo de mandioca en la Rca. Argentina. Revista Agrotecnia 27:14-18 pp
- Escobar, E.H.; Ligier, D.; Melgar, R.; Matteio, H. & Vallejos, O. 1994. Mapa de suelo de los Departamentos de Capital, San Cosme e Itatí de la Provincia de Corrientes. Publicación del convenio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-ICA) y Prov. de Corrientes- CFI, 129 p.
- FAOSTAT (División Estadística de la Food and Agriculture Organization of the United Nations) En: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>. 2017. [fecha de consulta: enero 2018].
- Howeler, R.H. 1981. Nutrición Mineral y Fertilización en Yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (CIAT).
- Howeler, R.H. y Cadavid, L.F. 1983. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during 12-months growth cycle of cassava. Field Crops Research 7, 123-139.
- López, J. 2002. Semilla Vegetativa de Yuca. En: Ospina, B. y Ceballos, H. (eds). La yuca en el Tercer milenio (pp 49-75), Cali, Colombia.
- Mapa de precipitaciones extraído de: NEA Corrientes Forestal. <http://neacorrientesforestal.blogspot.com/p/informacion-tecnica.html>
- Ospina, B. y Ceballos, H. (eds) 2002. La Yuca en el Tercer Milenio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia.