

Campodónico, Federico

Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Campodónico, F. 2012. Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-rendimientos-maiz-funcion-densidades.pdf> [Fecha de consulta:.....]



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

“Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, Provincia de Buenos Aires.”

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria**

Autor: FEDERICO CAMPODONICO

Profesor Tutor: RICARDO LATOUR

Fecha: 21-11-2012



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.1.	Densidad y su relación con el rendimiento	1
1.1.2.	Relación de la densidad con la disponibilidad hídrica y nutricional	2
1.1.3.	Relación de la densidad con la fecha de siembra	2
1.1.4.	Factores que definen el rendimiento	2
1.2.	OBJETIVOS	3
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	4
2.1.	Descripción general	4
2.2.	Estimación de rendimiento	5
2.2.1.	Tamaño de la espiga y numero de granos	5
2.2.2.	Peso de 1000 granos	5
2.3.	Calculo del rendimiento	6
2.4.	Cronograma de tareas	6
2.4.1.	Barbecho	6
2.4.2.	Siembra	7
2.4.3.	Fumigación pre emergencia	7
2.4.4.	Fertilización	7
2.4.5.	Cosecha	7
2.5.	Análisis estadístico	7
2.5.1.	Diseño Completamente Aleatorio (DCA)	8
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
3.1.	Normalidad y homocedasticidad de los análisis estadísticos	8
3.2.	Rendimiento y sus componentes según Densidad de Siembra	9
3.3.	Margen Bruto	9
4.	CONCLUSIONES	10
5.	ANEXOS	11
5.1	Resultados en la estimación de variables	11



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

5.1.1	Tamaño de espiga y número de granos.....	11
5.1.2	Peso de1000	11
5.1.3	Rendimientos Obtenidos.....	11
5.2	Anexo Análisis Estadístico.....	12
5.2.1	Supuestos del Modelo DCA.....	12
5.2.2	Resultados ANOVA del modelo DCA.....	16
5.3	Información general y técnica del establecimiento	19
5.3.1	Ubicación del establecimiento.....	19
5.3.2	Fraccionamiento del Establecimiento “ ElRincón”.....	20
5.3.3	Carta de suelo serie Atucha	21
5.3.4	Análisis de suelo Lote 17 “El Rincón”.....	22
5.4	Puntos a tener en cuenta al momento de seleccionar un Híbrido de Maíz para la siembra	23
5.4.1	Características del híbrido utilizado (AX870).....	24
5.5	Margen bruto comparativo entre los tratamientos.....	26
6	BIBLIOGRAFÍA	27



Índice de Tablas y Figuras

Tabla 1. Número de parcelas con sus respectivos tratamientos.....	5
Tabla 2. Fechas de labores.....	6
Tabla 3. Supuesto del Modelo DCA.....	8
Tabla 4. Promedio de rendimientos, P1000 y cantidad de granos/espiga para cada densidad de siembra DMS para cada variable.....	9
Tabla A1. Resultados obtenidos el muestreo	11
Tabla A2. Peso de 1000 granos en el muestreo realizado	11
Tabla A3. Rendimiento obtenido en el muestreo	11
Tabla A4. Prueba Shapiro-Wilks para la variable rendimiento.....	12
Tabla A5. Prueba de Shapiro – Wilks para la variable Peso 1000.....	13
Tabla A6. Prueba de Shapiro – Wilks para la variable granos por espiga.....	14
Tabla A7. Prueba de Levene para la variable rendimiento.....	14
Tabla A8. Prueba de Levene para la variable P1000.....	15
Tabla A9. Prueba de Levene para la variable granos por espiga.....	16
Tabla A10. Análisis de la Varianza para el rendimiento.....	17
Tabla A11. Análisis de la variancia para el Peso 1000.....	17
Tabla A12. Análisis de la Varianza para granos por espiga.....	18
Tabla A13. Resultado Análisis de Suelo Lote 17.....	22
Tabla A14. Características agronómicas del híbrido utilizado.....	24
Tabla A15. Margen bruto comparativo entre los tratamientos.....	26



Figura 1. Definición y estimación del rendimiento.....	3
Figura A 1. Gráfico Q- Q P lot para demostración de la normalidad rendimiento.....	13
Figura A2. Gráfico Q-Q Plot para demostración de la normalidad P1000.....	14
Figura A 3. Gráfico Q- Q P lot para demostración de la normalidad Granos/Espiga.....	14
Figura A 4. Gráfico Residuos versus predichos para la demostración de homocedasticidad en la variable rendimiento.....	15
Figura A 5. Gráfico Residuos versus predichos para la demostración de homocedasticidad de la variable P1000.....	16
Figura A 6. Gráfico Residuos versus predichos para la demostración de homocedasticidad de la variable Granos/espiga.....	17
Figura A7. Imagen satelital de la Ubicación del Establecimiento.....	20
Figura A8. Fraccionamiento del Establecimiento Campaña 2011-2012.....	21
Figura A9. Carta de suelo serie Atucha.....	22
Figura A10. Foto del híbrido AX870.....	26



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

RESUMEN

La operación de siembra representa uno de los puntos críticos más importantes en la definición del potencial rendimiento de todos los cultivos agrícolas extensivos de nuestro país (trigo, maíz, soja y girasol).

El maíz es el más sensible de todos los cultivos a las fallas en la emergencia-implantación, que afectan en forma importante el rendimiento potencial del cultivo. Podemos, a su vez, separar el efecto en dos aspectos: densidad total de plantas por hectárea y uniformidad en la distancia entre plantas.

En cuanto a la densidad de plantas por hectárea, está bien establecido que hay una densidad óptima de acuerdo al híbrido y al ambiente. En general, los híbridos modernos (poco prolíficos) no poseen mecanismos de compensación efectivos ante disminuciones en el stand de plantas; por lo tanto el rango de densidad óptimo es muy estrecho, no admitiendo variaciones importantes sin mermas de consideración en el potencial de rendimiento. Estas mermas son variables de acuerdo al híbrido, al ambiente y al porcentaje de disminución del stand.

En el presente trabajo, se analizó el rendimiento de maíz en un campo ubicado en Lima, Bs.As., utilizando dos densidades de siembra diferentes: una con 69.500 plantas/ha (rendimiento 5.532,66), y la otra con 76.190 plantas/ha (rendimiento 5.023,33). El ensayo se hizo bajo iguales condiciones de manejo en ambos casos.

El resultado obtenido indicó que existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, ya que a menor densidad de siembra de maíz el rendimiento fue mayor.

Como conclusión, se puede decir que en un campo en el cual el potencial de rendimiento es menor a 10.000 kilos/ha, será recomendable la utilización de densidades de siembra bajas.



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

La producción de materia seca de un cultivo está directamente relacionada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente. Además, para alcanzar los máximos rendimientos en situaciones sin limitaciones ambientales importantes, los cultivos deben aprovechar en su totalidad la radiación solar disponible durante los momentos críticos de determinación de rendimientos.

En el cultivo de maíz, la densidad de plantas tiene importantes efectos en la partición de materia seca entre estructuras vegetales y reproductivas. El rendimiento de este cultivo presenta escasa estabilidad frente a variaciones en la densidad de plantas, y es sumamente sensible a la disminución en la cantidad de recursos por planta en el período alrededor de la floración. En consecuencia, el ajuste de la densidad de plantas resulta especialmente crítico en este cultivo.

La elección de la densidad es un importante factor de producción del cultivo de maíz al alcance del agricultor. Por tal motivo, resulta deseable por parte de los agrónomos, definir las relaciones entre cantidad de plantas logradas por unidad de superficie en un cultivo y su rendimiento, para distintas situaciones de oferta ambiental (*Dekalbpress. 1996*).

1.1.1. Densidad y su relación con el rendimiento

La respuesta del rendimiento en grano por unidad de área al incremento en la densidad de plantas de maíz, es de tipo óptimo. Mientras que el rendimiento por planta disminuye con el incremento en densidad, el rendimiento del cultivo se incrementa hasta un máximo a partir del cual los aumentos posteriores en el número de individuos lo reducen marcadamente. La densidad óptima es aquella que permite al cultivo alcanzar el máximo rendimiento en grano.

El componente del rendimiento más afectado por la densidad es el número de granos que alcanzan la madurez. El mismo se asocia con la capacidad de crecimiento de la planta durante la floración, cuando se determina la disponibilidad de asimilados para los granos en formación. A medida que el crecimiento por planta disminuye por incrementos en la densidad, la caída en el número de granos fijados en la planta se hace más abrupta. Ello responde al relegamiento en la asignación de asimilados dentro de la planta que sufre la espiga, debido a mecanismos de dominancia apical. Este comportamiento conduce a que se alcance un umbral de crecimiento mínimo por planta, por debajo del cual posteriores incrementos en la densidad determinan su esterilidad (*Cirilo, 1994*).



1.1.2. Relación de la densidad con la disponibilidad hídrica y nutricional

En el maíz, la disponibilidad de recursos (principalmente agua y nitrógeno) modifica marcadamente la respuesta a la densidad de plantas. En ambientes de buena disponibilidad de agua y nutrientes, los mayores rendimientos se obtienen con densidades elevadas. En cambio, en condiciones de baja disponibilidad de recursos, la densidad de plantas óptima es sensiblemente menor.

Cuando los recursos ambientales se tornan limitantes, la tasa de crecimiento por planta alrededor de la floración disminuye a valores en los cuales la respuesta del número de granos fijados por planta a dicha tasa de crecimiento, es muy alta. Esta situación puede ser prevenida por la disminución de la densidad, con lo que se reduce la competencia entre individuos y aumenta, por lo tanto, la tasa de crecimiento por planta.

En consecuencia, la densidad óptima de plantas para lograr un máximo rendimiento en granos, está directamente asociada con la disponibilidad de recursos (*Dekalb, 2002*).

1.1.3. Relación de la densidad con la fecha de siembra

Cuando se retrasa la fecha de siembra de maíz, el periodo crítico del cultivo para la determinación de rendimiento (floración) se desplaza hacia momentos de menor irradiación, respecto de siembras más tempranas y, en consecuencia, el potencial de crecimiento de las plantas disminuyen (*Cirilo y Andrade, 1994*). Las siembras tardías están, entonces, generalmente asociadas con una menor tolerancia a altas densidades.

Consecuentemente, la densidad óptima para rendimiento en grano disminuye a medida que se retrasa la siembra del cultivo de maíz en ambientes templados, a diferencia de lo esperado para otros cultivos.

Satorre (2002), encontraron aumentos significativos en los rendimientos de maíz cuando aumentaron la densidad de siembra de 60.000 a 90.000 pl/ha en siembras tempranas, mientras que en siembras tardías los resultados fueron inversos.

En ambos casos, las diferencias entre los incrementos fueron más marcadas en Balcarce que en Pergamino.

1.1.4. Factores que definen el rendimiento

El rendimiento potencial del cultivo de maíz es primero determinado por aquellos factores que, cuando el resto es suministrado a un nivel óptimo, definen el potencial de productividad del cultivo (Factores que definen el crecimiento, **FDC**). Estos son factores que, a priori, no se pueden controlar y están definidos por la latitud, altitud, estación del año y ciclo del cultivo. Uno solo puede adaptarse a ellos, como por ejemplo, por medio de la fecha de siembra o elección de genotipos cuyo ciclo se adapte mejor.

Los factores que limitan el crecimiento (**FLC**) comprenden aquellos recursos que en caso de su suministro deficiente van a limitar la producción: agua y nutrientes. Son más manejables que los FDC a través de prácticas que incrementan el rendimiento (**MIR**), como riego y fertilización. Cuanto más eficiente sea el uso de los FLC, más se va a acercar el rendimiento alcanzable al potencial. Por último, también existen factores que reducen el crecimiento (**FRC**) y estos, son aquellos factores que disminuyen o impiden el crecimiento y la productividad. La mayoría son malezas, plagas, enfermedades, y contaminantes. A través de prácticas que protegen el rendimiento (**MPR**), como el uso de herbicidas, fungicidas e insecticidas, los agricultores pueden elevar la producción, incrementando el nivel real de rendimiento (Uribelarrea, 2009).

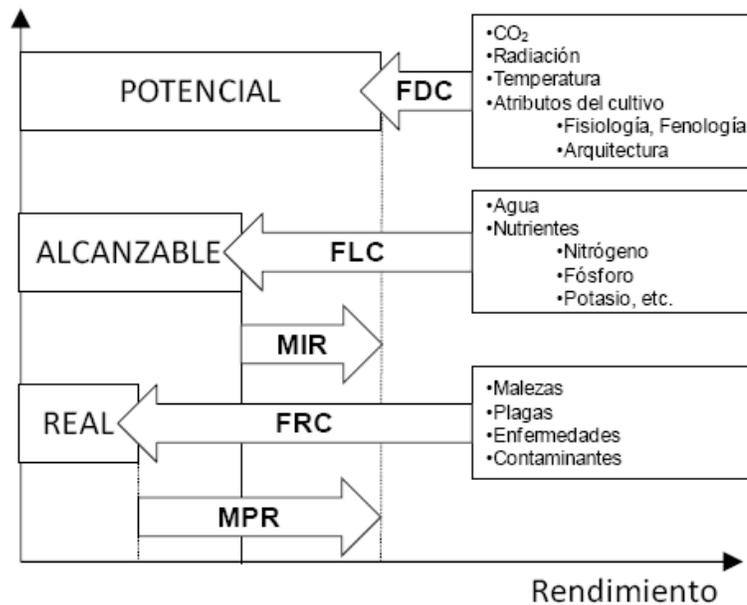


Figura 1 – Definición y estimación del rendimiento

1.2. OBJETIVOS

El principal objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de dos densidades en maíz sobre la variable rendimiento. Se cuantificó, dentro de la variable rendimiento, la cantidad de hileras de la espiga, el número de granos por espiga, el peso de 1000 granos, para luego hacer una estimación de la producción.

El rendimiento del cultivo de maíz es muy sensible a la densidad de plantas. En consecuencia, ésta debe ser cuidadosamente seleccionada, con el objetivo de maximizar la producción en cada situación particular del cultivo. La densidad óptima para el rendimiento en grano se incrementa cuanto mayor es la



disponibilidad de recursos ambientales y mejores el nivel tecnológico de producción.

Teniendo en cuenta los altos costos de la implantación del maíz, y la influencia de estos sobre la rentabilidad de la producción, se calculará el margen bruto para ambos casos estudiados.

Hipótesis

En un mismo ambiente, donde en un año promedio los rendimientos esperados no son superiores a 10.000 kg/ha y la disponibilidad de recursos (climáticos principalmente) es constante, se puede lograr un mayor o igual rendimiento usando una densidad de siembra menor. Esto traerá aparejado no solo una ganancia en el rendimiento, sino además, una disminución en los costos de implantación del mismo.

Mediante ensayos, se evaluará cómo son los rendimientos de maíz en función de diferentes densidades de siembra. Dentro de un mismo híbrido, la variable será la densidad, y a que los manejos posteriores (fertilización, fumigación, etc.) será iguales en todos los casos.

En un esquema de alta producción, se debe alcanzar la cobertura total del suelo por el cultivo, con anterioridad a los momentos críticos de determinación del rendimiento. Si esto no se logra, se deben ajustar la densidad y el arreglo espacial de las plantas a fin de maximizar la interceptación de radiación por parte del canopeo en dichos momentos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción general

Dentro de los diseños experimentales existentes, se va a implementar el diseño completamente aleatorio con tres repeticiones, en el cual la *variable respuesta (rendimiento)* puede depender de la influencia de un *único factor (densidad de siembra)*, de forma que el resto de las causas de variación se engloban en el error experimental.

Se van a analizar de manera complementaria los siguientes ítems, para luego poder calcular la variable respuesta (rendimiento):

- ✓ Tamaño (hileras) de espigas
- ✓ Granos por espiga
- ✓ Peso de 1000 granos

Se efectúan dos tratamientos, considerando dos densidades de siembra de maíz diferentes:



- 1) Densidad = 3.65 semillas/metro, para el cual resulta una población de 69.500 Plantas/ha
- 2) Densidad = 4.00 semillas/metro, para el cual resulta una población de 76.190 Plantas/ha

Como característica común de ambos tratamientos, es importante citar que la distancia entre surcos es de 52.5 cm.

Por último, dentro de cada tratamiento citado, se analiza el rendimiento de tres muestras elegidas de manera aleatoria. Cada una de estas muestras tiene una superficie de 2.5 has.

Numero de muestra	1	2	3	4	5	6
Tipo de tratamiento	1	1	2	2	1	2

Tabla 1 – Número de parcelas con sus respectivos tratamientos

2.2. Estimación de rendimiento

2.2.1. Tamaño de la espiga y número de granos

Para determinar el número de granos por espiga, se promedió el número de granos contados en cuatro hileras de la espiga, y este se multiplica por la cantidad de hileras que tiene la espiga.

Esta determinación se hizo para las dos densidades mencionadas, y basadas en estas se obtuvo la cantidad de granos por metros cuadrados.

$$\frac{\text{granos}}{\text{espiga}} = \left(\frac{\text{granos}}{\text{hilera1}} * \frac{\text{granos}}{\text{hilera2}} * \frac{\text{granos}}{\text{hilera3}} * \frac{\text{granos}}{\text{hilera4}} \right) * 0,25 * \frac{\text{hileras}}{\text{espiga}}$$

$$\frac{\text{granos}}{\text{m}^2} = \frac{\text{granos}}{\text{espiga}} * \frac{\text{espigas}}{\text{m}^2}$$

2.2.2. Peso de 1000 granos

Se pesaron 1000 granos en las 6 muestras correspondientes a los dos tratamientos mencionados. Se utilizó una balanza de alta precisión (con variación de 1 gramo).

Es importante destacar que la humedad de grano corresponde a 14% para todas las muestras, y dicho valor pertenece a condición cámara.



2.3 Cálculo del rendimiento

La fórmula para estimar el rendimiento se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\left(\frac{\text{granos}}{\text{m}^2} * \text{peso de granos (12\%)} \right)}{100}$$

Se utiliza 100 como factor de conversión de unidades para poder expresar el rendimiento en kg por hectárea.

2.4. Cronograma de tareas

En la siguiente tabla, se muestran las fechas de las tareas y productos utilizados en cada una de ellas:

Aplicaciones	Dosis/ha	Fecha
Metsulfurón 60%	0,007	03/07/2011
PULVERIZACION TERRESTRE (SAMPOL S.A.)	1.00	03/07/2011
Panzer Gold	1.90	03/07/2011
(N) Maiz AX 870 MGRR Pochoncho C2 x 80000 semillas	1.09 08/	09/2011
Fosfato Monoamónico a Granel	82.40	08/09/2011
SIEMBRA DIRECTA (SAMPOL S.A.)	1.00	08/09/2011
Panzer Gold	1.5	11/09/2011
Bicep Pack Gold	0.18	11/09/2011
PULVERIZACION TERRESTRE (SAMPOL S.A.)	1.00	11/09/2011
FERTILIZACION LIQUIDA (AGROTOP S.A)	1.00	21/09/2011
SolMix 32%	125	21/09/2011
COSECHA (ANTONIJEVIC, MATEO ALBERTO)	1.00	10/04/2012
COSECHA (SAMPOL S.A.)	1.00	10/05/2012

Tabla 2 - Fechas de labores

2.4.1 Barbecho

Para obtener un lote libre de malezas, y de humedad óptima previo a la siembra, se realizó un barbecho químico aplicando los siguientes compuestos por hectárea a sembrar:

- 7 gramos de Metil-2-[(4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il)amino]carbonylamino]sulfonil]benzoato (ingrediente activo): (Metsulfurónmetil)
- 1.8 litros de Sal dimetilamina de glicosato (N-fosfonometil glicina) 60, 8 % p/v (Panzer Gold)



2.4.2. Siembra

Se aplicaron los tratamientos mencionados. Para eso, la siembra se realizó sobre rastrojo de trigo/soja con un híbrido de maíz (AX 870 MGRR), complementada con 80 kg/ha de MAP (Fosfato-mono-amónico). El MAP se aplicó al costado y debajo de la semilla, que es la técnica mayormente utilizada en la siembra de maíz.

La sembradora utilizada fue una Crucianelli Gringa V, con dosificación neumática.

2.4.3 Fumigación pre emergencia

Luego de la siembra, y para evitar el crecimiento de malezas, se aplicaron los siguientes compuestos por hectárea sembrada:

- 2Kg de 2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-1,3,5-triazina (Atrazina al 90% de pureza: Gesaprim)
- 1.3 litros de 2-chloro-6'-ethyl-N-(2-methoxy-1-methylethyl)acetotoluidide (Dual gold)
- 1.5 litros de Sal dimetilamina de gelifosato (N-fosfono metil glicina) 60,8 % p/v (Panzer Gold)

2.4.4 Fertilización

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de suelo realizados, se previó aplicar por hectárea 165 kilos de fertilizante Solmix60-40 (24% de Nitrógeno y 10,4% de Azufre). Esto es equivalente a 39,6 Kg de N y 17,16 Kg de S.

2.4.5 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, tal como fue indicado en el apartado 2.2.1. Una vez finalizada, se analizaron los resultados de las muestras obtenidas.

2.5. Análisis estadístico

Los resultados son analizados mediante el análisis de la varianza (ANOVA), de manera de poder determinar la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las poblaciones de cada tratamiento. Los datos obtenidos en los experimentos fueron analizados utilizando el software INFostat – Version 1.1 Estudiantil (Di Rienzo y otros, 2002).



2.5.1. Diseño Completamente Aleatorio (DCA)

Único Factor: Densidad de siembra de maíz.

Variable respuesta: Rendimiento de maíz

Repeticiones: 3 (tres)

Fórmula Aplicable:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

- y_{ij} es el valor de la variable respuesta en cada u.e.
- μ es la media general o media de la población
- α_i es el efecto del tratamiento i , y que es común a todos los individuos que recibieron ese tratamiento
- ε_{ij} es el residuo o error aleatorio que existe dentro de cada tratamiento, entre los individuos.

Se comprobaron tanto los principios del diseño experimental, como los supuestos del modelo (ver Anexo 1: Análisis Estadístico).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Normalidad y homocedasticidad de los análisis estadísticos

Las muestras deben ser aleatorias y las observaciones de cada tratamiento deben proceder de poblaciones normales y ser independientes entre sí. Cada uno de los tratamientos debe tener la misma variabilidad (homocedasticidad).

	Shapiro-Wilks	Prueba de Levene
Variables	Valor P	Valor P
Rendimiento	0,2394	0,7314
Peso 1000 Granos	0,4778	0,8137
Granos * Espiga	0,4425	0,999

Tabla 3 - Supuesto del Modelo DCA

Para probar la normalidad, analíticamente se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks. Para la homocedasticidad, se utilizó la prueba de Levene.

Cada densidad utilizada posee una distribución normal y tiene la misma variabilidad ($p > 0,05$).



3.2. Rendimiento y sus componentes según Densidad de Siembra

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas densidades de siembra, tanto en rendimiento ($p = 0,0053$), como cantidad de granos por espiga ($p = 0,0001$) y peso de 1000 ($p = 0,0304$).

De	Densidad		Resultado estadístico	
	69.500 Pl/Ha	76.190 Pl/Ha	Valor P	DMS
Variabes				
Rendimiento (KG/HA)	5532	5023	0,0053	256,2
Peso 1000 (Gr)	168	150	0,0001	3,4
Granos * Espiga	472	438	0,0304	28,2

Tabla 4 – Promedio de rendimientos, P1000 y cantidad de granos/espiga para cada densidad de siembra, Diferencia Mínima Significativa (DMS) para cada variable.

Pudo observarse que la diferencia de rendimiento en cuanto a las densidades de siembra, están avocadas al peso de 1000 y al número de granos/espigas.

3.3. Margen bruto

A una menor densidad de siembra, los costos directos (semillas) fueron inferiores con respecto a los de mayor densidad de siembra. Además, el rendimiento obtenido resultó mayor para ese caso frente a las mismas condiciones de producción. Esto se vio reflejado en una mayor rentabilidad.

Para mayor detalle, ver Anexo 4.



4. CONCLUSIONES

Como resultado de esta experiencia, se han observado diferencias significativas entre densidades de siembra ($P > 0,05$) sobre las variables rendimiento, número de granos por espiga y peso de 1000 semillas.

Por este motivo, será recomendable la utilización de densidades de siembra bajas (68.000PI/ha – 72000PI/ha), en aquellos campos donde la productividad es una limitante.

De esta manera, los costos de insumos (semillas) bajarían y además mejoraría el comportamiento del cultivo en cuanto a su rendimiento bajo condiciones climáticas adversas. Es decir, el margen bruto obtenido será mayor para una densidad de siembra menor.

Como aspectos importantes, cabe mencionar que los ensayos descritos en el Trabajo Final de Graduación se hicieron con un régimen de lluvia menor al promedio anual de la zona, producto de la falta de precipitaciones.

Por otro lado, sería de suma importancia evaluar diferentes híbridos de maíz y sus respectivos comportamientos al cambio de densidades de siembra.

Es importante recalcar, que en aquellos campos donde la productividad no es una limitante (zona núcleo maicera), utilizar densidades de siembra bajas podría ser un problema ya que disminuiría el rendimiento en forma significativa.



5. ANEXOS

5.1 Resultados en la estimación de las Variables.

5.1.1 Tamaño de espiga y número de granos.

La siguiente tabla muestra la cantidad de granos obtenidos por metro cuadrado para los 6 muestreos realizados, contabilizando a cada muestreo los granos/hilera y el número de hileras. De este modo, y utilizando las fórmulas escritas anteriormente, se obtiene el resultado del muestreo.

Muestra	1	2	3	4	5	6
Granos/hilera	29,75	30	27,5	26,5	28,75	28,25
Numero de hilera	16	16	16	16	16	16
Granos/espiga	476	480	440	424	460	452
Espiga *m2	6,95	6,95	7,619	7,619	6,95	7,619
Granos*m2	3308,2	3336,0	3352,4	3230,5	3197,0	3443,8

Tabla A1 – Resultados obtenidos del muestreo

5.1.2 Peso de 1000 Granos.

Muestra	1	2	3	4	5	6
Peso	170	167	150	152	169	149

Tabla A2– Peso de 1000 granos en el muestreo realizado

5.1.3 Rendimientos Obtenidos.

Muestra	1	2	3	4	5	6
Rendimiento Calculado	5623,94	5571,12	5028,54	4910,29	5402,93	5131,24

Tabla A3 – Rendimiento obtenido en el muestreo



5.2. Anexo Análisis Estadístico

5.2.1. Supuestos del Modelo DCA

Normalidad

Las observaciones de cada tratamiento deben proceder de poblaciones normales. Seleccionando los residuos como variable de análisis, una de las técnicas más usadas es construir un Q-Q Plot Normal. Mediante esta técnica, se obtiene un diagrama de dispersión de los residuos obtenidos versus los cuantiles teóricos de una distribución normal. Si los residuos son normales y no hay otros defectos del modelo, se alinearan sobre una recta a 45°.

Prueba de Shapiro-Wilks: Nos permite probar la normalidad de los tratamientos.

Normalidad para Rendimiento

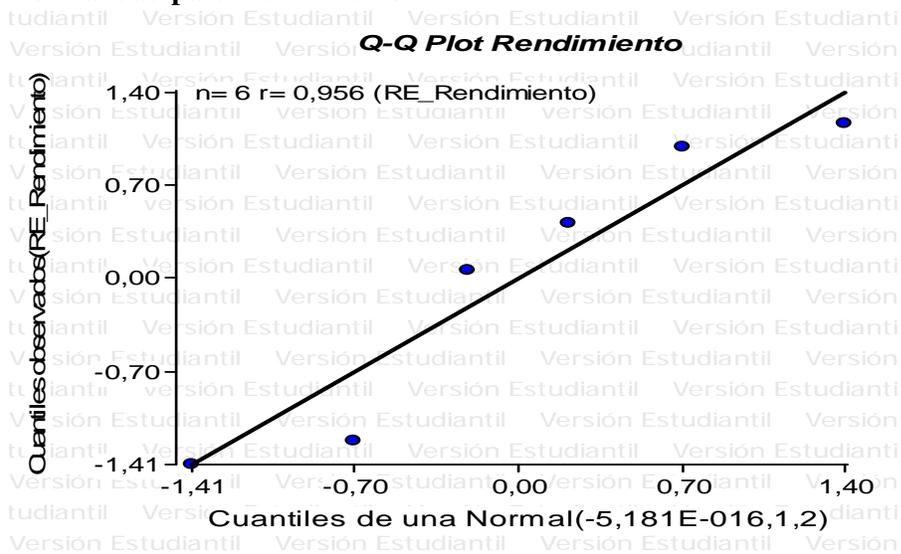


Figura A1 - Grafico Q-Q Plot para demostración de la normalidad rendimiento

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Rendimiento	6	0,00	101,11	0,86	0,24

Tabla A4 - Prueba Shapiro-Wilks para la variable rendimiento.



Normalidad para Peso de 1000

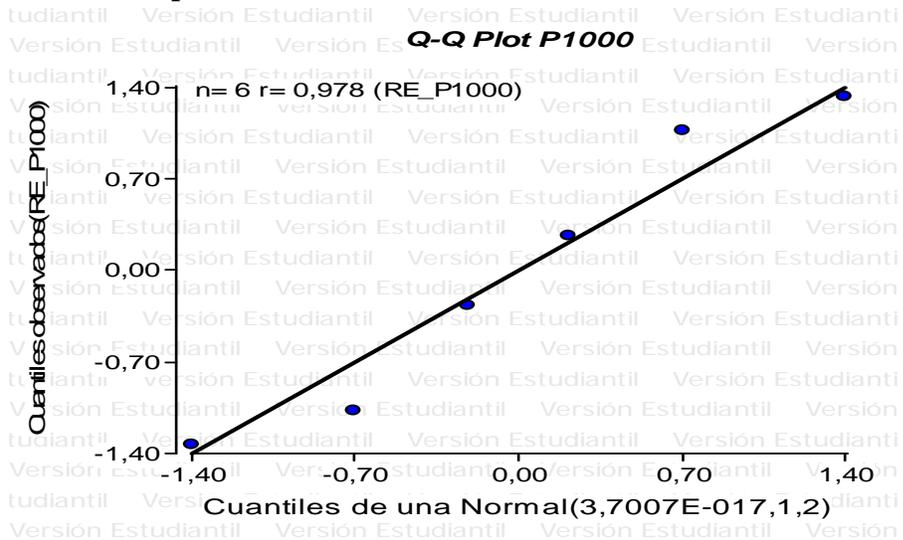


Figura A2 - Grafico Q-Q Plot para demostración de la normalidad P1000

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO_P1000	6	0,00	1,37	0,91	0,48

Tabla A5 - Prueba de Shapiro – Wilks para la variable Peso 1000

Normalidad para Cantidad de granos/Espiga

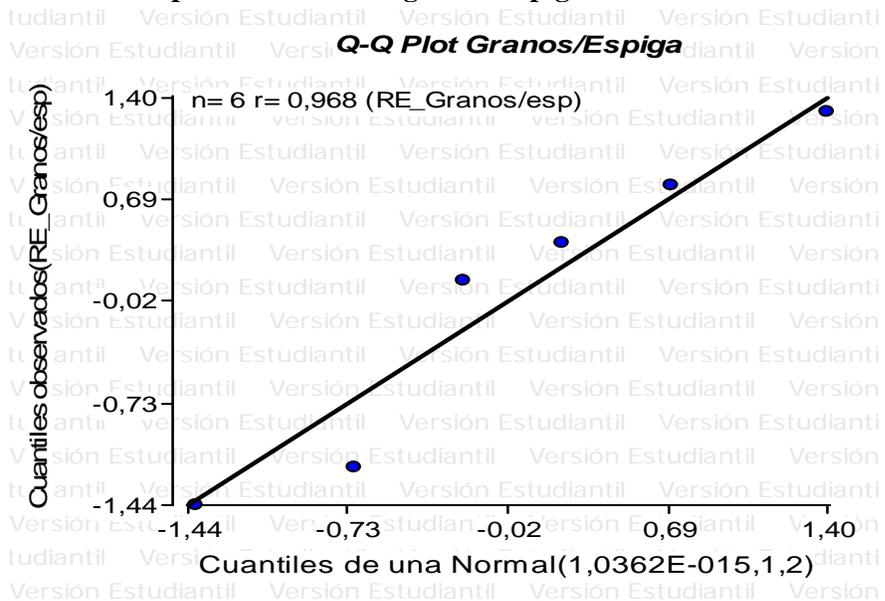


Figura A3 – Gráfico Q-Q Plot para demostración de la normalidad Granos/Espiga



Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO_Granos/esp	6	0,00	11,12	0,90	0,44

Tabla A6 - Prueba de Shapiro – Wilks para la variable granos por espiga

Homocedasticidad

Consiste en suponer que cada uno de los tratamientos tiene la misma variabilidad. Se analizan los gráficos de residuos versus predichos.

Prueba de Levene: tiene como objetivo realizar un análisis de la varianza usando como variable dependiente el valor absoluto de los residuos.

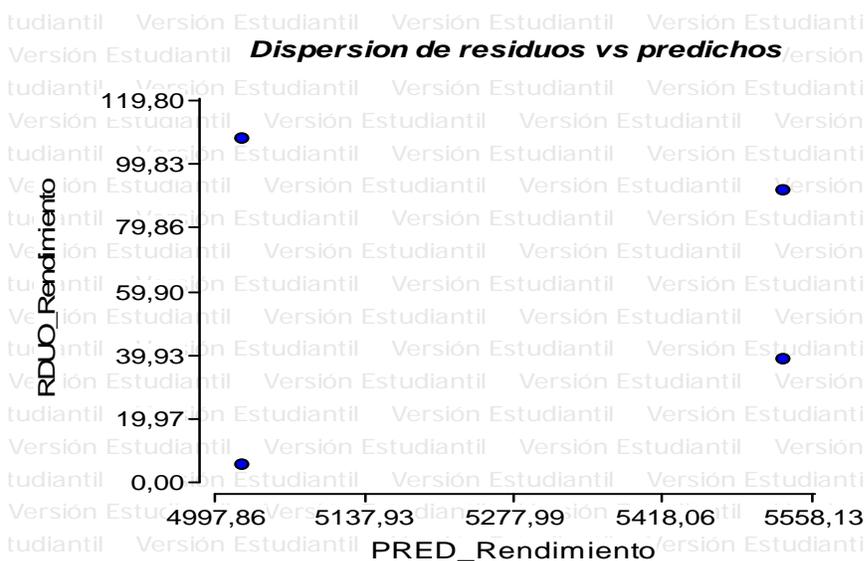


Figura A4 – Gráfico Residuos versus predichos para la demostración de homocedasticidad en la variable rendimiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,74	1	4,74	0,14	0,73
Densidad	4,74	1	4,74	0,14	0,73
Error	139,85	4	34,96		
Total	144,59	5			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Rendimiento	6	0,02	0,00	66,54

Tabla A7- Prueba de Levene para la variable rendimiento

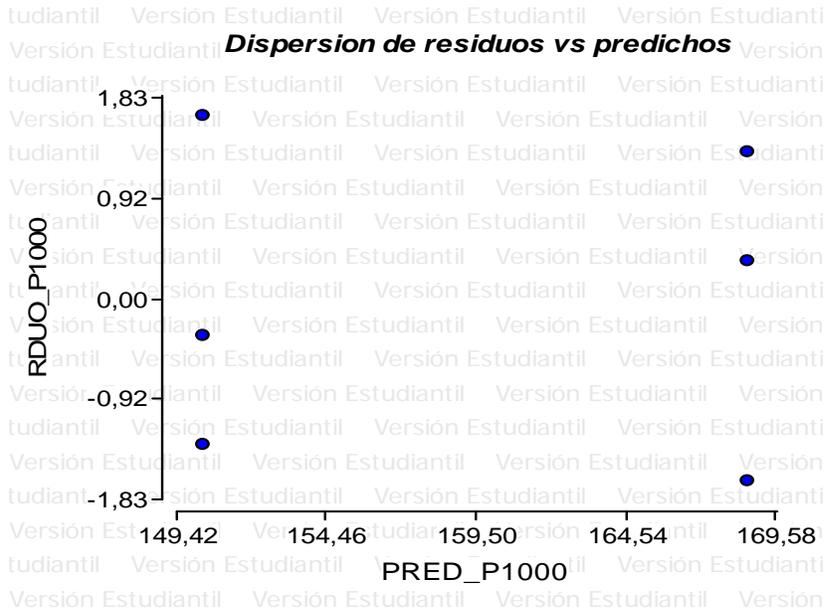


Figura A5 – Gráfico Residuos versus predichos para la demostración de homocedasticidad de la variable P1000

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	183,85	1	183,85	0,06	0,81
Densidad	183,85	1	183,85	0,06	0,81
Error	11606,68	4	2	901,67	
Total	11790,54	5			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
RABS_P1000	6	0,00	0,00	62,45	

Tabla A8- Prueba de Levene para la variable P1000

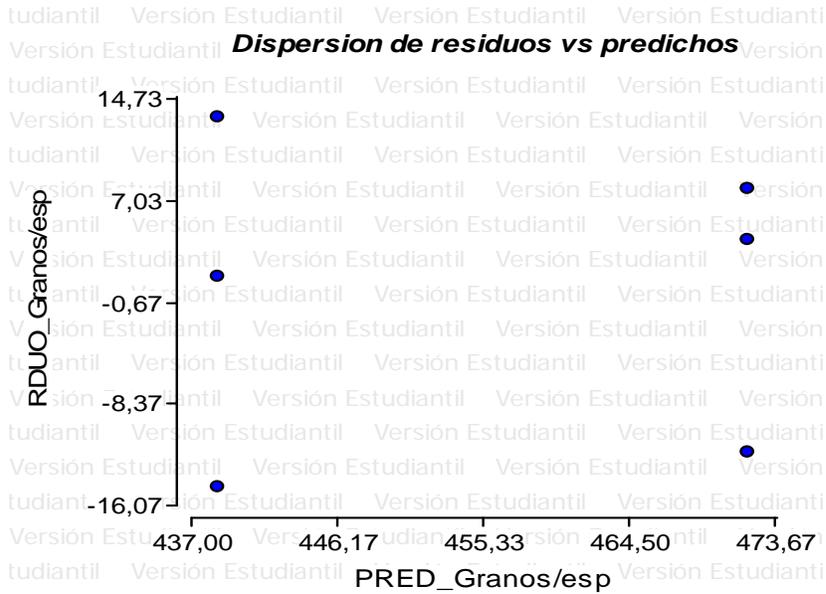


Figura A6 – Gráfico Residuos versus predichos para la demostración de homocedasticidad de la variable Granos/espiga

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	> 0,9999
Densidad	0,00	1	0,00	0,00	> 0,9999
Error	1,93	4	0,48		
Total	1,93	5			
Variable		N	R ²	R ² Aj	CV
RABS_Granos/esp		6	0,03	0,00	66,52

Tabla A9 - Prueba de Levene para la variable granos por espiga.

5.2.2 Resultado Anova Modelo DCA

El análisis de la varianza (ANOVA) permite comparar dos o más medias poblacionales asociadas a tratamientos. Se utiliza cuando existe una variable dependiente o respuesta (cuantitativa), y una o más variables explicativas o independientes (cualitativas o cuantitativas) que afectan a la variable respuesta.

Las diferencias significativas encontradas entre los tratamientos, tal como indica el análisis de la varianza (ANOVA) fueron detectadas mediante la prueba de Tukey.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	6	0,88	0,85	2,14

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	389135,76	1	389135,76	30,45	0,0053
Densidad	389135,76	1	389135,76	30,45	0,0053
Error	51111,19	4	12777,80		
Total	440246,95	5			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=256,26

Error: 12777,80 gl: 4

Densidad	Medias	n	E.E.
76190	5023,33	3	65,26 A
69500	5532,66	3	65,26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p <= 0,05)

Tabla A10 - Análisis de la Varianza para el rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P1000	6	0,98	0,98	0,96

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	504,17	1	504,17	216,07	0,0001
Densidad	504,17	1	504,17	216,07	0,0001
Error	9,33	4	2,33		
Total	513,50	5			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,46

Error: 2,33 gl: 4

Densidad	Media	n	E.E.
76190	150,33	3	0,88 A
69500	168,67	3	0,88 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p <= 0,05)

Tabla A11- Análisis de la variancia para el Peso 1000



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	6	0,88	0,85	2,14

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	389135,76	1	389135,76	30,45	0,0053
Densidad	389135,76	1	389135,76	30,45	0,0053
Error	51111,19	4	12777,80		
Total	440246,95	5			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=256,26

Error: 12777,80 gl: 4

Densidad	Medias	n	E.E.
76190	5023,33	3	65,26 A
69500	5532,66	3	65,26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p <= 0,05)

Tabla A12 - Análisis de la Varianza para granos por espiga



5.3. Información general y técnica del establecimiento

5.3.1. Ubicación del establecimiento

El Rincón se encuentra en el partido de Zárate, localizado a 20 Km del Puerto de Lima y a 60 Km de la ciudad de San Pedro.

Las características generales son las siguientes:

- Clima: templado húmedo
- Temperatura Promedio: 16,9° C
- Humedad relativa: 76%
- Precipitaciones promedio Anual: 945 mm. El 40% de las mismas se produce durante los meses de Diciembre a Marzo
- Suelos ricos en Materia Orgánica, bien estructurados, de carácter arcillo-limoso.
- Serie de suelo predominante: Atucha.



Figura A7 – Imagen satelital de la Ubicación del Establecimiento

5.3.2. Fracción del Establecimiento “El Rincón”

En la figura siguiente, se puede ver el fraccionamiento elegido para el Establecimiento, en la campaña 2011-2012.

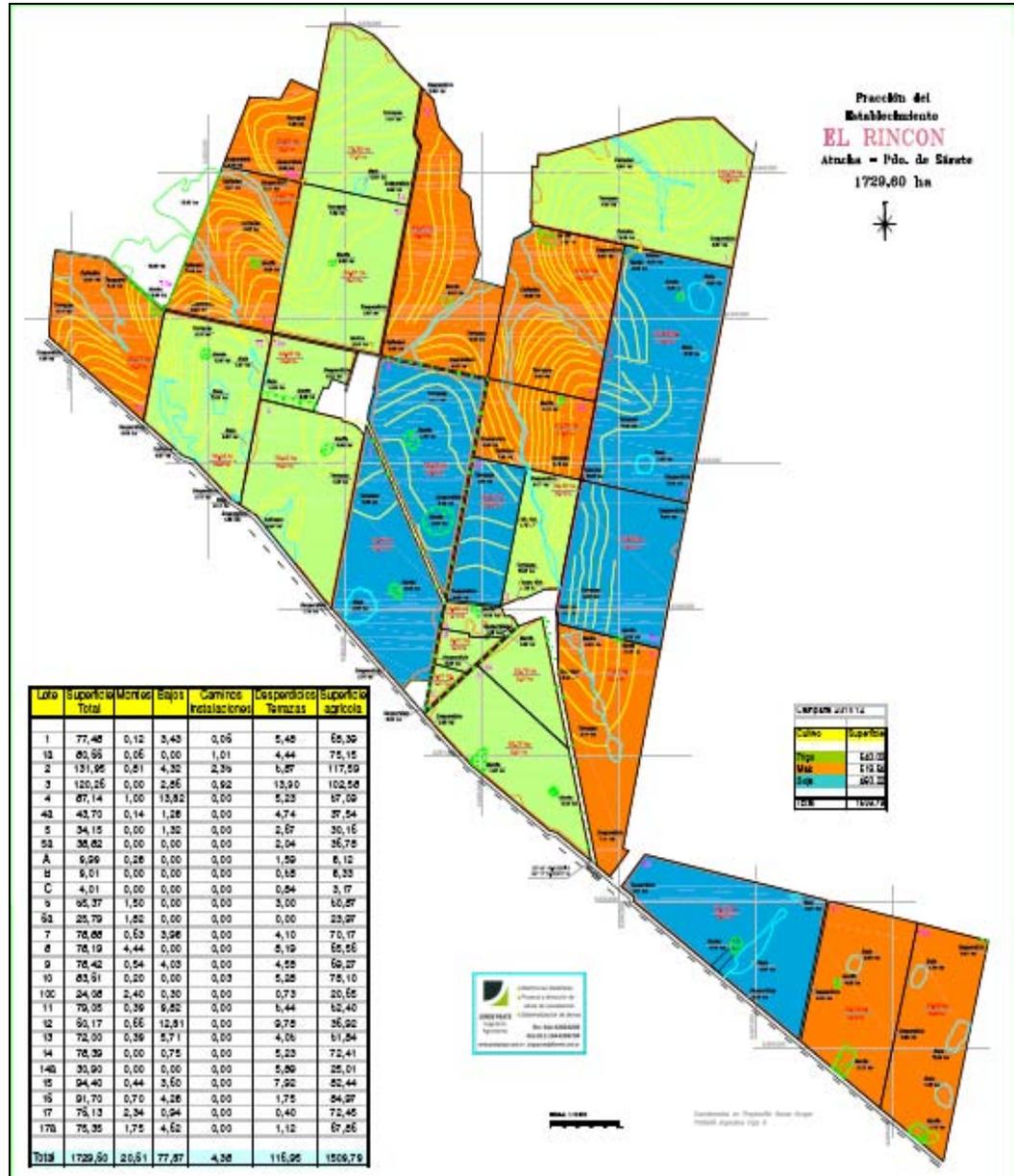


Figura A8 – Fraccionamiento del Establecimiento Campaña 2011-2012



- At2x: Loma con pendiente moderadamente inclinada, su capacidad de uso es de IIIew. IP 66.4%
- At3: pendiente moderada, con capacidad de uso de IV e. IP31.5%Li: Periferia de hoyas y micro depresiones.

5.3.4. Análisis de suelo Lote 17 “EL Rincón”

TECNOAGROS.RL.- Laboratorio NAGRO																				Recibo	25477									
GIRARDOT 1331 Bs. As. (C1427AKC) - Tel./FAX (011) 4553-2474 e-mail: laboratorio@tecnogro.com.ar www.tecnogro.com.ar																				LCS GRCBO										
RESUMEN INFORME DE ANALISIS QUIMICO DE SUELO																														
Establecimiento	Lote	Prof. cm	pH	pH Buffer	C.E. mhos/cm	Cl %	MO %	NT %	Ca en meq/100g	Mg	K	Na	P ppm	Reacción carbon	OC meq/100g	NC3- ppm	Hum %	S ppm	Porcentaje ARE	UMC	ARC	Tex	B ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	Cliv. %	P Tcdl ppm	Fecha
EL RINCON	17	0-20	6.0			1.56	2.69						88			66	26	27												27-jun-11
EL RINCON	17	20-40														39	25												27-jun-11	

Buenos Aires 27-jun-11

Ing. Agr. JOSE A LAVELAS

Tabla A13 – Resultado Análisis de Suelo Lote 17



5.4. Puntos a tener en cuenta al momento de seleccionar un Híbrido de Maíz para la siembra

Una de las decisiones de manejo más importantes a las que se enfrenta un productor de granos de maíz todos los años al momento de la siembra, es la correcta selección de híbridos.

Durante los últimos 40 años, la continua mejora en la genética de la producción de híbridos ha contribuido a mantener un aumento en el potencial de rendimiento. En la zona núcleo maicera, la elección del híbrido representa el 35% de los costos para el productor.

Para mantener la competitividad, los productores deben introducir de manera regular, año a año, nuevos híbridos en la superficie destinada a la siembra.

Los productores deben elegir los híbridos que mejor se adapten al planeamiento y manejo de su establecimiento. El área de siembra, tipo de suelo, prácticas de labranza, humedad de cosecha y problemas de control de plagas, son factores que determinan el uso de determinadas características como la resistencia a enfermedades, expresión de vigor, altura de la planta, etc. El uso final del grano también debe ser una opción a tener en cuenta. Se usará para silaje? Se venderá directamente a consumo, o se usará para alimentación animal?... Otros factores a tener en cuenta, son la capacidad de cosecha, secado y almacenaje del grano por parte del productor.

Actualmente, el mercado argentino ofrece una variedad de híbridos muy amplia, los ya existentes colorados duros, a los que se le suman los maíces Bt e híbridos tolerantes a herbicidas, además de los de calidad diferenciada por alto contenido de aceite.

En primer lugar, es necesario definir el ambiente de producción. Éste está dado por el tipo de suelo y el clima (régimen de precipitaciones, temperatura, radiación, ocurrencia de heladas). La combinación de ambos factores determina el techo de producción del cultivo.

Los mejores suelos (Hapludoles típicos, Argiudoles típicos, Hapludolesénticos y Argiudolesvéricos) de texturas medias con altos porcentajes de materia orgánica, posibilitan mayores techos de rendimiento. Una misma serie de suelo mejorará en rendimiento si el clima es más húmedo y la cantidad de materia orgánica es mayor.

Cuanto peor sea la calidad del ambiente, más necesario será sembrar un híbrido de características de rendimiento estable.



5.4.1. Características del híbrido utilizado (AX 870)

Tipo de híbrido	MG RR2 / RR2
Tipo de grano	Semi-dentado
Color de marlo	Rojo
Días a floración V.T. (1)**	88
Días a floración Miramar (2)**	81
Tiempo térmico** S-E (3)	99
E-F (4)	773
F-MF	800
ICR**	118
Días a cosecha V.T.	155
Días a cosecha Miramar	170
Temp. suelo para siembra	10
Vigor inicial	Excelente
Altura de planta	Media
Altura de inserción de espiga	Media
Tolerancia a MRC (5)	Buena
Plantas a cosecha recomendadas (siem. de prim.) (#)	75.000 - 80.000
N° de hileras de grano***	16
Peso de mil granos (g)***	330
Adapt. a labranza cero	-
Plantas a cosecha recomendada (siembras tardías)	72000
**ICR (índice relativo a cosecha): le permite conocer el ciclo de un producto en comparación con otro híbrido conocido. Datos promedio en condiciones óptimas de cultivo.	
Los días a floración varían para un mismo híbrido de acuerdo al momento de siembra, temperatura durante el desarrollo, localidad, etc.	
(1) Promedio de siembras entre 20/9 y 25/10.	
(2) Promedio de siembras entre 20/10 y 25/11.	
(3) Tiempo térmico expresado en C día-1, obtenidos a partir de temperatura de suelo base 10 °C.	
(4) Tiempo térmico expresado en C día-1, obtenidos a partir de temperatura de aire base 8 °C.	
(5) En siembras tempranas y en cultivos que no hayan sufrido stress, la incidencia del mal es menor.	

Tabla A14 – Características agronómicas del híbrido utilizado



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Figura A10 – Foto del híbrido AX870



5.5. Margen bruto comparativo entre los tratamientos

La siguiente tabla, refleja la rentabilidad de ambos tratamientos, concluyendo que a una menor densidad de siembra, se obtiene una mayor ganancia. Esto es producto de un mayor rendimiento y menor costo por hectárea.

DETALLE DE LABRANZAS	\$/unidad	Dólar	US\$/unidad	cant.	US\$/ha
Cinzel	0	4,60	0,00	0	0,00
Disco	100	4,60	21,74	0	0,00
Siembra Neumatica	220	4,60	47,83	1	47,83
Aplicación Solmix	45	4,60	9,78	1	9,78
Fumigacion	28	4,60	6,09	2	12,17
TOTAL HA. (U\$s)					69,78
COSTOS DIRECTOS			US\$/unidad	unidades	US\$/ha
Semilla		bls/ha	170,00	1,00	170,00
Fertilizante		KG/HA	0,75	80	60,00
Solmix		KG/HA	0,48	125	60,00
Curasemilla		KG/HA	0,00	0	0,00
BARBECHO					
Panzer Gold		lt/ha	5,20	2	10,40
MetsulfuronMetil		Gr/ha	40,00	0,007	0,28
PRE-EMERGENCIA					
Panzer Gold		Lt/ha	5,20	2	10,40
Dual Gold			12,00	1,3	15,60
Atrazina 90%		KG/HA	6,40	2	12,80
TOTAL COSTOS DIRECTOS					339,48
ANÁLISIS ECONÓMICO					
RENDIMIENTOS			QQ/ha	50,35	55,25
EN CASO DE PARTICIPACION EXTERNA				1,00	1,00
PRECIO MAIZ			US\$/QQ	18,74	18,74
INGRESO ECONOMICO BRUTO			US\$/ha	943,56	1035,39
GS.COMERCIALIZACION			US\$/ha	65,11	70,65
INGRESO ECONOMICO NETO			US\$/ha	878,45	964,74
ALQUILER		QQ Soja	US\$/ha	391,00	391,00
LABRANZAS			US\$/ha	69,78	69,78
SEMILLA			US\$/ha	170,00	153,00
FERTILIZANTE			US\$/ha	120,00	120,00
HERBICIDAS BARBECHO			US\$/ha	10,68	10,68
HERBICIDAS POST.			US\$/ha	10,40	10,40
INSECTICIDAS			US\$/ha	28,40	28,40
ADMINISTRACION			US\$/ha	30,00	30,00
COSECHA		\$ 320	US\$/ha	69,57	69,57
COSTOS TOTALES			US\$/ha	899,83	882,83
GANANCIA NETA			US\$/ha	-21,38	81,91
RETORNO DE INVERSION				-	2,38%

Tabla A15 – Margen bruto comparativo entre los tratamientos



6. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade F.H., Cirilo A.G. 2000. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. In: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. F.H. Andrade y V.O. Sadras (Eds.), INTA-UIB. ISBN 987-521-016-1. Capítulo 5, páginas 135-154.
- Cirilo A.G., Andrade F.H. 1994 a. Sowing date and maize productivity. I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Science* 34:1039-1043.
- Cirilo A.G., Andrade F.H. 1994 b. Sowing date and maize productivity. II. Kernel number determination. *Crop Science* 34:1044-1046.
- Cirilo A.G., Andrade F.H. 1996. Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Science*. 36:325-331.
- Cirilo A.G. 2001. Maíces tardíos y maíz de segunda. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. INTA Pergamino. Vol.VI Nro. 18, Segundo Cuatrimestre: Setiembre/Diciembre 2001. Pág. 44-48.
- Cirilo A.G., 1996 Rendimiento del cultivo de Maíz - Manejo de la densidad y distancia entre surcos
- Dekalbpres. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz
- Dekalb2002– Guía Dekalb del cultivo de maíz
- Satorre E. 2002- Guía Dekalb del cultivo de maíz
- Uribe Larrea M. 2009. Bulletin 1221. UGA Cooperative Extension. College of Agricultural and Environmental Sciences. Reviewed March 2009.