

**ANÁLISIS DEL ESPACIAMIENTO ENTRE PLANTAS EMERGIDAS DE CANOLA Y SU
RELACIÓN CON LA PRECISIÓN DEL EQUIPO DE SIEMBRA**



CAMILO MEJIA ESGUERRA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
*INGENIERO INDUSTRIAL***

**DIRECTOR:
JUAN DAVID FORERO CASTRO**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA**

INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C., 28 DE JULIO DE 2026

Dedicatoria

A mis padres Mauricio de Jesús Mejía Fernández y
Silvia Lorena Esguerra Espinosa por siempre impulsarme a salir adelante

A mi esposa Daniela Ortiz Mateus

Por siempre apoyarme y estar ahí a mi lado

A mi hija Victoria Mejía Ortiz

Mi mayor motivación

Agradecimiento

Le agradezco a Dios porque nada de lo que he podido lograr lo pude haber hecho sin su amor. Ha sido su misericordia la que me ha sostenido en momento difíciles y la que me ha dado la sabiduría para tomar decisiones en la vida.

A mis compañeros de trabajo, Edwin Pensaert y Shayla Woychyshyn, agradezco su apoyo durante la recolección de datos.

Al profesor Juan David Forero Castro por todo su aporte, enseñanza y orientación durante este proceso.

A mi amigo de la infancia, Danilo de Jesús Meza Caballero, magister en Data Science de la Universidad de Houston, gracias por la guía.

A todos los profesores de la facultad de ingeniería industrial de la Universidad Militar Nueva Granada, gracias por su exigencia para poder aportar a mi crecimiento profesional

Tabla de Contenido

1.	Resumen.....	11
2.	Introducción	12
2.1.	Importancia	13
2.2.	Antecedentes Teóricos y Prácticos	15
2.3.	Alcance	22
2.4.	Objetivos.....	23
2.5.	Limitaciones.....	24
2.6.	Aplicación en el área respectiva	26
3.	Marco Teórico.....	27
3.1.	Antecedentes de la investigación	27
3.2.	Bases Teóricas	31
4.	Metodología	35
4.1.	Nivel de Investigación	36
4.2.	Diseño de Investigación.....	36
4.3.	Población y muestra.....	37
4.4.	Tipo de Muestreo	41
4.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
4.5.1.	Sembrado de canola en parcelas experimentales	42
4.5.2.	Conteo de espaciamiento entre plantas emergidas en campo	45
4.5.3.	Registro digital de datos agronómicos.....	46
4.5.4.	Evaluación desempeño simulador plantadora.....	49
4.5.5.	Tipos de semillas utilizadas en el simulador.....	54
4.5.6.	Medición del tamaño de las semillas	57
4.6.	Técnicas de procesamiento y Análisis de datos.....	61
5.	Resultados	65
5.1.	Conteo de plantas emergidas de Canola	66
5.1.1.	Conteo canola parcelas de Oak River	68
5.1.2.	Conteo canola parcelas de Rivers	69
5.1.3.	Conteo canola parcelas de Oakburn.....	70
5.1.4.	Conteo canola parcelas de Carberry	72
5.1.5.	Conteo canola parcelas de Boissevain	73

5.1.6.	Conteo canola parcelas de Gainsborough	74
5.1.7.	Análisis conteo de Canola sobre las 6 ubicaciones.....	75
5.2.	Medición de tamaño de semillas	82
5.2.1.	Medición con calibrador	83
5.2.2.	Medición por medio de ImageJ.....	85
5.3.	Simulador estático plantadora.....	90
5.3.1.	Maíz configuración estándar.....	91
5.3.2.	Maíz bajo configuración Canola.....	93
5.3.3.	Canola con configuraciones variables	95
5.3.4.	Balin con velocidad variable.....	98
5.3.5.	Canola cubierta con configuraciones variables.....	101
5.3.6.	Canola vs. Canola Cubierta.....	103
6.	Conclusiones	105
7.	Recomendaciones	107
8.	Bibliografía	108
9.	Anexos	110

Lista de Tablas

Tabla 1 – Espacio entre Semillas.....	16
Tabla 2 – Sembradora de Aire vs Plantadora al Vacío	19
Tabla 3 – Ubicaciones de Parcelas.....	39
Tabla 4 – Distribución de Sembrado en cada Parcela.....	41
Tabla 5 – Resultados Conteo de canola en Oak River.....	69
Tabla 6 – Resultados conteo de canola en Rivers.....	70
Tabla 7 – Resultados conteo de canola en Oakburn	71
Tabla 8 – Resultados conteo de canola en Carberry	72
Tabla 9 – Resultados conteo de canola en Boissevain.....	73
Tabla 10 – Resultados conteo de canola en Gainsborough.....	75
Tabla 11 – Tabla general conteo de resultados de canola.....	75
Tabla 12 – Promedio general de las seis ubicaciones	80
Tabla 13 – Resultado medición con un calibrador.....	84
Tabla 14 – Resultado tamaño de semillas ImageJ	85
Tabla 15 – Canola vs Canola Cubierta	86
Tabla 16 – Calibrador vs ImageJ	90
Tabla 17 – Resultados plantadora Maiz configuración estándar	92
Tabla 18 – Plantadora Maíz bajo configuración de Canola.....	94
Tabla 19 – Resultados plantadora con Canola.....	96
Tabla 20 – Resultados plantadora con Balin.....	100
Tabla 21 – Resultados plantadora con Canola variable	102
Tabla 22 – Canola vs. Canola Cubierta	104

Lista de Imágenes

Imagen 1 – Precio Plantadora John Deere	20
Imagen 2 - Precio Sembradora John Deere.....	21
Imagen 3 – Daño causado por Flea Beetles en Forrest, MB.....	24
Imagen 4 – Mapa ubicaciones parcelas de Canola	38
Imagen 5 – Vista aérea distribución de parcelas.....	40
Imagen 6 – Vista satelital de parcelas año 2024	40
Imagen 7 – Tractor John Deere 6105R	43
Imagen 8 – Sembradora Personalizada	44
Imagen 9 – Sistema de Navegación GPS.....	45
Imagen 10 – Instrumento de medición de plantas	46
Imagen 11 – Captura de Pantalla Software Mirus	47
Imagen 12 – Uso de Software Mirus en el campo	48
Imagen 13 – Mapa de Referencia de Parcelas	48
Imagen 14 – Simulador Plantadora al Vacío	49
Imagen 15 – Datos técnicos software plantadora	50
Imagen 16 – Simulador (1)	51
Imagen 17 – Simulador (2)	52
Imagen 18 – Simulador (3)	52
Imagen 19 – Simulador (4)	53
Imagen 20– Semilla de Maíz	54
Imagen 21 – Semilla de Canola	55
Imagen 22 – Balín de cobre	55
Imagen 23 – Semilla de Canola Cubierta	56
Imagen 24 – Calibrador Digital Mastercraft.....	58
Imagen 25 – Diámetro Feret	59
Imagen 26 – Escáner Canon (1).....	59
Imagen 27 – Escáner Canon (2).....	59
Imagen 28 – Cuadro papel milimétrico	60
Imagen 29 – Calibración de medida	60
Imagen 30 – Contraste Photoshop (1).....	58

Imagen 31 – Contraste Photoshop (2).....	59
Imagen 32 – Niveles Photoshop (1).....	59
Imagen 33 – Niveles Photoshop (2).....	60
Imagen 34 – Semillas rellenas.....	60
Imagen 35 – Semillas Deformes	61
Imagen 36 – Semillas Agrupadas	61
Imagen 37 – Detección Semillas Múltiples de Canola	64
Imagen 38 – Detección Semillas Múltiples de Maíz	64
Imagen 39 – Distancia entre hileras.....	67
Imagen 40 – Mapa Parcelas de Oak River.....	68
Imagen 41 – Mapa Parcelas de Rivers	69
Imagen 42 – Mapa Parcelas de Oakburn	70
Imagen 43 – Mapa parcelas de Carberry	72
Imagen 44 – Mapa parcelas de Boissevain	73
Imagen 45 – Mapa parcelas de Gainsborough.....	74
Imagen 46 – Disco plantadora de maíz.....	92
Imagen 47 – Disco plantadora de Canola	96
Imagen 48 – Disco plantadora de sorgo.....	99

Lista de Graficas

Gráfica 1 – Conteo plantas de Canola.....	77
Gráfica 2 – Promedio distancia entre plantas	78
Gráfica 3 – Efectividad	79
Gráfica 4 – Promedio d plantas por metro cuadrado	81
Gráfica 5 – Promedio de distancia entre plantas obtenidas	81
Gráfica 6 – Canola vs Canola Cubierta (mm).....	87
Gráfica 7 – Canola vs Canola Cubierta (mm2).....	87
Gráfica 8 – Promedio área (mm2) ImageJ	88
Grafica 9 – Promedio diámetro Feret ImageJ	89

Anexos

Anexo 1 – Conteo plantas de Canola en Oak River.....	110
Anexo 2 – Conteo plantas de Canola en Rivers.....	113
Anexo 3 – Conteo plantas de Canola en Oakburn	115
Anexo 4 – Conteo plantas de Canola en Carberry	118
Anexo 5 – Conteo plantas de Canola en Boissevain.....	121
Anexo 6 – Conteo plantas de Canola en Gainsborough	123
Anexo 7 – Medición tamaño de Maiz con un calibrador.....	126
Anexo 8 – Medición tamaño de Canola con un calibrador.....	130
Anexo 9 – Medición tamaño de Balines de cobre con un calibrador	133
Anexo 10 – Medición tamaño de Canola Cubierta con un calibrador.....	137
Anexo 11 - Resultados ImageJ Maiz	140
Anexo 12 - Resultados ImageJ Canola	153
Anexo 13 - Resultados ImageJ Balín de Cobre	173
Anexo 14 - Resultados ImageJ Canola Cubierta	186
Anexo 15 – Plantadora Maíz bajo configuración de Canola (2.0 km/h)	201
Anexo 16 - Plantadora Maíz bajo configuración de Canola (2.5 km/h)	201
Anexo 17 - Plantadora Maíz bajo configuración de Canola (3.0 km/h)	202
Anexo 18 - Plantadora Maíz bajo configuración de Canola (4.0 km/h)	202
Anexo 19 – Plantadora Balin configuración de Canola (2.0 km/h).....	203
Anexo 20 – Plantadora Balin configuración de Canola (2.5 km/h).....	203
Anexo 21 – Plantadora Balin configuración de Canola (3.0 km/h).....	204
Anexo 22 – Plantadora Balin configuración de Canola (3.5 km/h).....	204
Anexo 23 – Plantadora Balin configuración de Canola (4.0 km/h).....	205

1. Resumen

El espaciamiento entre plantas emergidas de canola constituye un factor determinante en el establecimiento del cultivo y en su rendimiento final. Cuando la distribución de semillas no es uniforme, aumenta la competencia por recursos como luz, agua y nutrientes, lo que afecta el desarrollo de sus raíces, el equilibrio fisiológico y la eficiencia productiva. Una densidad adecuada y una correcta separación entre plantas permiten optimizar el uso de recursos y mejorar el potencial de cosecha. Bajo una población objetivo de 105 semillas por metro cuadrado, el espaciamiento teórico esperado corresponde a 3.1 cm por hilera.

A partir de parcelas experimentales establecidas en seis localidades del suroeste de Manitoba, Canadá, se evaluó el espaciamiento real obtenido mediante una sembradora de aire y se contrastó con el valor teórico esperado. El análisis se complementó con la simulación del proceso utilizando una plantadora al vacío, con el propósito de estimar el nivel de precisión que podría alcanzarse mediante una tecnología de siembra que permita un mayor control en la dosificación y colocación individual de semillas.

La recolección de datos se realizó mediante conteos estandarizados empleando un marco de 75 cm por 45 cm y registro digital a través del software Mirus. Los datos fueron procesados mediante tabulación, cálculo de promedios y determinación de porcentajes de efectividad, así como comparación entre la distancia esperada y la distancia obtenida en campo. Los resultados se presentan a través de análisis comparativos entre tecnologías de siembra, permitiendo identificar oportunidades de mejora en la uniformidad del cultivo desde una perspectiva de optimización de procesos productivos.

Palabras clave: Canola, espaciamiento entre plantas, precisión de siembra, plantadora al vacío, optimización productiva.

2. Introducción

Actualmente resido en la ciudad de Brandon, ubicada en la provincia de Manitoba, Canadá. Una región caracterizada por su fuerte actividad agrícola y su alta participación en la producción de canola. Como parte de mi formación técnica en el sector agrícola, obtuve un diploma en Administración Agronómica en Assiniboine College, institución académica que me permitió desarrollar conocimientos relacionados con el establecimiento de cultivos, su manejo y los factores que influyen en su rendimiento bajo condiciones reales de campo.

Durante el verano de 2025 tuve la oportunidad de trabajar con la empresa BASF Agricultural Solutions Canada bajo el cargo de asociado de excelencia agronómica. BASF es reconocida por ser la empresa número uno a nivel mundial en el sector químico por sexto año consecutivo, alcanzando ventas globales de 70.6 mil millones de dólares en el año 2024 (Tullo, 2025). Dentro de su división agrícola, BASF Agricultural Solutions Canada se dedica a la producción y comercialización de semillas de canola bajo la marca “InVigor”, la cual posee más de la mitad de la participación del mercado de Canola en todo Canada (Collins, s.f.). Estas semillas son ampliamente utilizadas por los productores debido a su alto potencial de rendimiento, así como características tecnológicas tales como la reducción de apertura de vainas (Pod Shatter Reduction). Tecnologías que contribuyen a mejorar la estabilidad del cultivo y reducir pérdidas durante la cosecha (BASF Agricultural Solutions Canada, 2025).

Como parte de mis funciones dentro de la compañía, participé en el establecimiento y evaluación de parcelas experimentales destinadas al análisis del desempeño de diferentes híbridos de canola. Durante este proceso, y en conversaciones sostenidas con mi supervisor directo, el agrónomo Edwin Pensaert, surgió la idea que dio origen al presente proyecto de investigación. Al conocer que me encontraba en la etapa final de mi formación como ingeniero industrial y que debía desarrollar un trabajo de grado, Edwin me compartió una de sus principales inquietudes relacionadas con el proceso de siembra de la canola.

Según su experiencia, aunque los equipos agrícolas se configuran para establecer una densidad poblacional específica, no existe un mecanismo que garantice que cada semilla sea depositada a una distancia uniforme dentro del surco. Esta situación implica que el espaciamiento real entre plantas emergidas puede diferir del valor teórico esperado, lo cual podría afectar el

desempeño del cultivo. A partir de esta observación, identifiqué la oportunidad de analizar el proceso de siembra desde una perspectiva técnica, integrando los conocimientos adquiridos durante mi experiencia en el sector agrícola con herramientas propias de la ingeniería industrial, con el fin de poder evaluar el nivel de precisión y explorar posibles alternativas que contribuyan a optimizar su desempeño.

De esta manera, se establecieron las bases del presente trabajo de grado, el cual se enfoca en el análisis del espaciamiento entre plantas emergidas de canola y su relación con la precisión del equipo de siembra, utilizando información recolectada bajo condiciones reales de campo.

2.1. Importancia

El cultivo de canola representa uno de los pilares fundamentales de la economía agrícola en Canadá, particularmente en las provincias de las praderas. De acuerdo con el Canola Council of Canada, durante el año 2024 se cosecharon un total de 21,858,600 acres de canola en el país, lo que resultó en una producción total de 17,844,515 toneladas métricas, con un rendimiento promedio de 36 bushels por acre (Canola Council of Canada, s.f.). Este nivel de producción refleja la magnitud del cultivo dentro del sistema agrícola nacional. Entre los años 2021 y 2024, la contribución económica promedio anual de la industria de la canola alcanzó los 43.7 mil millones de dólares canadienses, de los cuales aproximadamente 38 mil millones provinieron directamente de las provincias de Alberta, Saskatchewan y Manitoba. Asimismo, el sector genera alrededor de 206,000 empleos en todo el país, incluyendo agricultores y trabajadores involucrados en las diferentes etapas de la cadena de valor (Canola Digest, 2025).

A pesar de esta alta contribución económica, el rendimiento promedio nacional de 36 bushels por acre se encuentra significativamente por debajo del potencial productivo estimado para los híbridos modernos de canola. Según la editorial SEED MANITOBA, existen al menos 13 híbridos comerciales con expectativas de rendimiento cercanas a los 52 bushels por acre (SEED MANITOBA, 2025). Esta diferencia de 16 bushels por acre representa una brecha considerable entre el rendimiento real y el rendimiento potencial. Si se considera el precio de la canola en la provincia de Manitoba, registrado el 7 de julio de 2025 en \$15.18 dólares canadienses por bushel, esta diferencia equivale a una pérdida potencial de \$242.88 por acre (Manitoba Markets, 2025).

Este impacto económico se amplifica al analizarlo a escala de finca. Según el censo agrícola más reciente de la provincia de Manitoba, el tamaño promedio de una finca agrícola es de 1,177 acres (Government of Manitoba, 2021). Bajo estas condiciones, la diferencia de \$242.88 por acre representa una pérdida potencial de \$285,869.76 dólares canadienses por finca. Esta cifra evidencia el impacto significativo que puede tener la diferencia entre el rendimiento esperado y el rendimiento real, y resalta la importancia de identificar los factores que limitan la productividad del cultivo.

Adicionalmente, el cultivo de canola desempeña un papel estratégico dentro del sistema agroindustrial canadiense, no solo como fuente directa de ingreso para los productores, sino también como motor de desarrollo tecnológico, exportación y seguridad alimentaria. Aproximadamente el 45% de cada semilla de canola se destina a la producción de aceite, mientras que el 55% restante se utiliza en la producción de proteína y subproductos derivados. Avances recientes en mejoramiento genético han permitido aumentar el contenido de proteína y reducir el contenido de fibra, lo que representa un potencial incremento económico superior a los 500 millones de dólares (Firesen, 2022).

A nivel global, Canadá ocupa una posición dominante en la producción de canola, representando aproximadamente el 23% de la producción mundial. Dentro del país, la provincia de Saskatchewan lidera la producción con un 55%, seguida por Alberta con un 28% y Manitoba con un 16%. En comparación, países como China e India representan el 18% y el 14% de la producción mundial, respectivamente, mientras que Estados Unidos aporta únicamente el 2% (World Population Review, 2025). Esta posición estratégica refuerza la importancia de maximizar la eficiencia productiva del cultivo dentro del contexto nacional.

El mercado internacional también refleja la relevancia de este cultivo. Según la Canadian Canola Growers Association, aproximadamente el 90% de la producción canadiense de canola es exportada, siendo Estados Unidos el principal destino, con un valor de exportación de 8.6 mil millones de dólares canadienses en 2023 (Canadian Canola Growers Association, 2024). Otros países, como Colombia, también participan en este mercado, aunque en menor escala, con importaciones valoradas en aproximadamente 2 millones de dólares canadienses (Canola Council, 2024).

Esta brecha entre el rendimiento esperado y el rendimiento real puede atribuirse a una combinación de factores que actúan durante las etapas iniciales del proceso productivo, particularmente durante la siembra y el establecimiento del cultivo. A pesar de los avances tecnológicos en maquinaria agrícola, sistemas de navegación satelital y monitoreo de cultivos, las condiciones reales de campo continúan presentando variabilidad significativa en el espaciamiento entre plantas, la uniformidad en la emergencia y la densidad efectiva del cultivo. En este contexto, el análisis de la precisión del proceso de siembra adquiere una importancia fundamental, ya que representa una oportunidad potencial para mejorar la eficiencia productiva y reducir la brecha existente entre el rendimiento real y el rendimiento esperado.

2.2. Antecedentes Teóricos y Prácticos

Espaciamiento entre Semillas

El establecimiento del cultivo es una de las etapas más importantes dentro del proceso productivo de la canola, ya que define las condiciones iniciales bajo las cuales se desarrollará la cosecha. Dentro de este proceso, la densidad de plantas y el espaciamiento entre ellas son variables que se determinan durante la siembra, a partir de la configuración del equipo y de la población objetivo que fue definida por el productor.

En Canadá, el sistema más comúnmente utilizado para la siembra de canola es la sembradora de aire. Este tipo de equipo permite cubrir grandes extensiones de terreno en períodos cortos de tiempo, lo que lo hace altamente eficiente desde el punto de vista operativo. Sin embargo, su funcionamiento consiste en distribuir la semilla de forma continua dentro del surco, lo que significa que el equipo de siembra actual no puede garantizar que cada semilla sea depositada a una distancia uniforme. Factores como la velocidad de siembra, el flujo de semilla y las condiciones del suelo pueden influir directamente en la ubicación final de cada semilla.

Dentro de las prácticas utilizadas por BASF Agricultural Solutions Canada, la población objetivo que ellos establecen para el cultivo de canola es de 105 semillas por metro cuadrado. Bajo condiciones ideales, este valor corresponde a un espaciamiento aproximado de 3.1 cm entre semillas dentro de cada hilera. Este espaciamiento se utiliza como referencia para lograr una distribución adecuada de las plantas y favorecer el rendimiento del cultivo.

Sin embargo, durante el desarrollo del cultivo en campo, es posible observar que el espaciamiento real entre plantas emergidas no siempre coincide con el valor teórico esperado. En algunas áreas, las plantas pueden encontrarse más agrupadas, mientras que en otras se presentan espacios vacíos. Estas diferencias afectan la uniformidad del cultivo y reflejan variaciones en el desempeño del proceso de siembra.

Una posible solución a esto es el uso de plantadoras al vacío, las cuales están diseñadas para depositar cada semilla de forma individual, permitiendo un mayor control sobre el espaciamiento. Este tipo de tecnología se utiliza ampliamente en otros cultivos con semillas de mayor tamaño, como el maíz, y representa una alternativa que podría mejorar la precisión del proceso de siembra en canola.

A partir de esta situación, surge la necesidad de analizar el proceso de siembra desde un enfoque técnico, con el fin de evaluar su nivel de precisión y determinar si existen oportunidades de mejora que permitan optimizar el establecimiento del cultivo.

Como parte del proceso de siembra, BASF Agricultural Solutions Canada utiliza una tabla técnica interna que permite relacionar la población objetivo con el espaciamiento esperado entre semillas, dependiendo del espacio entre hileras del equipo utilizado. La siguiente tabla fue traducida al español y extraída de un documento en Excel proporcionado por el agrónomo Edwin Pensaert, el cual es utilizado como guía durante la etapa de siembra.

Tabla 1 – Espacio entre Semillas.

		Espacio entre Filas								
		in	2.0	3.9	5.9	7.9	9.8	11.8	12.0	13.8
		cm	5	10	15	20	25	30	30.5	35
		filas/m	20	10	6.67	5	4	3.33	3.28	2.86
	Semillas /m²	Espacio Entre Semillas								
	5		400.0	200.0	133.3	100.0	80.0	66.7	65.6	57.1
	10		200.0	100.0	66.7	50.0	40.0	33.3	32.8	28.6
	15		133.3	66.7	44.4	33.3	26.7	22.2	21.9	19.0
	20		100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	16.4	14.3
Falla de Canola	25		80.0	40.0	26.7	20.0	16.0	13.3	13.1	11.4
	30		66.7	33.3	22.2	16.7	13.3	11.1	10.9	9.5
	35		57.1	28.6	19.0	14.3	11.4	9.5	9.4	8.2

	40		50.0	25.0	16.7	12.5	10.0	8.3	8.2	7.1
	45		44.4	22.2	14.8	11.1	8.9	7.4	7.3	6.3
Canola baja	47		42.6	21.3	14.2	10.6	8.5	7.1	7.0	6.1
	50		40.0	20.0	13.3	10.0	8.0	6.7	6.6	5.7
	55		36.4	18.2	12.1	9.1	7.3	6.1	6.0	5.2
	60		33.3	16.7	11.1	8.3	6.7	5.6	5.5	4.8
	65		30.8	15.4	10.3	7.7	6.2	5.1	5.0	4.4
	70		28.6	14.3	9.5	7.1	5.7	4.8	4.7	4.1
	75		26.7	13.3	8.9	6.7	5.3	4.4	4.4	3.8
Canola relativa	78		25.6	12.8	8.5	6.4	5.1	4.3	4.2	3.7
	80		25.0	12.5	8.3	6.3	5.0	4.2	4.1	3.6
	85		23.5	11.8	7.8	5.9	4.7	3.9	3.9	3.4
	90		22.2	11.1	7.4	5.6	4.4	3.7	3.6	3.2
	95		21.1	10.5	7.0	5.3	4.2	3.5	3.5	3.0
	100		20.0	10.0	6.7	5.0	4.0	3.3	3.3	2.9
Canola Recomendada	105		19.0	9.5	6.3	4.8	3.8	3.2	3.1	2.7
	110		18.2	9.1	6.1	4.5	3.6	3.0	3.0	2.6
	115		17.4	8.7	5.8	4.3	3.5	2.9	2.9	2.5
	120		16.7	8.3	5.6	4.2	3.3	2.8	2.7	2.4
	125		16.0	8.0	5.3	4.0	3.2	2.7	2.6	2.3
	130		15.4	7.7	5.1	3.8	3.1	2.6	2.5	2.2
	135		14.8	7.4	4.9	3.7	3.0	2.5	2.4	2.1
	140		14.3	7.1	4.8	3.6	2.9	2.4	2.3	2.0
Canola alta	141		14.2	7.1	4.7	3.5	2.8	2.4	2.3	2.0
	145		13.8	6.9	4.6	3.4	2.8	2.3	2.3	2.0
	150		13.3	6.7	4.4	3.3	2.7	2.2	2.2	1.9
	155		12.9	6.5	4.3	3.2	2.6	2.2	2.1	1.8
	160		12.5	6.3	4.2	3.1	2.5	2.1	2.1	1.8
	165		12.1	6.1	4.0	3.0	2.4	2.0	2.0	1.7
	170		11.8	5.9	3.9	2.9	2.4	2.0	1.9	1.7
	175		11.4	5.7	3.8	2.9	2.3	1.9	1.9	1.6

Fuente: BASF Agricultural Solutions Canada, Edwin Pensaert, Líder de Avance de Productos de Excelencia Agronómica

El primer dato importante que se debe observar corresponde al espacio entre filas, el cual representa la distancia existente entre cada hilera de plantas. Esta distancia depende directamente del equipo de siembra utilizado. En este caso, la sembradora de aire que se utilizó para la siembra opera con un espacio entre filas de 12 pulgadas, equivalente a 30.48 centímetros.

A partir de este valor, es posible calcular el número de filas presentes en un metro lineal mediante la siguiente operación:

$$\frac{\text{filas}}{\text{metro}} = \frac{1 \frac{m}{\text{fila}}}{0.3048 m} = 3.28 \frac{\text{filas}}{m}$$

Este resultado indica que, por cada metro lineal de terreno, existen 3.28 hileras de siembra.

El siguiente dato corresponde a la población objetivo, expresada en semillas por metro cuadrado. Este valor representa la cantidad de semillas que se busca establecer durante la siembra. Sin embargo, este número no necesariamente corresponde a la cantidad final de plantas cosechadas, ya que factores como la germinación y las condiciones de campo pueden afectar la población final.

Dentro de las prácticas operativas de BASF Agricultural Solutions Canada, se establece una población objetivo de 105 semillas por metro cuadrado.

A partir de estos valores, se puede calcular el espaciamiento teórico entre semillas utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Espacio entre Semillas} = \text{filas}/m \times \left(\frac{100}{\text{semillas}/m^2} \right)$$

Sustituyendo los valores utilizados durante la siembra:

$$\text{Espacio entre Semillas} = \frac{3.28 \frac{\text{filas}}{m}}{105 \frac{\text{semillas}}{m^2}} = 3.1 \text{ cm}$$

Este resultado indica que, bajo estas condiciones operativas, cada semilla debería quedar ubicada a una distancia aproximada de 3.1 centímetros dentro de cada hilera de siembra. Este valor constituye la referencia teórica utilizada durante el proceso y sirve como base para evaluar el nivel de precisión del equipo utilizado.

Sembradora de aire vs Plantadora al vacío

Dentro del entorno agrícola de las praderas canadienses, existe la percepción generalizada de que las plantadoras al vacío ofrecen mejores resultados en campo en comparación con las sembradoras de aire, principalmente debido a su capacidad de depositar las semillas de forma individual. Sin embargo, durante el desarrollo de esta investigación, se identificó que existe una

cantidad limitada de publicaciones que respalden esta afirmación bajo condiciones reales de campo.

Una de las pocas referencias encontradas corresponde a un artículo publicado por Sollio Agriculture, escrito por Danielle MacCallum, gerente territorial para las provincias de Alberta y British Columbia en representación de la empresa Maizex Seeds. Danielle MacCallum es asesora certificada de cultivos y realizó un estudio comparando el establecimiento de maíz para ensilaje utilizando una sembradora de aire y una plantadora al vacío (MacCallum, 2021).

Con el propósito de profundizar en su investigación, me contacté directamente con Danielle MacCallum, quien autorizó el uso de su información como referencia dentro del presente trabajo. Su interés en el proyecto estuvo relacionado con la posibilidad de expandir este tipo de análisis a otros cultivos, como la canola, debido a la importancia que tiene el establecimiento inicial en el rendimiento final.

En la primavera de 2021, Danielle sembró maíz en su propio campo, ubicado cerca de la localidad de Del Bonita, Alberta. Ambos equipos fueron configurados con una población objetivo de 32,000 semillas por acre. Dos semanas después de la siembra, Danielle realizó un conteo de la población real establecida, obteniendo los resultados presentados en la Tabla 2.

Tabla 2 – Sembradora de Aire vs Plantadora al Vacío

Equipo	Población de Plantas Esperado (Plantas por Acre)	Población de Plantas Real (Plantas por Acre)
1994 John Deere Max Emerge Planter (Plantadora)	32,000	28,000
1994 Flexicoil Air Drill (Sembradora de aire)	32,000	21,500

Fuente: (MacCallum, 2021), adaptado por el autor

Los resultados mostraron una diferencia de 6,500 plantas por acre a favor de la plantadora. Esto corresponde a una efectividad del 87.5% para la plantadora, en comparación con un 67.19% obtenido utilizando la sembradora de aire.

El objetivo principal del estudio realizado por Danielle no fue evaluar la precisión de los equipos, sino determinar el impacto económico dentro de su operación ganadera. Una vez recogida la cosecha, se encontró que el rendimiento en términos de libras de maíz por acre obtenido utilizando la plantadora fue de 23,638 libras, mientras que la sembradora de aire produjo únicamente 16,094 libras.

Debido a que el maíz producido era utilizado para alimentar su propio ganado, Danielle procedió a calcular el costo diario de alimentación por animal. Los resultados indicaron un costo de \$1.07 dólares por día utilizando la sembradora de aire, mientras que el uso de la plantadora redujo este valor a \$0.75 dólares por día, lo que representa una diferencia de \$0.32 dólares diarios por animal.

Según el censo agrícola publicado por CanFax, el número promedio de cabezas de ganado por finca en Alberta es de 173 animales (CanFax, 2022). Bajo estas condiciones, esta diferencia representa un ahorro diario de \$55.36 dólares, o un ahorro anual de \$20,204.60 dólares por finca.

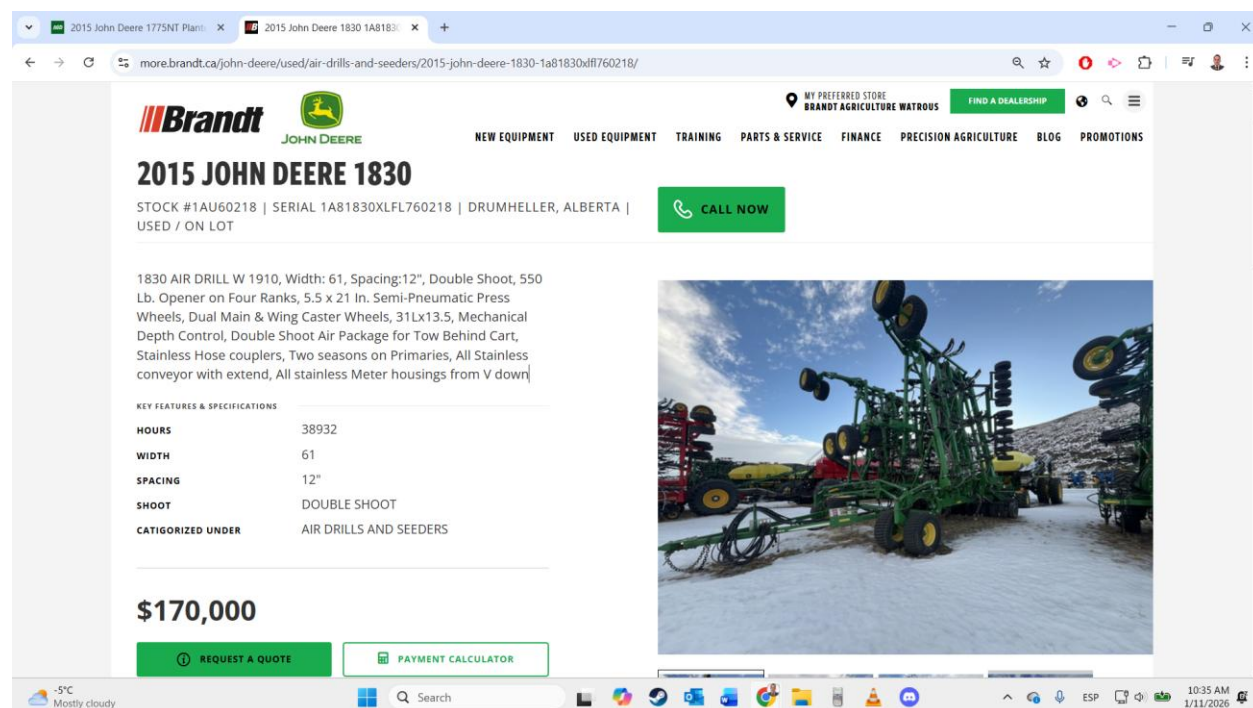
Imagen 1 – Precio Plantadora John Deere

The screenshot displays the AgDealer.com website interface. At the top, there is a search bar and navigation links. The main content area features a large image of a green John Deere 1775NT Planter. Below the image, the text reads: "2015 John Deere 1775NT Planter", "\$207,500 CAD / \$149,324 USD", and "Finance for \$3,544.12 CAD per month". There are buttons for "REQUEST INFORMATION" and "REQUEST A DEMO". To the right of the main listing, there is a contact form for "West Ag Equipment Repairs Inc." with fields for name, email, and phone number. Below the form is a "CONTACT DEALER" button. The sidebar on the right includes a "FARM EQUIPMENT and MACHINERY" section with a "SUBSCRIBE" button and an "AGDEALER TV" section with a video player showing a tractor.

Fuente: (AgDealer, 2025)

La imagen 1 representa la plantadora o “Planter” en inglés. Es de la marca John Deere del año 2015 de referencia 1775NT, y tiene la capacidad para sembrar 24 filas de 30 pulgadas por pasada, o un ancho de 60 pies (AgDealer, 2025). Esta tiene un costo comercial de mercado de \$207,500 CAD a la fecha del 01 de noviembre de 2025 .

Imagen 2 - Precio Sembradora John Deere



Brandt JOHN DEERE

NEW EQUIPMENT USED EQUIPMENT TRAINING PARTS & SERVICE FINANCE PRECISION AGRICULTURE BLOG PROMOTIONS

2015 JOHN DEERE 1830

STOCK #1AU60218 | SERIAL 1A81830XFL760218 | DRUMHELLER, ALBERTA | USED / ON LOT

1830 AIR DRILL W 1910, Width: 61, Spacing: 12", Double Shoot, 550 Lb. Opener on Four Ranks, 5.5 x 21 In. Semi-Pneumatic Press Wheels, Dual Main & Wing Caster Wheels, 31Lx13.5, Mechanical Depth Control, Double Shoot Air Package for Tow Behind Cart, Stainless Hose couplers, Two seasons on Primaries, All Stainless conveyor with extend, All stainless Meter housings from V down

KEY FEATURES & SPECIFICATIONS

HOURS	38932
WIDTH	61
SPACING	12"
SHOOT	DOUBLE SHOOT
CATEGORIZED UNDER	AIR DRILLS AND SEEDERS

\$170,000

REQUEST A QUOTE PAYMENT CALCULATOR

CALL NOW

Fuente: (Brandt, 2025)

En la imagen 2, tenemos la sembradora de aire o “Air Drill” en inglés. Esta también es de la marca John Deere del año 2015 con referencia 1830, y tiene la capacidad para sembrar 61 pies por pasada (Brandt, 2025). Esta posee un costo en el mercado de \$170,000 CAD, es decir, es \$37,500 más económica.

Ambos equipos presentan características operativas similares en términos de capacidad de trabajo, siendo la sembradora de aire aproximadamente un pie más ancho, lo cual no representa una diferencia significativa en su desempeño general. Sin embargo, las plantadoras suelen tener un costo de adquisición mayor, y esta diferencia tiende a incrementarse en equipos de modelos más recientes. A pesar de esta diferencia en el precio, existe evidencia de que las plantadoras pueden ofrecer un mejor establecimiento del cultivo. Esto mismo fue observado por Danielle

MacCallum, quien obtuvo mejores resultados utilizando una plantadora John Deere modelo 1994, demostrando que incluso equipos de mayor antigüedad pueden lograr un desempeño superior en comparación con una sembradora de aire.

Este antecedente representa una referencia práctica importante que respalda la necesidad de evaluar el nivel de precisión de los sistemas de siembra y refuerza la relevancia del presente trabajo de investigación. Aunque la inversión inicial requerida para adquirir una plantadora es mayor, el ahorro generado a lo largo del tiempo permite recuperar esta diferencia en un período relativamente corto, estimado en aproximadamente dos años de operación. A partir de ese punto, el productor comienza a beneficiarse económicamente del uso de este equipo. Estos resultados evidencian que el tipo de sistema de siembra no solo influye en el establecimiento del cultivo, sino que también tiene un impacto directo en la rentabilidad de la operación agrícola a largo plazo.

2.3. Alcance

Esta investigación analiza el espaciamiento entre plantas emergidas de canola y su relación con la precisión del equipo de siembra. Se utilizan datos recolectados en parcelas experimentales establecidas por BASF Agricultural Solutions Canada durante la temporada de siembra del año 2025 en la provincia de Manitoba, Canadá. El análisis se basa en comparar el espaciamiento teórico de 3.1 cm, calculado a partir de una población objetivo de 105 semillas por metro cuadrado y el espaciamiento real observado en campo, con el fin de evaluar el nivel de precisión del proceso de siembra bajo condiciones reales.

El estudio se enfoca específicamente en la etapa inicial del cultivo, desde la siembra hasta la emergencia de las plantas, utilizando mediciones tomadas directamente en campo mediante un método de conteo estandarizado. A partir de esta información, se analizan las variaciones en la distribución espacial de las plantas y se identifican diferencias entre el valor teórico esperado y el comportamiento real observado durante el establecimiento del cultivo.

Este trabajo busca aportar información práctica que pueda servir como guía para agricultores que deseen evaluar y mejorar sus prácticas de siembra. De forma similar a investigaciones como la realizada por Danielle MacCallum, se espera que este estudio permita

analizar la siembra desde una perspectiva técnica, mostrando cómo la cantidad de semillas utilizadas y su distribución en el suelo pueden influir en el establecimiento del cultivo.

También se espera que los resultados puedan ser utilizados como referencia por agricultores que tengan dudas sobre cómo mejorar la uniformidad de sus cultivos. En muchos casos, el rendimiento final está directamente relacionado con el establecimiento inicial de las plantas, por lo que comprender el comportamiento real del proceso de siembra puede ayudar a tomar decisiones más informadas sobre la población de siembra y el uso del equipo.

Este análisis busca aportar información útil dentro del entorno agrícola de las praderas canadienses, permitiendo considerar el espaciamiento entre plantas como una variable importante dentro del plan de cultivo. Los productores pueden evaluar si la configuración actual de sus equipos y la cantidad de semillas utilizadas están generando los resultados esperados en campo, o si existen oportunidades de ajuste.

El análisis se limita a la etapa de siembra y emergencia de las plantas, y no incluye la evaluación del rendimiento final de la cosecha, la calidad del grano ni el análisis económico directo dentro de las parcelas utilizadas en este estudio.

2.4. Objetivos

Objetivo General

- Identificar el espaciamiento real entre plantas emergidas de canola en campos y su relación con la precisión del equipo de siembra.

Objetivos Específicos

- Medir el espaciamiento real entre plantas emergidas de canola en cada parcela experimental utilizando un método de conteo estandarizado en campo.
- Analizar las diferencias operativas entre una sembradora de aire y una plantadora al vacío.
- Experimentar con el uso de sembradoras al vacío para conocer la precisión de la siembra y su relación con el tamaño de la semilla de canola

2.5. Limitaciones

Los resultados presentados en este trabajo corresponden a las parcelas experimentales establecidas por BASF Agricultural Solutions Canada durante la temporada de siembra del año 2025 en la provincia de Manitoba, Canadá. Las condiciones ambientales presentes durante esa temporada, como la temperatura, la humedad del suelo y las precipitaciones, influyeron directamente en el proceso de germinación y emergencia de las plantas. Debido a esto, los valores obtenidos representan el comportamiento observado bajo esas condiciones específicas y pueden variar en otras temporadas o regiones con características diferentes.

Imagen 3 – Daño causado por Flea Beetles en Forrest, MB



Fuente: Imagen propia tomada con un dron DJI Mavic Pro 2

La imagen 3 demuestra una de las limitaciones más impactadas que se presentó durante el desarrollo del sembrado de Forrest, Manitoba. En esta ubicación, el cultivo fue afectado por una alta presión de plagas durante las etapas iniciales de desarrollo, lo que generó una emergencia

irregular y una pérdida significativa de plantas. Aunque la imagen fue tomada durante la etapa de floración, es ideal para demostrar el contraste de un sembrado sano y otro afectado por plagas.

Esta situación impidió obtener mediciones confiables del espaciamiento entre plantas emergidas, ya que la distribución observada no reflejaba el comportamiento real del equipo de siembra, sino el efecto del daño causado por factores externos. Por esta razón, los datos correspondientes a esta localidad fueron excluidos del análisis final para así poder evitar conclusiones basadas en información que no representaba el proceso de siembra de forma precisa.

El acceso a la información también representó una limitación dentro del alcance de este estudio. Las parcelas evaluadas forman parte de un programa interno de investigación de BASF Agricultural Solutions Canada, el cual incluye información técnica y operativa que no puede ser divulgada públicamente. Como resultado, el análisis se realizó utilizando únicamente los datos que fueron autorizados para su uso académico. Esto limitó la posibilidad de incluir ciertas variables adicionales que podrían haber complementado el análisis, tales como ajustes operativos o información relacionada con otros híbridos evaluados por la compañía.

Las mediciones realizadas en campo también estuvieron sujetas a las limitaciones propias del trabajo manual. El proceso de conteo y medición del espaciamiento entre plantas se realizó utilizando herramientas de medición directa, lo que implica la posibilidad de pequeños errores asociados al proceso humano. Aunque se utilizó un método estandarizado para reducir estas variaciones, este tipo de medición siempre presenta un nivel mínimo de incertidumbre.

El estudio se limita al análisis del espaciamiento entre plantas emergidas como indicador de la precisión del proceso de siembra. No se incluyó el seguimiento completo del cultivo hasta la etapa de cosecha, por lo que no se evaluó el impacto directo del espaciamiento en el rendimiento final. Aunque existe una relación conocida entre el establecimiento del cultivo y la producción final, este trabajo se enfoca únicamente en la etapa inicial del proceso.

Los resultados obtenidos se basan en el uso de una sembradora de aire con una configuración específica de espacio entre filas y población objetivo. Cambios en el tipo de maquinaria, el modelo del equipo, la velocidad de siembra o la configuración operativa pueden

generar resultados diferentes. Por esta razón, los valores presentados deben considerarse como una referencia dentro del contexto general en el cual se desarrolló este estudio.

Finalmente, este trabajo se enfoca en el cultivo de canola y en las condiciones específicas de las praderas canadienses. Aunque los principios analizados pueden ser aplicables a otros cultivos o regiones, los resultados obtenidos corresponden únicamente a dicho sistema productivo evaluado.

2.6. Aplicación en el área respectiva

El análisis del espaciamiento entre plantas emergidas de canola tiene una aplicación directa dentro del proceso productivo agrícola, especialmente en la etapa de siembra, la cual representa uno de los factores más importantes para el establecimiento del cultivo. La información obtenida en este estudio permite evaluar el nivel de precisión con el que opera el equipo de siembra bajo condiciones reales de campo, lo que puede servir como referencia para mejorar la configuración del equipo y la planificación del cultivo.

Dentro del entorno agrícola, este tipo de análisis puede ser utilizado por agricultores, agrónomos y empresas productoras de semillas para entender mejor el comportamiento del proceso de siembra y verificar si la población se está reflejando correctamente en el campo. Esto permite identificar posibles desviaciones entre la configuración del equipo y el resultado obtenido, lo que puede ayudar a tomar decisiones relacionadas con el ajuste de la maquinaria, la velocidad de operación o la cantidad de semillas utilizadas.

Desde el punto de vista de la ingeniería industrial, este trabajo se relaciona con el análisis y la mejora de procesos productivos, utilizando mediciones reales para evaluar el desempeño de un sistema y compararlo con el resultado esperado. El proceso de siembra puede entenderse como un sistema de producción en el cual se busca obtener un resultado específico, en este caso, un espaciamiento uniforme entre plantas. La medición y análisis de este proceso permite identificar variaciones y oportunidades de mejora, aplicando principios de control de procesos y optimización.

En este sentido, el análisis realizado aporta información que puede ser utilizada como referencia para mejorar el control del proceso de siembra, contribuyendo a una mejor planificación agrícola y al uso más eficiente de los recursos disponibles.

3. Marco Teórico

3.1. Antecedentes de la investigación

Influencia del espaciamiento entre plantas en el crecimiento y rendimiento del cultivo

Uno de los factores más importantes que determinan el rendimiento final de un cultivo es el espaciamiento existente entre las plantas. Este parámetro influye directamente en la forma en que cada planta utiliza los recursos disponibles en su entorno. Cuando las plantas se encuentran ubicadas a una distancia menor a la ideal, comienzan a competir entre ellas por elementos esenciales tales como el agua, los nutrientes presentes en el suelo, la luz solar y el espacio físico necesario para su desarrollo.

En un artículo titulado “Las Plantas Luchan Por sus Vidas” (Goudarzi, 2022), la autora explica que cuando una planta se encuentra bajo la sombra de otra, su comportamiento fisiológico cambia significativamente. En lugar de destinar energía al desarrollo de sus raíces y a la producción de biomasa, la planta comienza a crecer en altura con el objetivo de alcanzar la luz solar. Este fenómeno genera un crecimiento desbalanceado, donde la planta desarrolla tallos más largos pero sistemas radiculares más débiles. Como consecuencia, estas plantas presentan menor estabilidad, menor capacidad para absorber agua y nutrientes, y menor rendimiento al momento de la cosecha.

Pero por otro lado, si las plantas cuentan con el espacio adecuado, pueden desarrollar un sistema radicular más fuerte y equilibrado. Esto les permite acceder de forma más eficiente a los recursos disponibles en el suelo, reduciendo el estrés y favoreciendo su crecimiento. Como resultado, el cultivo presenta una mayor uniformidad y un mejor rendimiento productivo.

Este comportamiento también fue estudiado por investigadores de la Universidad de Princeton, quienes analizaron cómo las plantas modifican el desarrollo de sus raíces dependiendo de la distancia existente entre ellas. Cuando las plantas se encuentran demasiado cerca, invierten una gran cantidad de energía en el crecimiento de raíces adicionales con el objetivo de competir

por los recursos disponibles. Este proceso representa un gasto energético significativo que reduce la cantidad de energía disponible para la producción de semillas (Wait, 2020).

Sin embargo, cuando las plantas se establecen a una distancia óptima, esta competencia disminuye considerablemente. En estas condiciones, las plantas no necesitan desarrollar raíces innecesariamente largas, lo que les permite utilizar su energía de manera más eficiente. Este cambio en la distribución de energía tiene un impacto directo en el rendimiento del cultivo, ya que permite que una mayor proporción de los recursos se destine a la producción de semillas.

Los investigadores de Princeton concluyen que optimizar el espaciamiento entre plantas no solo mejora el crecimiento individual de cada planta, sino que también incrementa la eficiencia general del cultivo. Esto permite aumentar la producción total mientras se reducen los costos asociados al uso de fertilizantes, agua y otros insumos.

Otro factor que influye directamente en el rendimiento del cultivo es el índice de área foliar, el cual representa la cantidad total de hojas presentes en un área determinada. Este indicador permite medir la capacidad del cultivo para interceptar la luz solar y realizar fotosíntesis.

La Dra. Vijalaxmi Kinhal explica que cuando las plantas se encuentran demasiado separadas entre sí, tienden a desarrollar un mayor número de hojas y tallos como mecanismo de compensación. Aunque a simple vista esto podría parecer beneficioso, la realidad es que un exceso de hojas puede generar efectos negativos. Cuando el índice de área foliar supera el nivel óptimo, muchas hojas quedan en la sombra y no participan activamente en el proceso de fotosíntesis. A pesar de esto, continúan consumiendo agua, nutrientes y energía (Kinhal, 2024).

Este consumo innecesario de recursos reduce la eficiencia del cultivo, ya que parte de la energía disponible que se utiliza en mantener hojas que no contribuyen al rendimiento. Según este estudio, mantener el índice de área foliar en su nivel óptimo puede incrementar la producción hasta en un 8%, al mismo tiempo que reduce el consumo de agua y fertilizantes.

Resultados similares fueron obtenidos en una investigación desarrollada por la Universidad de Illinois Urbana-Champaign. En este estudio, Venkatraman, Praveen y Stephen analizaron el impacto del índice de área foliar en el rendimiento del cultivo de soya.

Los investigadores encontraron que el índice de área foliar observado en el cultivo fue de 6.8, mientras que el valor óptimo para maximizar el rendimiento era de 4.2. Esto significa que el cultivo presentaba aproximadamente un 40% más hojas de las necesarias (Venkatraman, Praveen, & Stephen, 2016).

Cuando los investigadores redujeron el índice de área foliar hasta el nivel óptimo, observaron un incremento del 8% en el rendimiento del cultivo. Además, el consumo de carbono utilizado para la producción de hojas se redujo entre un 38% y un 39%, lo que permitió que una mayor cantidad de energía fuera utilizada en la producción de semillas. El estudio también encontró que el consumo de agua disminuyó en un 11% y la eficiencia en el uso del agua aumentó en un 9%, lo que demuestra que el manejo adecuado del crecimiento vegetal puede mejorar significativamente la eficiencia del cultivo.

Tipos de suelo y su impacto en el desarrollo del cultivo

Otro factor que tiene una influencia directa sobre el establecimiento del cultivo y su rendimiento final es el tipo de suelo en el que se realiza la siembra. Las características físicas del suelo determinan la capacidad que tiene la planta para desarrollar sus raíces, absorber agua y obtener los nutrientes necesarios para su crecimiento.

La Universidad de Saskatchewan, una de las instituciones agrícolas más reconocidas en Canadá, explica que los suelos se clasifican principalmente en tres tipos: arenosos, francos y arcillosos, cada uno con características completamente diferentes que afectan el desarrollo del cultivo (Universidad de Saskatchewan, 2009).

Los suelos arenosos están compuestos por al menos un 70% de partículas de arena, las cuales tienen un tamaño relativamente grande, que varía entre 0.05 y 2 milímetros. Debido a este tamaño, existen espacios amplios entre las partículas, lo que permite que el agua drene rápidamente. Aunque esto facilita el trabajo del suelo durante la siembra, también representa una desventaja importante, ya que el agua y los nutrientes no permanecen disponibles por mucho tiempo. Como consecuencia, las plantas que crecen en este tipo de suelo pueden experimentar estrés hídrico con mayor facilidad, especialmente durante períodos secos.

Los suelos francos presentan una combinación equilibrada de arena, limo y arcilla. Esta composición permite que el suelo retenga suficiente humedad sin generar problemas de drenaje excesivo. Además, permite una mejor disponibilidad de nutrientes, lo que facilita el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Debido a este equilibrio, los suelos francos son considerados los más adecuados para la agricultura, ya que proporcionan condiciones óptimas para el crecimiento uniforme del cultivo.

En el caso de los suelos arcillosos, estos presentan una alta capacidad para retener agua y nutrientes debido al tamaño extremadamente pequeño de sus partículas, las cuales tienen un diámetro menor a 0.002 milímetros. Sin embargo, esta misma característica puede generar problemas de compactación, lo que dificulta el crecimiento de las raíces. Cuando el suelo está compactado, las raíces tienen dificultad para expandirse, lo que limita la capacidad de la planta para absorber los recursos necesarios para su desarrollo.

Estas diferencias en el tipo de suelo influyen directamente en el establecimiento del cultivo, ya que afectan la germinación, el crecimiento inicial y la supervivencia de las plantas.

Factores biológicos – Flea Beetles

El establecimiento inicial del cultivo de canola puede verse seriamente afectado por la presencia de insectos plaga, siendo los flea beetles una de las amenazas más importantes durante las primeras etapas de desarrollo de la planta. Estos insectos pertenecen a la familia Chrysomelidae y son considerados una de las plagas más comunes en las regiones productoras de canola del oeste de Canadá. Los adultos miden menos de 2.5 milímetros de longitud y reciben este nombre debido a su capacidad de saltar cuando son amenazados, comportamiento que utilizan como mecanismo de defensa. Las especies más importantes que afectan la canola son el crucifer flea beetle y el striped flea beetle, los cuales están ampliamente distribuidos en las provincias de Alberta, Saskatchewan y Manitoba.

El ciclo de vida de estos insectos está estrechamente relacionado con la temperatura. Durante el invierno, sobreviven como adultos en residuos de cultivos y vegetación cercana a los campos. En primavera, emergen cuando la temperatura del suelo alcanza aproximadamente los 15 °C y se desplazan hacia los cultivos de canola recién emergidos. Las hembras pueden depositar

cerca de 100 huevos en el suelo, cerca de las raíces de las plantas, y estos tardan aproximadamente 12 días en nacer siempre que exista suficiente humedad. El desarrollo completo desde huevo hasta adulto toma alrededor de siete semanas, lo que significa que, aunque solo existe una generación por año, los adultos pueden causar daño durante gran parte del período inicial de desarrollo del cultivo.

El daño ocurre principalmente cuando los adultos se alimentan de los cotiledones y las primeras hojas verdaderas, produciendo pequeños orificios circulares que reducen la capacidad fotosintética de la planta. Cuando el daño es tan grave, puede provocar la muerte completa de la plántula, reduciendo la población final del cultivo. Esta reducción tiene un impacto directo en el establecimiento del cultivo, ya que disminuye la cantidad de plantas por metro cuadrado en comparación con la población inicialmente sembrada. Como resultado, la presencia de flea beetles representa uno de los factores más importantes que explican la diferencia entre la población objetivo y la población real establecida en campo, afectando la uniformidad del cultivo y su rendimiento final (Shuch, Wold-Burkness, Hutchison, Hahn, & Hines, 2022).

3.2. Bases Teóricas

Sembradora de Aire

La sembradora de aire es uno de los equipos más utilizados en la agricultura moderna de las praderas canadienses, especialmente en el cultivo de canola, debido a su capacidad para cubrir grandes extensiones de terreno de forma eficiente en períodos de tiempo relativamente cortos. Este tipo de equipo está diseñado para distribuir semillas de manera continua a lo largo del surco, utilizando un sistema neumático que transporta las semillas desde un tanque principal hacia los cuerpos de siembra mediante el flujo de aire. Este sistema permite que una gran cantidad de semillas sea distribuida simultáneamente a través de múltiples líneas de siembra, lo que incrementa la eficiencia operativa del proceso y reduce el tiempo requerido para completar la siembra de un campo completo.

El proceso inicia cuando las semillas son depositadas en un tanque de almacenamiento ubicado en la parte superior del equipo. A medida que la sembradora avanza por el campo, un sistema dosificador regula la cantidad de semillas que entran al flujo de aire, de acuerdo con la

población objetivo previamente configurada por el operador. Posteriormente, las semillas son transportadas a través de una red de tubos hasta los cuerpos de siembra ubicados en la parte inferior del equipo. Estos cuerpos de siembra están compuestos por discos abridores o cinceles que crean un surco en el suelo, permitiendo que las semillas sean depositadas directamente en su interior. Finalmente, ruedas compactadoras cubren las semillas con tierra y ejercen una ligera presión, lo que mejora el contacto entre la semilla y el suelo, favoreciendo el proceso de germinación (AgroPlow, 2024).

Una de las principales características de la sembradora de aire es que las semillas son distribuidas de forma continua, en lugar de ser colocadas individualmente. Esto significa que el espaciamiento entre semillas depende de múltiples factores operativos, como la velocidad de avance del equipo, la calibración del sistema dosificador y las condiciones del terreno. Como resultado, es común observar variaciones en la distancia entre semillas dentro de una misma hilera, lo que puede generar áreas con plantas muy cercanas entre sí y otras con espacios vacíos. Estas variaciones afectan la uniformidad del cultivo y representan una de las principales limitaciones de este tipo de sistema en términos de precisión.

A pesar de esta limitación, la sembradora de aire continúa siendo ampliamente utilizada debido a su alta capacidad de trabajo y su versatilidad. Este tipo de equipo permite sembrar diferentes cultivos utilizando el mismo sistema, incluyendo canola, trigo, cebada y avena, lo que representa una ventaja importante para los agricultores que manejan grandes extensiones de terreno. Sin embargo, desde el punto de vista técnico, su diseño no está enfocado en garantizar una separación exacta entre cada semilla, sino en asegurar que la población total de semillas sembradas por unidad de área corresponda a la configuración establecida inicialmente.

Plantadora al vacío

La plantadora al vacío es un equipo agrícola diseñado específicamente para depositar semillas de forma individual y con un alto nivel de precisión, lo que permite controlar de manera más exacta el espaciamiento entre cada semilla dentro de la hilera. A diferencia de la sembradora de aire, cuyo sistema distribuye las semillas de forma continua, la plantadora al vacío utiliza un mecanismo basado en presión negativa para seleccionar y liberar una semilla a la vez. Este sistema

permite lograr una distribución más uniforme, reduciendo la probabilidad de que se depositen múltiples semillas en un mismo punto o que se generen espacios vacíos entre plantas.

Este equipo funciona cuando las semillas son almacenadas en un depósito ubicado en la parte superior de cada unidad de siembra. Desde allí, las semillas caen por gravedad hacia un dosificador compuesto por un disco giratorio que contiene perforaciones de tamaño específico, diseñadas para permitir el paso de una sola semilla. Mientras el equipo avanza por el campo, un ventilador genera un vacío dentro del sistema, creando una presión negativa que hace que cada perforación del disco aspire una semilla y la mantenga adherida a su superficie.

A medida que el disco continúa girando, las semillas retenidas son transportadas hasta la zona de liberación. En este punto, el sistema elimina el vacío, permitiendo que la semilla se desprenda y caiga por un tubo de bajada directamente al surco que previamente fue abierto por los discos abridores de la plantadora. Las ruedas cerradoras cubren la semilla con tierra y aplican una presión controlada para asegurar un contacto adecuado con el suelo. Este proceso garantiza que cada semilla sea colocada a una distancia específica, previamente definida mediante la configuración del equipo, lo que permite obtener una mayor uniformidad en el establecimiento del cultivo (HSB , 2022).

La principal ventaja de este sistema radica en su capacidad para controlar el espaciamiento entre semillas con un alto nivel de precisión. Al depositar cada semilla de forma individual, se reduce significativamente la variabilidad en la distribución de plantas, lo que contribuye a mejorar la uniformidad del cultivo. Esta uniformidad permite que las plantas crezcan bajo condiciones similares, reduciendo la competencia entre ellas y favoreciendo un desarrollo más equilibrado. Como resultado, la plantadora al vacío representa una alternativa tecnológica que puede mejorar la eficiencia del proceso de siembra y aumentar el potencial productivo del cultivo, especialmente en situaciones donde la precisión del espaciamiento es un factor crítico.

Población y densidad de siembra

La densidad de siembra es uno de los parámetros más importantes dentro del establecimiento del cultivo de canola, ya que define la cantidad de plantas que estarán presentes en una unidad de superficie, lo que influye directamente en el rendimiento final de la cosecha. Este valor es determinado desde el momento de la siembra mediante la configuración del equipo agrícola y representa la población objetivo que el productor espera obtener. La cantidad de plantas que finalmente sobreviven hasta la cosecha puede verse afectada por diversos factores, como condiciones climáticas adversas, plagas, enfermedades, calidad de la semilla y características del suelo. Por esta razón, la densidad de siembra debe ser cuidadosamente seleccionada con el fin de garantizar que la población final sea suficiente para maximizar el potencial productivo del cultivo.

En Canadá, una de las principales organizaciones encargadas de investigar y proporcionar recomendaciones técnicas relacionadas con el cultivo de canola es el Canola Council of Canada. Esta institución es una organización nacional sin fines de lucro que representa a productores, procesadores, exportadores y empresas relacionadas con la industria de la canola. Su misión principal es promover el crecimiento sostenible del sector mediante el desarrollo de investigaciones, la generación de información técnica y el apoyo a los agricultores en la toma de decisiones relacionadas con la producción (Canola Council of Canada, 2024).

A través de múltiples estudios realizados en diferentes regiones del país, el Canola Council of Canada ha establecido que el rango óptimo de población final para el cultivo de canola se encuentra entre 50 y 80 plantas sanas por metro cuadrado, ya que este nivel permite alcanzar altos rendimientos y una mayor estabilidad productiva.

Estas recomendaciones se basan en el hecho de que no todas las semillas sembradas logran convertirse en plantas adultas. Durante las primeras etapas de desarrollo, el cultivo puede sufrir pérdidas debido a insectos como los flea beetles, condiciones climáticas extremas, estrés hídrico o competencia con malezas. Cuando la población final se encuentra por debajo de 30 o 40 plantas por metro cuadrado, el rendimiento comienza a disminuir significativamente. Aunque la canola tiene la capacidad de compensar poblaciones bajas mediante el desarrollo de más ramas y vainas por planta, esta compensación no siempre es suficiente para mantener el mismo nivel de producción.

Estudios realizados por el Canola Council of Canada han demostrado que cultivos con poblaciones entre 50 y 60 plantas por metro cuadrado pueden producir hasta cinco bushels por acre más que cultivos con poblaciones entre 20 y 30 plantas por metro cuadrado, lo que evidencia la importancia de mantener densidades adecuadas desde el inicio (Canola Council of Canada, 2024).

La relación entre la densidad de siembra y el espaciamiento entre plantas es directa, ya que ambos parámetros determinan la forma en que el cultivo se establece en el campo. Cuando se define una población específica, también se establece implícitamente la distancia que debe existir entre cada semilla dentro de la hilera. Este espaciamiento teórico sirve como referencia para evaluar el desempeño del equipo de siembra y permite determinar si el proceso se está realizando de forma adecuada. Por esta razón, el análisis de la densidad de siembra y su relación con el espaciamiento entre plantas representa un elemento fundamental dentro del estudio del establecimiento del cultivo de canola y su impacto en la productividad.

4. Metodología

Para poder analizar el nivel de precisión del proceso de siembra y evaluar el espaciamiento real entre plantas emergidas de canola, fue necesario establecer un procedimiento que permitiera recolectar información confiable directamente en campo y complementarla con pruebas realizadas bajo condiciones controladas. Este proceso incluyó la selección de las parcelas experimentales, el uso de maquinaria agrícola especializada, la realización de conteos manuales de plantas emergidas y la utilización de un simulador de plantadora que permitió observar el comportamiento de las semillas durante el proceso de distribución de semillas al momento de sembrado.

La información recolectada permitió comparar el espaciamiento teórico esperado con el espaciamiento real observado, así como identificar variaciones en la uniformidad del cultivo. A partir de estos datos, fue posible analizar el desempeño del sistema de siembra y evaluar el nivel de precisión con el que las semillas fueron depositadas en el suelo. El uso combinado de mediciones en campo y pruebas en simulador permitió obtener una visión completa del proceso, considerando tanto las condiciones reales de producción agrícola como el comportamiento mecánico del sistema de siembra.

4.1. Nivel de Investigación

El nivel de profundidad con el que se abordó el fenómeno corresponde a una investigación descriptiva con un componente exploratorio.

El enfoque descriptivo permitió medir directamente el espaciamiento entre plantas emergidas y caracterizar el comportamiento del cultivo bajo condiciones reales de campo. A partir de los conteos realizados, fue posible determinar la población real establecida, identificar variaciones en la distribución de las plantas y calcular indicadores que permiten evaluar la precisión del proceso de siembra. Estos resultados permitieron entender cómo se comporta el sistema de siembra en condiciones reales de operación.

El componente exploratorio estuvo relacionado con el análisis del comportamiento de la semilla utilizando un simulador de plantadora al vacío. Este equipo permitió observar el proceso de dosificación de la semilla en un ambiente controlado, eliminando la influencia de factores externos como el suelo o las condiciones climáticas. Esto permitió analizar el nivel de precisión del sistema de siembra desde el punto de vista mecánico y comprender mejor los factores que influyen en la distribución de las semillas.

4.2. Diseño de Investigación

El diseño adoptado corresponde a una investigación de campo, ya que la información utilizada fue obtenida directamente bajo condiciones reales de producción agrícola, sin manipular las variables del entorno ni alterar el funcionamiento normal del proceso de siembra. Los datos analizados provienen de parcelas experimentales establecidas durante la temporada de siembra del año 2025 en diferentes ubicaciones agrícolas de la provincia de Manitoba y Saskatchewan como parte del programa de Excelencia Agronómica de la empresa BASF Agricultural Solutions Canada.

Estas parcelas fueron sembradas utilizando equipos agrícolas comerciales operando bajo condiciones normales de campo, replicando las prácticas utilizadas por los productores de la región. Esto permitió que los resultados obtenidos reflejen con mayor precisión la realidad operativa del sector agrícola, en lugar de condiciones controladas de laboratorio.

El enfoque utilizado también incorpora elementos de investigación documental, debido a que parte del análisis se basa en la revisión de documentos técnicos, tablas de calibración, reportes agronómicos internos y literatura científica relacionada con el establecimiento del cultivo de canola, el espaciamiento entre plantas y el funcionamiento de los equipos de siembra. Esta información permitió establecer una base teórica y técnica que sirvió como punto de referencia para comparar los resultados observados en campo.

El diseño utilizado también incluye un componente de tipo experimental, ya que se sometió una plantadora al vacío a diferentes condiciones controladas con el fin de observar su comportamiento. En este caso, la variable independiente estuvo representada por el tipo de semilla utilizada, mientras que las variables dependientes correspondieron a los indicadores de precisión del sistema, tales como el porcentaje de efectividad, la presencia de semillas dobles, semillas saltadas y el coeficiente de variación en el espaciamiento.

Se realizaron pruebas utilizando cuatro tipos diferentes de semillas, permitiendo evaluar cómo las características físicas de cada material influyen en el desempeño de la máquina, tales como área y diámetro. Este procedimiento permitió analizar directamente la relación entre el tipo de semilla y la precisión del sistema, cumpliendo con los principios de una investigación experimental al someter el equipo a distintas condiciones y observar los efectos producidos.

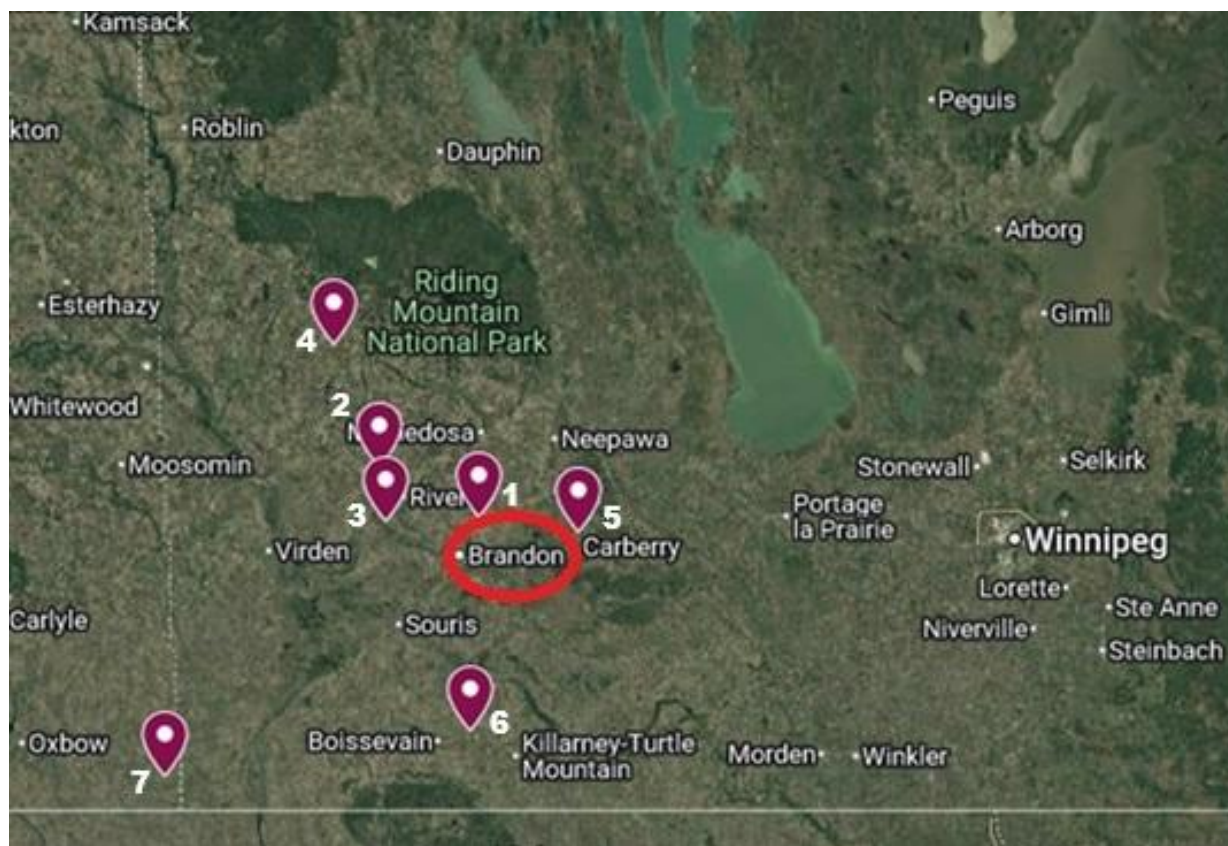
4.3. Población y muestra

El sembrado de las parcelas experimentales de canola se realizó en siete diferentes ubicaciones agrícolas durante la temporada de siembra del año 2025, como parte del programa de Excelencia Agronómica de BASF Agricultural Solutions Canada. Estas ubicaciones se encuentran distribuidas entre las provincias de Manitoba y Saskatchewan y son las siguientes:

1. Forrest , MB
2. Oak River, MB
3. Rivers, MB
4. Oakburn, MB
5. Carberry, MB
6. Boissevain, MB
7. Gainsborough, SK

La selección de estos sitios permitió evaluar el establecimiento del cultivo bajo diferentes condiciones geográficas, climáticas y de suelo, representando de manera adecuada la variabilidad existente dentro de las praderas canadienses. La ciudad de Brandon fue utilizada como punto central de operaciones, desde donde se coordinó el establecimiento, seguimiento y recolección de datos de todas las parcelas experimentales.

Imagen 4 – Mapa ubicaciones parcelas de Canola



Fuente: Imagen propia tomada de Google Maps (Google Maps, 2025)

Cada una de estas ubicaciones fue seleccionada considerando características particulares que permitieran evaluar el comportamiento del cultivo bajo diferentes condiciones ambientales. Por ejemplo, la ubicación de Forrest fue escogida debido a su cercanía a la ciudad de Brandon, una de las principales zonas agrícolas de la región. Oakburn fue seleccionada por su posición geográfica al norte, lo que implica condiciones climáticas más frías durante el verano, mientras que Gainsborough representa el extremo opuesto, al encontrarse más al sur, en una zona caracterizada por temperaturas más elevadas. Esta ubicación se encuentra cerca de la ciudad de

Melita, la cual ha registrado temperaturas de hasta 32.5 °C, convirtiéndola en una de las regiones más cálidas de Manitoba.

Las características del suelo también fueron un criterio fundamental en la selección de las ubicaciones. Rivers presenta un suelo arenoso, caracterizado por su alta capacidad de drenaje, mientras que Boissevain posee un suelo arcilloso, el cual es más compacto y presenta menor permeabilidad. Carberry fue seleccionada debido a su reconocimiento como zona productora de papa, gracias a sus suelos arenosos con acceso a fuentes subterráneas de agua. Finalmente, Oak River presenta un suelo franco, considerado uno de los más adecuados para el desarrollo agrícola debido a su equilibrio entre arena, limo y arcilla. Estas diferencias permitieron obtener datos representativos bajo una amplia variedad de condiciones de crecimiento.

Tabla 3 – Ubicaciones de Parcelas

Ubicaciones					
Ciudad		Descripción legal de terreno	Condado Municipal	Latitud	Longitud
1	Forrest	NW-34-11-18-W1	Elton	49.97389	-99.86298
2	Oak River	NW-24-13-22W1	Oakview	50.13688	-100.36607
3	Rivers	NW-31-11-21-W1	Riverdale	49.96302	-100.33991
4	Oakburn	NW-9-18-23-W1	Yellowhead	50.53507	-100.59749
5	Carberry	NW-17-11-14-W1	North Cypress-Langford	49.92442	-99.35955
6	Boissevain	SW-01-04-19-W1	Morton	49.26740	-99.91324
7	Gainsborough	SE17-02-30-W1	Argyle	49.11856	-101.45465

Fuente: Elaboración propia

Cada una de las parcelas experimentales fue sembrada utilizando una sembradora experimental equipada con 10 abridores de surco, con un ancho de trabajo de 10 pies. Para cada parcela se realizaron dos pasadas del equipo, lo que resultó en un ancho total de 20 pies, equivalente a 6.096 metros. La longitud de cada parcela fue de 38 metros, lo que permitió calcular un área total por parcela de:

$$\text{Área de parcela} = 6.096 \text{ m} \times 38 \text{ metros} = 231.65 \text{ m}^2$$

Esto garantizó que todas las unidades experimentales tuvieran un tamaño uniforme, permitiendo la comparación directa entre los resultados obtenidos.

Imagen 5 – Vista aérea distribución de parcelas



Fuente: Imagen propia tomada con un dron DJI Mavic Pro 2

La imagen 5 permite observar la distribución estructurada de las parcelas dentro del campo experimental y la uniformidad en su diseño.

Imagen 6 – Vista satelital de parcelas año 2024



Fuente: Imagen propia tomada de Google Maps (Google Maps, 2024)

En total, fueron establecidas 1,350 parcelas experimentales, cubriendo un área total de 312,727.50 metros cuadrados, equivalente a 31.27 hectáreas o 77.27 acres. Durante el proceso de siembra, se utilizó un total de 32,836,387 semillas de canola distribuidas entre las diferentes ubicaciones experimentales.

Tabla 4 – Distribución de Sembrado en cada Parcela

Ciudad	Fecha Sembrado	Rangos	Corridas	Parcelas	Area (m²)	Semillas
Forrest	5/8/2025	4	29	116	26,871.40	2,821,497
Oak River	5/14/2025	4	29	116	26,871.40	2,821,497
Rivers	5/23/2025	8	28	224	51,889.60	5,448,408
Oakburn	5/24/2025	12	17	204	47,256.60	4,961,943
Carberry	5/25/2025	8	30	240	55,596.00	5,837,580
Boissevain	5/27/2025	10	27	270	62,545.50	6,567,277
Gainsboroguh	5/12/2025	9	20	180	41,697.00	4,378,185
Total				1,350	312,727.50	32,836,387

Fuente: Elaboración propia

La población del estudio corresponde al total de parcelas experimentales establecidas durante la temporada de siembra 2025, mientras que la muestra analizada corresponde a las mediciones de espaciamiento realizadas dentro de estas parcelas, seleccionadas con el propósito de evaluar el nivel de precisión del proceso de siembra y su impacto en el establecimiento del cultivo.

4.4. Tipo de Muestreo

La selección de las parcelas analizadas dentro del estudio corresponde a un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Este tipo de muestreo se caracteriza porque las unidades no son seleccionadas de forma aleatoria, sino que son elegidas con base en criterios específicos definidos por el investigador o por las condiciones propias del estudio.

En este caso, las parcelas evaluadas forman parte del programa de investigación agronómica desarrollado por BASF Agricultural Solutions Canada durante la temporada de siembra del año 2025. Estas parcelas fueron establecidas previamente con el propósito de evaluar el desempeño de diferentes híbridos de canola bajo condiciones reales de campo, por lo que su ubicación, configuración y establecimiento ya estaban definidos antes del inicio de este trabajo.

La selección de estas parcelas permitió analizar el espaciamiento entre plantas emergidas dentro de un entorno representativo del sistema de producción agrícola utilizado en las praderas canadienses. Cada parcela fue sembrada utilizando equipos experimentales diseñados para garantizar uniformidad en el proceso de siembra, lo que permitió que los datos recolectados reflejen con precisión el comportamiento real del sistema.

Este enfoque permitió enfocar el análisis en unidades que presentan relevancia directa con el objetivo del estudio, facilitando la evaluación del nivel de precisión del proceso de siembra y su relación con el espaciamiento entre plantas emergidas de canola.

4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se llevó a cabo mediante la observación directa en campo, el registro digital de conteos de plantas, el uso de equipos agrícolas de precisión y el análisis físico de las semillas mediante escaneo digital. Estas herramientas permitieron obtener información cuantitativa precisa relacionada con el establecimiento del cultivo, la precisión del sistema de siembra y las características físicas de las semillas utilizadas durante el proceso experimental.

4.5.1. Sembrado de canola en parcelas experimentales

El proceso de siembra fue realizado utilizando un tractor John Deere modelo 6105R, el cual cuenta con un motor de 4.5 litros, un tanque de combustible diésel con capacidad de 58 galones y una potencia de 105 caballos de fuerza. Este tractor posee una transmisión de 16 cambios, lo que permite mantener una velocidad constante durante la operación. Durante el proceso de siembra, el tractor operó a una velocidad aproximada de 6 kilómetros por hora y a un régimen de 1700 revoluciones por minuto, condiciones consideradas óptimas para el establecimiento uniforme del cultivo de canola, ya que permiten un flujo constante de semillas y

reducen las variaciones en la distribución. Este equipo fue fundamental para garantizar que las condiciones de siembra fueran consistentes en todas las parcelas experimentales.

Imagen 7 – Tractor John Deere 6105R



Fuente: Elaboración propia

El equipo de siembra utilizado fue una sembradora personalizada fabricada por la empresa alemana Wintersteiger, la cual fue diseñada específicamente para la siembra de parcelas experimentales. Esta sembradora fue construida utilizando el chasis y los abridores de surco de una sembradora John Deere modelo 1870, incorporando un sistema especializado para la distribución de semillas en pequeñas parcelas de investigación. Este tipo de equipo permite realizar ensayos agronómicos con un alto nivel de precisión, ya que asegura que cada parcela sea sembrada bajo las mismas condiciones, facilitando la comparación de resultados entre distintos tratamientos o tipos de semilla.

Imagen 8 – Sembradora Personalizada



Fuente: Elaboración propia

Para garantizar que las parcelas fueran sembradas en líneas completamente rectas y en la ubicación correcta, el tractor fue equipado con un sistema de navegación satelital StarFire 6000, desarrollado por la empresa John Deere. Este sistema utiliza un receptor GPS SF3 montado en la parte superior del tractor, el cual permite mantener una trayectoria precisa durante la operación de siembra. Este sistema presenta un margen de error de aproximadamente ± 1.2 pulgadas entre pasadas, lo que permite asegurar que cada parcela se encuentre correctamente alineada y que no exista superposición ni espacios sin sembrar entre las hileras. Esta precisión fue fundamental para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos en el campo.

Imagen 9 – Sistema de Navegación GPS



Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Cuento de espaciamiento entre plantas emergidas en campo

Para evaluar el establecimiento real del cultivo, se utilizó un instrumento de medición en forma de marco rectangular con dimensiones de 75 centímetros de largo por 45 centímetros de ancho, el cual fue colocado directamente sobre el suelo alineado con las hileras de siembra. Esto permitió realizar el conteo de plantas emergidas dentro de un área definida. Para encontrar el número de plantas esperado por distancia, se toma la longitud de 75 centímetros y se divide entre el espaciamiento esperado que cual corresponde a 3.1 centímetros. Al dividir esta distancia obtenemos un valor de serían 24.19 plantas:

Esto indica que se esperan aproximadamente 24 plantas por cada hilera dentro del marco. Debido a que el instrumento cubre dos hileras, el valor esperado corresponde a 48 plantas en total. Este valor fue utilizado como referencia para calcular el porcentaje de efectividad del establecimiento del cultivo. El ancho de 45 centímetros fue definido considerando que el espaciamiento entre hileras es de 30.48 centímetros (12 pulgadas). Se agregaron centímetros

adicionales para facilitar la colocación del instrumento en campo, evitando la necesidad de posicionarlo con precisión milimétrica y asegurando que ambas hileras quedaran dentro del área de medición. El instrumento fue utilizado en cuatro puntos diferentes dentro de cada parcela, permitiendo obtener un valor promedio representativo del establecimiento del cultivo.

Imagen 10 – Instrumento de medición de plantas



Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Registro digital de datos agronómicos

Durante el proceso de conteo, se utilizó un software llamado Mirus, el cual fue instalado en una Tablet con pantalla táctil. Esta herramienta permite registrar los datos directamente en el campo de forma digital, eliminando la necesidad de realizar anotaciones manuales en papel y reduciendo el riesgo de errores durante la transcripción. La pantalla táctil facilita el ingreso rápido de la información, permitiendo que cada conteo sea registrado de manera inmediata mientras se avanza entre las parcelas, sin interrumpir el flujo de trabajo.

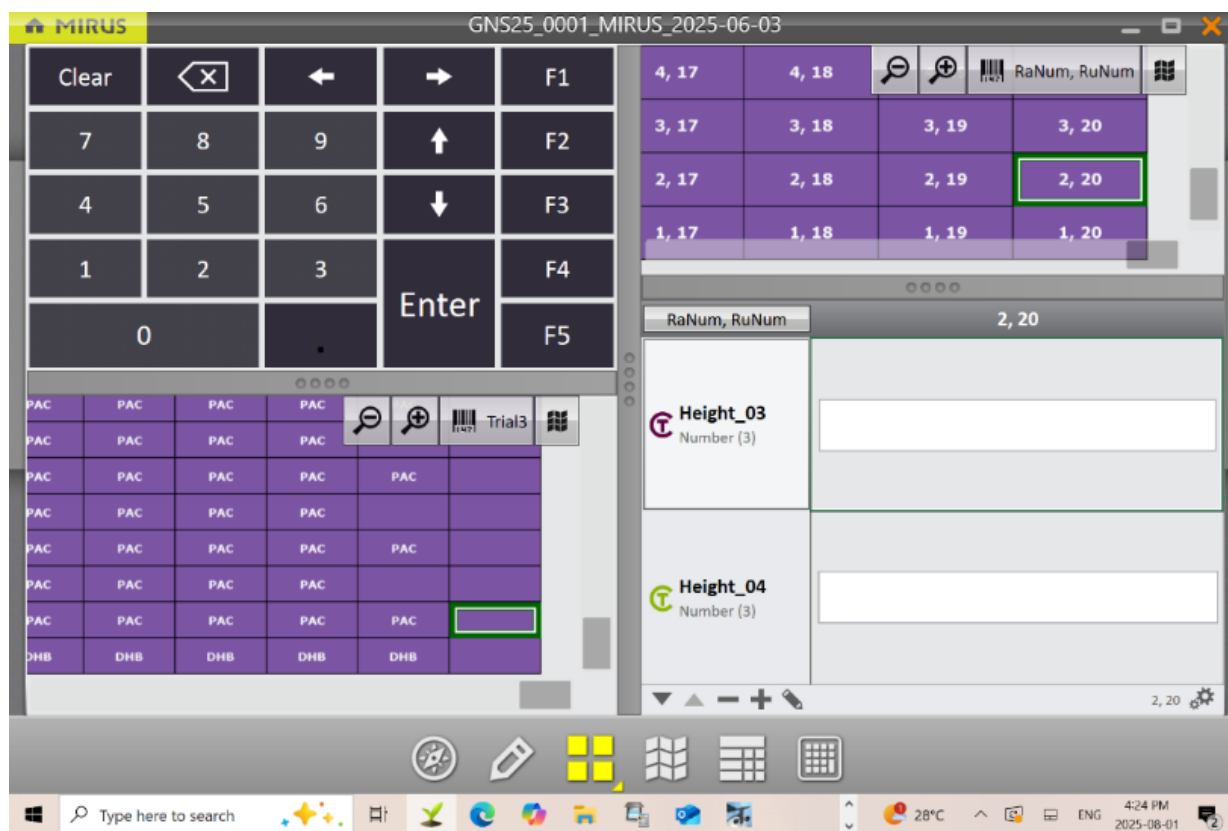
El software fue programado de manera que cada casilla aceptara únicamente valores de dos dígitos. Una vez ingresados los dos números correspondientes al conteo de plantas emergidas, el sistema avanzaba automáticamente a la siguiente posición dentro de la secuencia previamente

establecida. Esta función permitió evitar que el operador tuviera que seleccionar manualmente cada nueva casilla, reduciendo el tiempo requerido para el registro y disminuyendo la probabilidad de errores asociados a la ubicación incorrecta de los datos.

En aquellos casos donde el número de plantas contadas se encontraba entre 0 y 9, fue necesario ingresar un cero antes del valor correspondiente. Por ejemplo, si se contaban 7 plantas, el valor debía registrarse como “07”. Este formato garantizó que el sistema reconociera el dato como un registro completo y permitiera avanzar automáticamente a la siguiente casilla, manteniendo la consistencia en el almacenamiento de la información.

En total, se realizaron aproximadamente 5,400 conteos individuales de plantas. Una vez finalizado el proceso, los datos almacenados en el dispositivo fueron exportados mediante una memoria USB, permitiendo su posterior análisis.

Imagen 11 – Captura de Pantalla Software Mirus



Fuente: Elaboración propia

Imagen 12 – Uso de Software Mirus en el campo



Fuente: Elaboración propia

Imagen 13 – Mapa de Referencia de Parcelas

RaNum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
4	4, 1	4, 2	4, 3	4, 4	4, 5	4, 6	4, 7	4, 8	4, 9	4, 10	4, 11	4, 12	4, 13	4, 14	4, 15	4, 16	4, 17	4, 18	4, 19	4, 20	4, 21	4, 22	4, 23	4, 24	4, 25	4, 26	4, 27	4, 28	4, 29
3	3, 1	3, 2	3, 3	3, 4	3, 5	3, 6	3, 7	3, 8	3, 9	3, 10	3, 11	3, 12	3, 13	3, 14	3, 15	3, 16	3, 17	3, 18	3, 19	3, 20	3, 21	3, 22	3, 23	3, 24	3, 25	3, 26	3, 27	3, 28	3, 29
2	2, 1	2, 2	2, 3	2, 4	2, 5	2, 6	2, 7	2, 8	2, 9	2, 10	2, 11	2, 12	2, 13	2, 14	2, 15	2, 16	2, 17	2, 18	2, 19	2, 20	2, 21	2, 22	2, 23	2, 24	2, 25	2, 26	2, 27	2, 28	2, 29
1	1, 1	1, 2	1, 3	1, 4	1, 5	1, 6	1, 7	1, 8	1, 9	1, 10	1, 11	1, 12	1, 13	1, 14	1, 15	1, 16	1, 17	1, 18	1, 19	1, 20	1, 21	1, 22	1, 23	1, 24	1, 25	1, 26	1, 27	1, 28	1, 29

Fuente: BASF Agricultural Solutions Canada, Edwin Pensaert, Líder de Avance de Productos de Excelencia Agronómica

Si observamos la imagen 13, el Mapa de Referencia de Parcelas, podemos entender un poco como fue programado el software Mirus. La secuencia de conteo se inició en el Rango 1, Corrida 1, avanzando horizontalmente hacia la derecha hasta llegar al Rango 1, Corrida 29. Posteriormente, el recorrido continuó en el Rango 2, comenzando desde la Corrida 29 en dirección contraria hasta la Corrida 1, siguiendo este mismo patrón en forma de zigzag hasta completar el Rango 4, Corrida 29.

Durante esta primera etapa, se registraron únicamente los conteos correspondientes a la sección frontal de cada parcela. Una vez completado este recorrido inicial, se procede a continuar con el conteo desde la sección trasera de las parcelas, iniciando en el extremo opuesto, es decir, desde el Rango 4, Corrida 29, avanzando en dirección inversa hasta el Rango 1, Corrida 1, completando así el registro total de datos.

Esta programación permitió asegurar un flujo de trabajo continuo, organizado y sistemático, garantizando que cada parcela fuera evaluada en su totalidad. Además, el software almacenó automáticamente los datos asociados a cada ubicación específica, reduciendo el riesgo de errores humanos y facilitando su posterior exportación y análisis.

4.5.4. Evaluación desempeño simulador plantadora

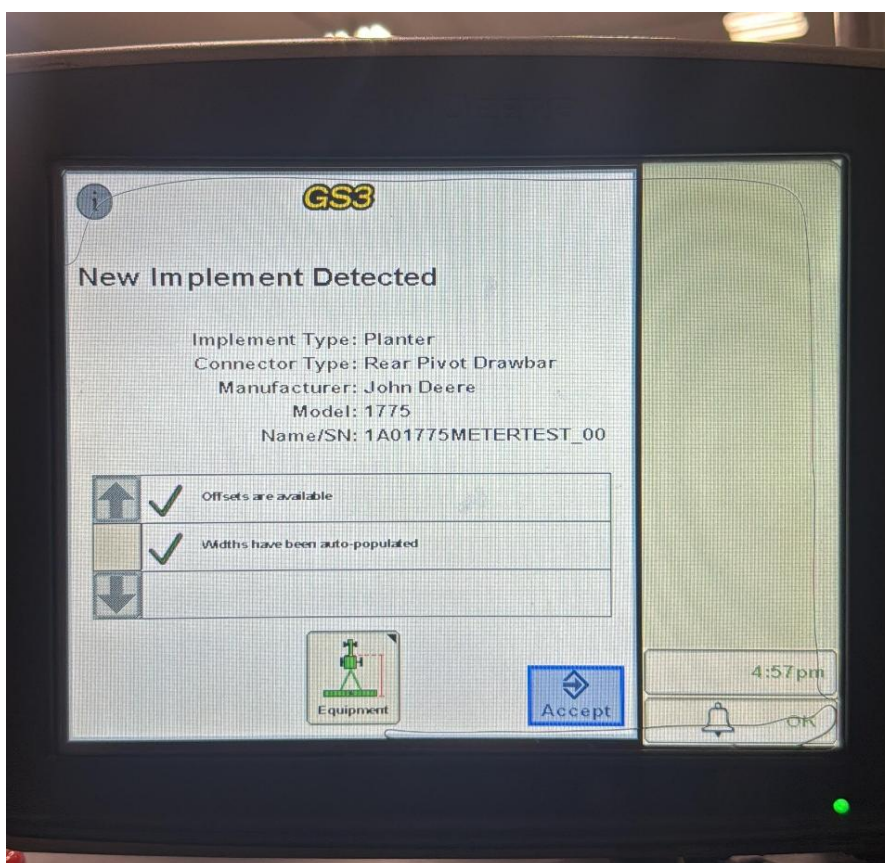
Imagen 14 – Simulador Plantadora al Vacío



Fuente: Elaboración propia

La imagen 14 muestra el simulador utilizado con el propósito de analizar el comportamiento del sistema de siembra bajo condiciones ideales y completamente controladas. Esto significa que no se consideran factores externos como desniveles del terreno, humedad del suelo, precipitación, vibraciones del equipo ni otras variables que normalmente están presentes durante el proceso real de siembra en campo. Al eliminar estos factores, es posible evaluar exclusivamente el funcionamiento mecánico del sistema encargado de liberar las semillas.

Imagen 15 – Datos técnicos software plantadora



Fuente: Elaboración propia

Este simulador, de la marca John Deere, fue diseñado para replicar el funcionamiento de una plantadora al vacío, pero a una escala reducida. Una plantadora comercial puede contar con alrededor de 24 unidades de siembra independientes. El simulador utilizado en este estudio corresponde a una sola de esas 24 unidades, lo que permite analizar individualmente su desempeño. Como se puede observar en la imagen 14, el sistema genera vacío utilizando una aspiradora convencional, la cual cumple la función de producir la succión necesaria para sostener

las semillas sobre el disco perforado, replicando el mismo principio de funcionamiento que utiliza la máquina real en campo.

El simulador se encuentra instalado sobre una estructura metálica con ruedas, lo que permite su fácil movilización dentro del área de trabajo. En la parte superior del sistema, las semillas son colocadas dentro de un contenedor de almacenamiento.

Imagen 16 – Simulador (1)



Fuente: Elaboración propia

A partir de este punto, las semillas descienden por gravedad hacia una cámara interna donde se encuentra el disco perforado. Este disco gira constantemente sobre su eje, imitando el movimiento que tendría durante la siembra real.

Imagen 17 – Simulador (2)



Fuente: Elaboración propia

El vacío generado por la aspiradora permite que cada semilla sea adherida a uno de los orificios del disco. A medida que el disco continúa girando, las semillas se desplazan hasta la parte inferior del sistema. En esta zona ya no existe el vacío, lo que provoca que la semilla se desprenda del orificio y caiga libremente, simulando el momento exacto en que la semilla es liberada hacia el suelo durante la siembra.

Imagen 18 – Simulador (3)



Fuente: Elaboración propia

Justo debajo del punto donde las semillas caen, el simulador cuenta con un fotosensor infrarrojo de alta precisión, el cual está conectado directamente al sistema electrónico de monitoreo. Este sensor detecta cada semilla que pasa a través del punto de liberación y registra la información en tiempo real. Gracias a este sistema, es posible identificar cuántas semillas fueron liberadas correctamente de forma individual, cuántas fueron liberadas simultáneamente en el mismo punto, lo que se conoce como semillas múltiples, y cuántos espacios quedaron sin semilla, lo que corresponde a semillas saltadas.

Imagen 19 – Simulador (4)



Fuente: Elaboración propia

Esta información es registrada automáticamente por el software del simulador, permitiendo calcular indicadores clave como el porcentaje de efectividad, la presencia de semillas múltiples y

la cantidad de espacios vacíos. Estos datos son fundamentales para evaluar el nivel de precisión del sistema y analizar cómo diferentes tipos de semillas influyen en su desempeño.

4.5.5. Tipos de semillas utilizadas en el simulador

Durante las pruebas realizadas con el simulador estático, se utilizaron cuatro tipos diferentes de semillas, con el fin de evaluar cómo las características físicas del material influyen en el desempeño del sistema.

Imagen 20– Semilla de Maíz



Fuente: Elaboración propia

El primer material utilizado durante las pruebas fue la semilla de maíz. Las plantadoras al vacío fueron desarrolladas originalmente para este cultivo, por lo que su funcionamiento está optimizado para trabajar con semillas de este tamaño y forma. El maíz es uno de los cultivos más antiguos utilizados por el ser humano, con registros que indican su domesticación desde hace aproximadamente 9,000 años (Brummel & Gibson, 2022). Esta larga historia ha permitido que sus características físicas sean acopladas correctamente a los diferentes equipos de sembrados y facilita su manejo mediante sistemas mecánicos de siembra. Utilizar el maíz permitió confirmar que el simulador operaba correctamente antes de evaluar materiales de menor tamaño, como la canola.

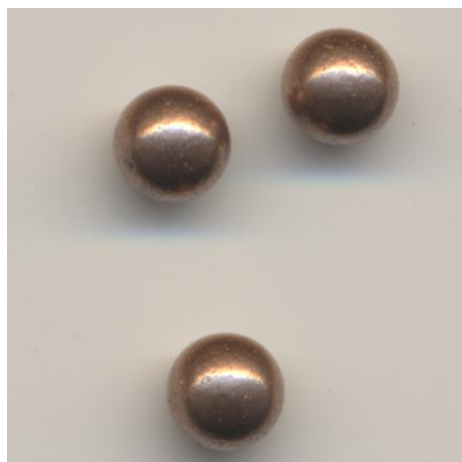
Imagen 21 – Semilla de Canola



Fuente: Elaboración propia

El segundo material correspondió a la semilla de canola convencional, que es el cultivo central de esta investigación. A diferencia del maíz, la canola es una especie relativamente nueva dentro de la agricultura moderna. Fue desarrollada a comienzos de la década de 1970 en la Universidad de Manitoba por los científicos Keith Downey y Baldur Stefansson, a partir de programas de mejoramiento genético de la colza (Canola Council of Canada, 2024). El nombre canola proviene de la combinación de Canada, Oil y Low Acid, en referencia a su origen canadiense y a su bajo contenido de compuestos indeseables (Yu, 2018). Debido a que su tamaño es considerablemente más pequeño a otras semillas de distintas plantas, la canola representa un desafío mayor para los sistemas de siembra de precisión. Su evaluación permitió observar directamente cómo responde el sistema bajo condiciones reales.

Imagen 22 – Balín de cobre



Fuente: Elaboración propia

El tercer material evaluado fue un balón de cobre. Este elemento fue utilizado como referencia física ideal, ya que presenta una forma completamente esférica y dimensiones uniformes en todas sus unidades. A diferencia de las semillas naturales, no existe variación en tamaño ni en forma. Esto permitió observar el comportamiento del sistema en condiciones prácticamente perfectas, sirviendo como punto de comparación. Su uso permitió visualizar cuál sería el desempeño de la plantadora si las semillas de canola tuvieran características físicas más uniformes y un mayor tamaño.

Imagen 23 – Semilla de Canola Cubierta



Fuente: Elaboración propia

El último material correspondió a la semilla de canola cubierta, producida por la empresa Canterra Seeds, tecnología introducida al mercado canadiense en el año 2022 (Canterra Seeds, 2022). Dentro del contexto agrícola canadiense, este periodo de tiempo es bastante corto, ya que solo es posible realizar una siembra por año. Este tipo de semilla presenta un recubrimiento que aumenta su tamaño y mejora su uniformidad.

Aunque la empresa no publica la composición exacta de este recubrimiento, existen referencias técnicas sobre este tipo de prácticas. Durante mi formación académica en Assiniboine College, pude conocer ejemplos similares, como el caso de semillas de zanahoria, donde se utilizan materiales minerales para incrementar su tamaño. Este recubrimiento no afecta el desarrollo de la planta, pero facilita su manejo durante la siembra.

El Consejo Británico de Protección de Cultivos documenta el uso de materiales a base de arcilla en este tipo de procesos, entre los cuales se encuentran la bentonita, la caolinita, la vermiculita y la hectorita (Suett, 1994). Estos compuestos permiten mejorar la uniformidad física de la semilla. Conversaciones sostenidas con el agrónomo Edwin Pensaert y con instructores de Assiniboine College indican que es altamente probable que este tipo de materiales formen parte de los recubrimientos utilizados en semillas comerciales modernas.

La evaluación de estos cuatro materiales permitió analizar el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones físicas, incluyendo semillas altamente uniformes, semillas con variabilidad natural y semillas modificadas para mejorar su tamaño. Esto permitió comprender con mayor claridad la relación que existe entre las características físicas de la semilla y la precisión del sistema de siembra.

4.5.6. Medición del tamaño de las semillas

Para poder comparar el desempeño de la plantadora al vacío utilizando diferentes materiales, fue necesario conocer el tamaño de cada tipo de semilla. El tamaño está directamente relacionado con la forma en que la plantadora interactúa con el material, ya que el sistema funciona mediante un disco con orificios que retiene cada semilla por medio de vacío. Si la semilla es demasiado pequeña, pueden presentarse fallas como semillas múltiples o espacios vacíos. Pero si el tamaño de la semilla es más grande y uniforme, entonces el sistema puede operar con mayor precisión. Por esta razón, era fundamental determinar el diámetro promedio de cada material, de manera que los resultados obtenidos en el simulador pudieran ser analizados considerando esta característica física.

La primera técnica utilizada consistió en la medición manual mediante un calibrador digital marca Mastercraft, referencia GS0586800, el cual cuenta con una precisión de ± 0.02 mm.

Imagen 24 – Calibrador Digital Mastercraft



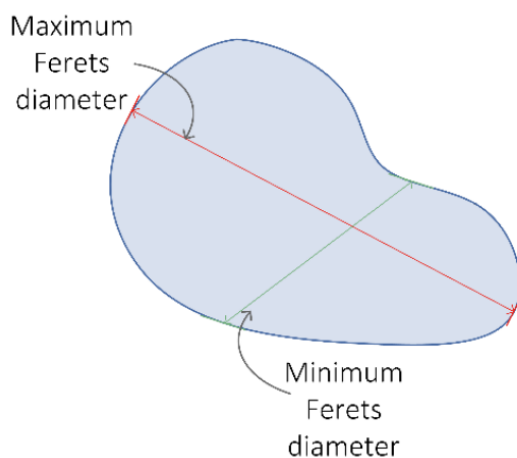
Fuente: (Canadian Tire, 2025)

Utilizando este instrumento, se procedió a medir el diámetro de las semillas de forma individual, colocando cada una entre los extremos de las pinzas del calibrador hasta hacer contacto con la semilla. Para cada tipo de semilla se tomaron 10 muestras utilizadas para calcular un valor promedio. Este procedimiento permitió obtener una referencia inicial del tamaño de las semillas.

Sin embargo, durante el desarrollo de este proceso se evidenció una limitación importante. El procedimiento resultaba demasiado lento, y el número de semillas analizadas era muy pequeño en comparación con la cantidad total utilizada durante las pruebas. Como ninguna semilla es exactamente igual a otra, basar el análisis únicamente en diez muestras no garantizaba un valor promedio suficientemente representativo. Como resultado, se consideró necesario utilizar un método que permitiera medir una mayor cantidad de semillas, con el fin de obtener un promedio más confiable.

Con este propósito en mente, se procedió a utilizar el software ImageJ, el cual permite realizar mediciones sobre imágenes digitales. Para ello, se utilizó el concepto del diámetro de Feret, el cual corresponde a la distancia existente entre dos líneas paralelas que tocan los extremos opuestos de un objeto. Esta medida es ampliamente utilizada en el análisis de partículas irregulares, ya que permite cuantificar su tamaño de manera consistente (Tamaños de partículas, 2009).

Imagen 25 – Diámetro Feret



Fuente: (Jacktat, 2022)

Para poder analizar digitalmente el tamaño de las semillas, se utilizó un escáner Canon CanoScan 9000F Mark II, el cual cuenta con una resolución de 1200 DPI (Dots per inch). Esto significa que el escáner es capaz de capturar 1200 puntos por pulgada lineal, lo que permite obtener imágenes con un alto nivel de detalle. Esta característica fue fundamental, ya que permitió visualizar claramente el contorno de cada semilla.

Imagen 26 – Escáner Canon (1)



Fuente: Elaboración propia

Imagen 27 – Escáner Canon (2)



Fuente: Elaboración propia

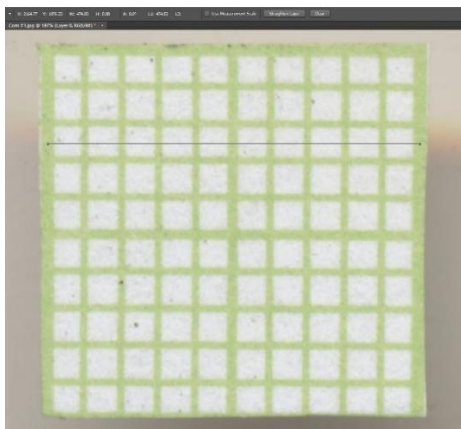
El escáner sirvió para poder obtener imágenes precisas que permitieran medir el tamaño, el área y el diámetro de Feret de cada semilla mediante el uso del software ImageJ. Para cada tipo de material se realizaron tres escaneos independientes, obteniendo un total de doce imágenes. Esto permitió contar con una cantidad suficiente de muestras digitales y facilitó la comparación de las diferencias físicas entre los distintos materiales evaluados.

Durante esta etapa se presentaron algunas dificultades. Una de las principales fue la presencia de sombras generadas durante el proceso de escaneo, las cuales dificultaban la identificación exacta de los bordes de las semillas. Se observó que algunas semillas quedaban ubicadas muy cerca unas de otras, lo que impedía analizarlas de forma individual. También era necesario establecer una relación entre las unidades de la imagen, expresadas en píxeles, y las unidades reales, expresadas en milímetros.

Para solucionar la referencia de medidas, se utilizó una hoja de papel milimétrico en donde se recortó un cuadro con una dimensión conocida de 1 mm por cada lado. Este mismo cuadro fue colocado en la esquina superior izquierda de cada imagen escaneada. Esta referencia permitió establecer una escala dentro de la imagen, la cual fue utilizada para calibrar el software y convertir las mediciones digitales a unidades reales.

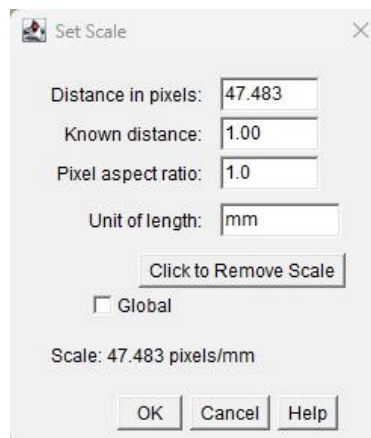
En las siguientes dos imágenes, Imagen 28 y 29, se puede ver el cuadro de papel milimétrico utilizado como referencia, y la calibración del software ImageJ para determinar que 1 mm era equivalente a 47.483 píxeles.

Imagen 28 – Cuadro papel milimétrico



Fuente: Elaboración propia

Imagen 29 – Calibración de medida

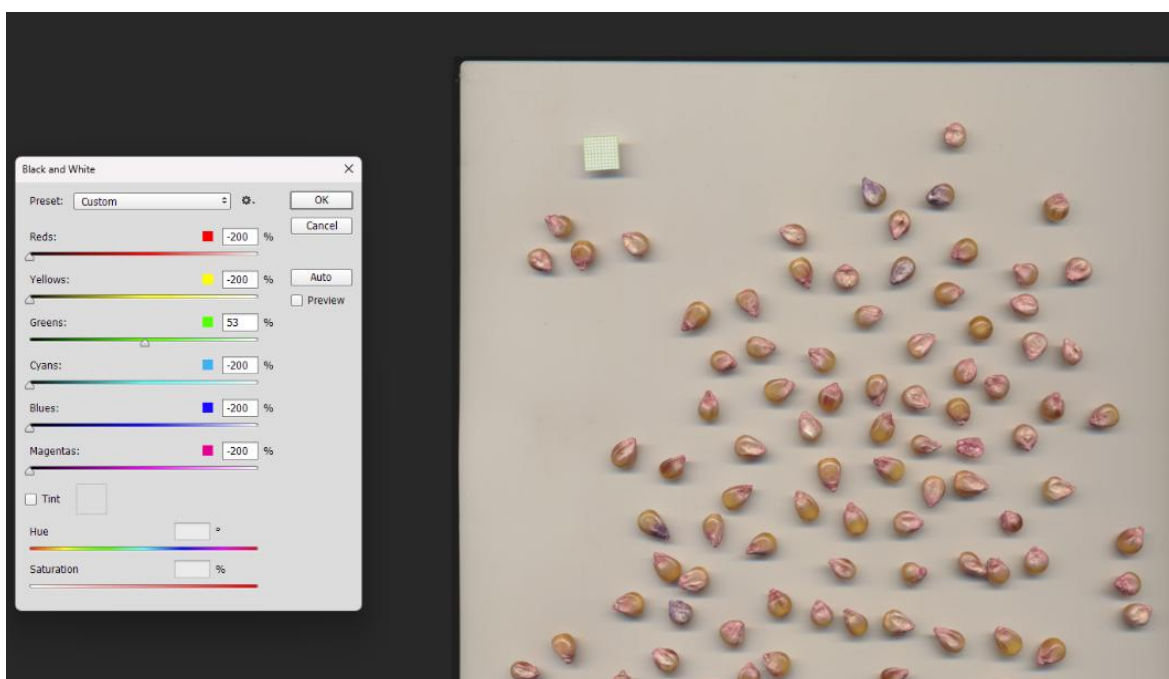


Fuente: Elaboración propia

Adobe Photoshop fue una buena herramienta para poder darle solución a los demás inconvenientes, ya que este permitió modificar las propiedades visuales de las imágenes. Inicialmente, se trabajó con las herramientas de ajuste de contraste y niveles de color. Mediante estos ajustes, se redujeron progresivamente los tonos intermedios presentes en la imagen, eliminando los colores que no correspondían directamente a la semilla. Este procedimiento permitió aumentar la diferencia visual entre la semilla y el fondo, facilitando su identificación.

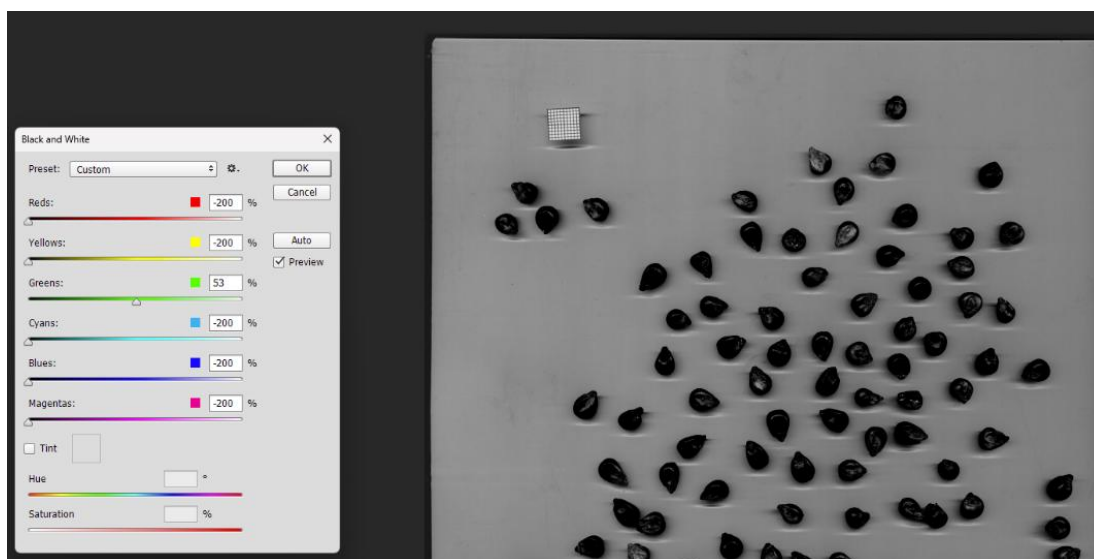
Las siguientes dos imágenes, Imagen 30 e Imagen 31, muestran el antes y el después de una imagen siendo modificadas con contrastes dentro de Photoshop.

Imagen 30 – Contraste Photoshop (1)



Fuente: Elaboración propia

Imagen 31 – Contraste Photoshop (2)



Fuente: Elaboración propia

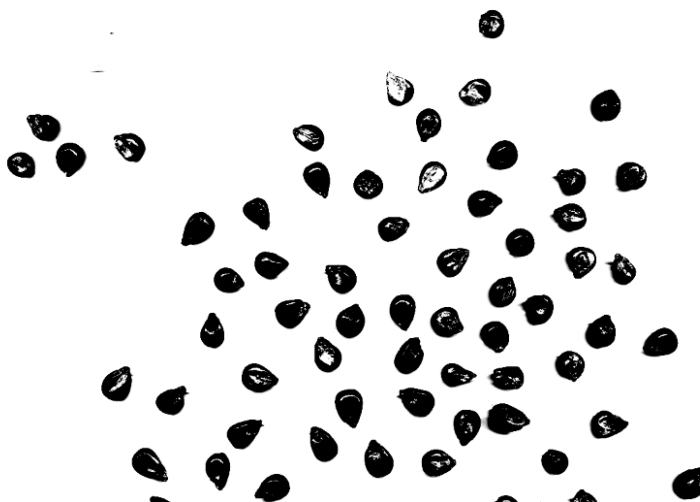
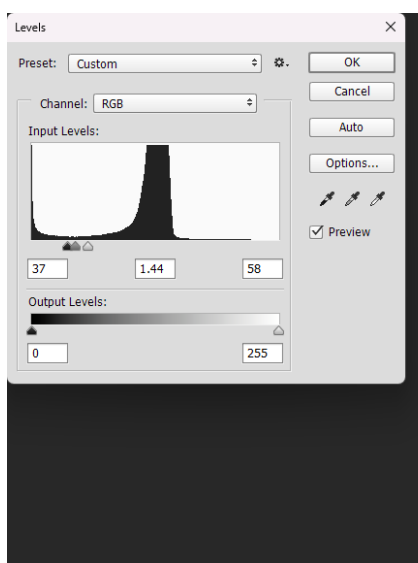
La herramienta de niveles (Levels), permitió modificar la distribución de intensidad de los píxeles dentro de la imagen. Al ajustar esta herramienta, fue posible aislar visualmente las semillas del fondo, reduciendo aún más la interferencia causada por las sombras. Este proceso permitió crear un contraste mucho más definido, como se puede observar en las imágenes 32 y 33, donde las semillas podían distinguirse con mayor claridad.

Imagen 32 – Niveles Photoshop (1)



Fuente: Elaboración propia

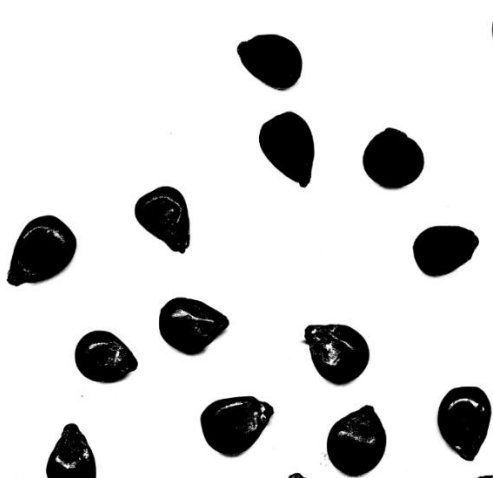
Imagen 33 – Niveles Photoshop (2)



Fuente: Elaboración propia

Una vez mejorada la separación visual entre las semillas y el fondo, se procedió a rellenar el interior de cada semilla con un color uniforme. Este paso fue importante para permitir definir con mayor precisión el contorno completo de cada semilla.

Imagen 34 – Semillas rellenas



Fuente: Elaboración propia

Finalmente para el último paso, se evaluó visualmente la calidad de cada objeto presente en la imagen. En los casos donde las semillas se encontraban deformadas o demasiado agrupadas

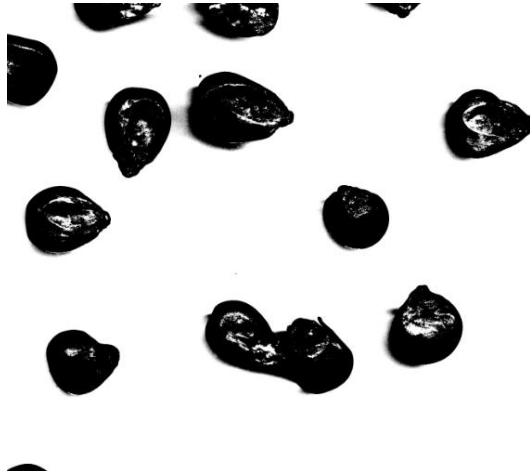
entre sí, se decidió eliminarlas manualmente de la imagen, ya que su inclusión podría afectar la precisión de las mediciones.

Imagen 35 – Semillas Deformes



Fuente: Elaboración propia

Imagen 36 – Semillas Agrupadas



Fuente: Elaboración propia

La aplicación de este procedimiento permitió recolectar información detallada sobre el tamaño de las semillas mediante un método más eficiente y representativo que la medición manual, estableciendo una base confiable para el análisis del comportamiento de cada material dentro del simulador.

4.6. Técnicas de procesamiento y Análisis de datos

Una vez completada la recolección de datos, se procedió a organizar la información obtenida con el fin de facilitar su análisis e interpretación. Los datos provinieron de tres fuentes principales: los conteos de plantas emergidas registrados mediante el software Mirus, los registros generados por el simulador estático de la plantadora al vacío, y las mediciones físicas de las semillas realizadas mediante el calibrador digital y el software ImageJ.

Toda la información fue exportada a archivos digitales en formato Excel ya que esta es una herramienta que permite reunir los datos en una sola base organizada. Cada registro fue identificado según su ubicación, tipo de semilla, repetición y tipo de prueba realizada. Esta estructura permitió clasificar la información en grupos definidos, facilitando su comparación y análisis.

Se realizó la tabulación de los datos mediante la elaboración de tablas que permitieron visualizar el comportamiento de las variables evaluadas. A partir de estos registros se calcularon indicadores como el espaciamiento promedio entre plantas, el porcentaje de efectividad, el porcentaje de semillas múltiples, el porcentaje de semillas saltadas y el coeficiente de variación del espaciamiento.

El porcentaje de efectividad fue utilizado como uno de los principales indicadores de precisión, ya que representa la proporción de semillas que fueron colocadas correctamente en la posición esperada. El porcentaje de semillas múltiples corresponde a los casos en los que más de una semilla fue liberada en el mismo punto, mientras que el porcentaje de semillas saltadas representa los espacios donde no se depositó ninguna semilla, generando fallas en la distribución. El coeficiente de variación fue utilizado como indicador de uniformidad, permitiendo medir el nivel de variabilidad del espaciamiento en relación con el valor promedio.

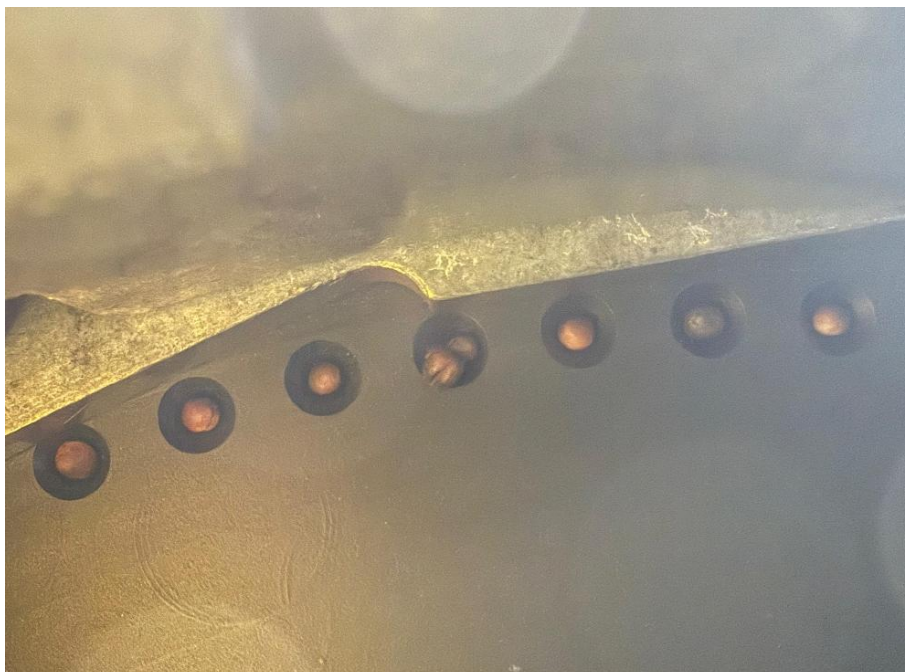
Este coeficiente se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$CV = \frac{\text{Desviación estandar del espaciamiento de semillas}}{\text{Espaciamiento promedio}}$$

Este indicador permite cuantificar la precisión del proceso, ya que valores bajos representan una distribución más uniforme, mientras que valores altos reflejan mayor variabilidad en la ubicación de las semillas. Una parte importante del análisis correspondió a la interpretación de los datos generados por el simulador estático de la plantadora al vacío. Este equipo permitió obtener información detallada sobre el comportamiento del sistema bajo condiciones controladas, sin la influencia de factores externos como el terreno, la humedad o el clima.

Es importante mencionar la eficiencia del simulador para entregar los datos. El sistema cuenta con un sensor infrarrojo capaz de detectar individualmente cada semilla en el momento en que es liberada. Esta capacidad permite registrar automáticamente el espaciamiento entre semillas, eliminando la necesidad de realizar mediciones manuales. Este aspecto es especialmente importante, ya que el objetivo del proceso de siembra es lograr un espaciamiento uniforme de aproximadamente 3.1 cm entre cada semilla, valor que corresponde a la configuración utilizada durante la siembra en campo.

Imagen 37 – Detección Semillas Múltiples de Canola



Fuente: Elaboración propia

Imagen 38 – Detección Semillas Múltiples de Maíz



Fuente: Elaboración propia

El simulador genera directamente indicadores de desempeño, incluyendo el porcentaje de efectividad, el porcentaje de semillas múltiples, el porcentaje de semillas saltadas y el coeficiente de variación. Entre estos indicadores, el coeficiente de variación representa uno de los parámetros más importantes, ya que permite evaluar el nivel de uniformidad del sistema de siembra.

El manual técnico de John Deere establece que valores de coeficiente de variación entre 0.10 y 0.30 corresponden a un nivel aceptable de uniformidad en la distribución de semillas, indicando que el sistema está operando dentro de parámetros adecuados (John Deere, 2013).

Para el análisis de los datos se aplicaron técnicas de estadística descriptiva, incluyendo el cálculo de promedios, porcentajes y medidas de variabilidad. Estas herramientas permitieron describir el comportamiento de los datos y comparar el desempeño de los distintos materiales evaluados.

También se aplicaron procesos de análisis lógico. El método inductivo permitió identificar patrones a partir de los datos observados, mientras que el método deductivo permitió interpretar estos resultados con base en los principios teóricos relacionados con el proceso de siembra y el establecimiento del cultivo.

Se realizó una comparación entre los resultados obtenidos en campo y los resultados obtenidos en el simulador, con el objetivo de analizar la relación entre el tamaño de la semilla y la precisión del sistema de siembra. Este procedimiento permitió interpretar los datos recolectados y establecer conclusiones basadas en evidencia cuantitativa, facilitando la evaluación del desempeño del equipo y su relación con las características físicas de los materiales evaluados.

5. Resultados

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta investigación se presentan mediante imágenes, tablas y gráficas que permiten visualizar con claridad el comportamiento de los datos recolectados durante las diferentes etapas del estudio. Una parte de los resultados corresponde al conteo de plantas emergidas de canola en las parcelas experimentales. Esta información permite analizar el establecimiento del cultivo y comparar la población real obtenida en campo con la población que se esperaba al momento de la siembra.

También se presentan los resultados relacionados con la medición del tamaño de las semillas. Para este análisis se utilizaron mediciones realizadas con un calibrador y un análisis digitales mediante el software ImageJ, lo que permitió evaluar el diámetro y el área de los distintos materiales utilizados durante el experimento. La última parte de los resultados corresponde a las pruebas realizadas en el simulador estático de la plantadora al vacío. En esta etapa se evaluó el comportamiento del sistema utilizando diferentes tamaños de semillas, con el objetivo de analizar cómo las características físicas del material influyen en la precisión del proceso de siembra.

5.1. Conteo de plantas emergidas de Canola

Para cada una de las seis ubicaciones que fueron evaluadas, los datos recolectados durante el conteo de plantas se organizaron utilizando las siguientes variables:

- 1) Número de parcela
- 2) Ubicación
- 3) Conteo de plantas por cuadro medidor
- 4) Plantas por metro cuadrado durante etapa de cuarta hoja
- 5) Porcentaje de efectividad (relación semillas sembradas y plantas que emergieron)
- 6) Distancia esperada entre plantas
- 7) Distancia obtenida entre plantas

Para poder expresar los conteos realizados en términos de plantas por metro cuadrado, fue necesario calcular primero el área que representa el cuadro utilizado durante el muestreo. El instrumento empleado para realizar los conteos tiene dimensiones de 75 cm de largo por 45 cm de ancho, sin embargo, este cuadro captura plantas pertenecientes a dos hileras de siembra.

La distancia promedio entre hileras en el sistema de siembra utilizado es de aproximadamente 30 cm. Por esta razón, aunque el instrumento tenga un ancho físico de 45 cm, el cálculo está considerando una distancia efectiva de 60 cm incluyendo 2 hileras de datos. Esta diferencia se debe principalmente a razones prácticas de manejo, ya que un instrumento ligeramente más angosto facilita su transporte dentro del campo y permite colocarlo con mayor precisión sin interferir con una tercera hilera.

La imagen 39 presentada a continuación ilustra la forma en que el cuadro de medición abarca dos hileras del cultivo.

Imagen 39 – Distancia entre hileras



Fuente: Elaboración propia

El área utilizada para realizar los conteos corresponde a 4500 cm^2 , valor que se obtiene al multiplicar las dimensiones reales de las medidas, las cuales fueron $70 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$. Teniendo en cuenta que 1 m^2 , equivale a $10,000 \text{ cm}^2$, se procede a dividir 4500 cm^2 entre $10,000 \text{ cm}^2$, obteniendo un valor de 0.45 m^2 . Esto significa que cada conteo realizado dentro del cuadro representa 0.45 metros cuadrados de superficie. Por lo tanto, para convertir el número de plantas contadas dentro del cuadro a unidades de plantas por metro cuadrado, el valor observado debe dividirse entre 0.45 .

Para calcular la distancia real entre plantas obtenidas en campo, se utilizó el valor previamente determinado en la página 16, el cual representa el número de filas por metro generado

por el equipo de siembra utilizado (3.28 filas por metro). Este valor se multiplica por 100 cm, con el fin de expresar la distancia en centímetros, y su resultado se divide posteriormente entre el número de plantas por metro cuadrado registradas durante el conteo en la etapa de cuatro hojas. De esta manera, es posible estimar la distancia promedio existente entre plantas dentro de cada parcela.

Los datos utilizados en esta investigación pertenecen a BASF Agricultural Solutions Canada, empresa que proporcionó los recursos, equipos y materiales necesarios para el desarrollo del estudio. Por esta razón, la compañía autorizó únicamente la publicación de los resultados correspondientes a 100 parcelas por cada ubicación evaluada. Esto significa que el análisis presentado en esta sección únicamente se basa en 600 conteos de plantas en total, distribuidos entre las seis localidades incluidas en el estudio.

5.1.1. Conteo canola parcelas de Oak River

Imagen 40 – Mapa Parcelas de Oak River

RaNum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16	4,17	4,18	4,19	4,20	4,21	4,22	4,23	4,24	4,25	4,26	4,27	4,28	4,29
3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,10	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,16	3,17	3,18	3,19	3,20	3,21	3,22	3,23	3,24	3,25	3,26	3,27	3,28	3,29
2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27	2,28	2,29
1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29

Fuente: BASF Agricultural Solutions Canada, Edwin Pensaert, Líder de Avance de Productos de Excelencia Agronómica

Los datos analizados para la ubicación de Oak River corresponden a las parcelas que aparecen marcadas con color azul claro en la imagen 40. Estas parcelas comienzan desde la corrida 3 hasta la corrida 27, entre los rangos 1 y 4. El conjunto completo de datos para esta ubicación se puede consultar en el Anexo 1 en la página 110. En la tabla 5 presentada a continuación se muestran los valores promedio obtenidos a partir del análisis de 100 parcelas.

Tabla 5 – Resultados Conteo de canola en Oak River

Ubicación		Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2	Efectividad	Distancia entre plantas obtenida (cm)
Oak River	Valor Esperado	48	105	100%	3.1
	Promedio	21.6	48.0	45.74%	7.17
	Valor Mínimo	12.06	26.79	25.52%	12.24
	Valor Máximo	37.89	84.21	80.20%	3.9

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Conteo canola parcelas de Rivers

Imagen 41 – Mapa Parcelas de Rivers

RaNum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	8,10	8,11	8,12	8,13	8,14	8,15	8,16	8,17	8,18	8,19	8,20	8,21	8,22	8,23	8,24	8,25	8,26	8,27
7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	7,10	7,11	7,12	7,13	7,14	7,15	7,16	7,17	7,18	7,19	7,20	7,21	7,22	7,23	7,24	7,25	7,26	7,27
6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,10	6,11	6,12	6,13	6,14	6,15	6,16	6,17	6,18	6,19	6,20	6,21	6,22	6,23	6,24	6,25	6,26	6,27
5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,10	5,11	5,12	5,13	5,14	5,15	5,16	5,17	5,18	5,19	5,20	5,21	5,22	5,23	5,24	5,25	5,26	5,27
4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16	4,17	4,18	4,19	4,20	4,21	4,22	4,23	4,24	4,25	4,26	4,27
3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,10	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,16	3,17	3,18	3,19	3,20	3,21	3,22	3,23	3,24	3,25	3,26	3,27
2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27
1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27

Fuente: BASF Agricultural Solutions Canada, Edwin Pensaert, Líder de Avance de Productos de Excelencia Agronómica

Los datos analizados para la ubicación de Rivers corresponden a las parcelas que aparecen marcadas con color azul claro en la imagen 41. Estas parcelas abarcan desde la corrida 2 hasta la corrida 26, entre los rangos 1 y 4. El conjunto completo de datos recolectados para esta ubicación se puede consultar en el Anexo 2 en la página 113. En la tabla 6 presentada a continuación se muestran los valores obtenidos a partir del análisis de 100 parcelas evaluadas en esta localidad.

Tabla 6 – Resultados conteo de canola en Rivers

Ubicación		Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2	Efectividad	Distancia entre plantas obtenida (cm)
Rivers	Valor Esperado	48	105	100%	3.1
	Promedio	28.95	64.3	61.27%	5.22
	Valor Mínimo	18.9	41.99	40.00%	7.81
	Valor Máximo	38.58	85.74	81.66%	3.83

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Conteo canola parcelas de Oakburn

Imagen 42 – Mapa Parcelas de Oakburn

Ra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	12, 1	12, 2	12, 3	12, 4	12, 5	12, 6	12, 7	12, 8	12, 9	12, 10	12, 11	12, 12	12, 13	12, 14	12, 15	12, 16	12, 17
11	11, 1	11, 2	11, 3	11, 4	11, 5	11, 6	11, 7	11, 8	11, 9	11, 10	11, 11	11, 12	11, 13	11, 14	11, 15	11, 16	11, 17
10	10, 1	10, 2	10, 3	10, 4	10, 5	10, 6	10, 7	10, 8	10, 9	10, 10	10, 11	10, 12	10, 13	10, 14	10, 15	10, 16	10, 17
9	9, 1	9, 2	9, 3	9, 4	9, 5	9, 6	9, 7	9, 8	9, 9	9, 10	9, 11	9, 12	9, 13	9, 14	9, 15	9, 16	9, 17
8	8, 1	8, 2	8, 3	8, 4	8, 5	8, 6	8, 7	8, 8	8, 9	8, 10	8, 11	8, 12	8, 13	8, 14	8, 15	8, 16	8, 17
7	7, 1	7, 2	7, 3	7, 4	7, 5	7, 6	7, 7	7, 8	7, 9	7, 10	7, 11	7, 12	7, 13	7, 14	7, 15	7, 16	7, 17
6	6, 1	6, 2	6, 3	6, 4	6, 5	6, 6	6, 7	6, 8	6, 9	6, 10	6, 11	6, 12	6, 13	6, 14	6, 15	6, 16	6, 17
5	5, 1	5, 2	5, 3	5, 4	5, 5	5, 6	5, 7	5, 8	5, 9	5, 10	5, 11	5, 12	5, 13	5, 14	5, 15	5, 16	5, 17
4	4, 1	4, 2	4, 3	4, 4	4, 5	4, 6	4, 7	4, 8	4, 9	4, 10	4, 11	4, 12	4, 13	4, 14	4, 15	4, 16	4, 17
3	3, 1	3, 2	3, 3	3, 4	3, 5	3, 6	3, 7	3, 8	3, 9	3, 10	3, 11	3, 12	3, 13	3, 14	3, 15	3, 16	3, 17
2	2, 1	2, 2	2, 3	2, 4	2, 5	2, 6	2, 7	2, 8	2, 9	2, 10	2, 11	2, 12	2, 13	2, 14			
1	1, 1	1, 2	1, 3	1, 4	1, 5	1, 6	1, 7	1, 8	1, 9	1, 10	1, 11	1, 12	1, 13	1, 15			

Fuente: BASF Agricultural Solutions Canada, Edwin Pensaert, Líder de Avance de Productos de Excelencia Agronómica

Los datos analizados para la ubicación de Oakburn corresponden a las parcelas que aparecen marcadas con color azul claro en la imagen 42. Estas parcelas se encuentran distribuidas en las siguientes posiciones:

- Corrida 7 a 16 en el rango 5
- Corrida 2 a 16 en el rango 6
- Corrida 3 a 15 en el rango 7
- Corrida 4 a 15 en el rango 8
- Corrida 3 a 15 en el rango 9
- Corrida 3 a 14 en el rango 10
- Corrida 3 a 15 en el rango 11
- Corrida 3 a 14 en el rango 12

El conjunto completo de datos recolectados para esta ubicación se puede consultar en el Anexo 3 de la página 115. En la tabla 7 presentada a continuación se muestran los valores obtenidos a partir del análisis de 100 parcelas evaluadas en esta localidad.

Tabla 7 – Resultados conteo de canola en Oakburn

Ubicación		Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2	Efectividad	Distancia entre plantas obtenida (cm)
Oakburn	Valor Esperado	48	105	100%	3.1
	Promedio	25.61	56.9	54.20%	6.04
	Valor Mínimo	14.27	31.71	30.20%	10.34
	Valor Máximo	37.65	83.66	79.68%	3.92

Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Cuento canola parcelas de Carberry

Imagen 43 – Mapa parcelas de Carberry

RaNum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	8,10	8,11	8,12	8,13	8,14	8,15	8,16	8,17	8,18	8,19	8,20	8,21	8,22	8,23	8,24	8,25	8,26	8,27	4,28	4,29	4,30
7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	7,10	7,11	7,12	7,13	7,14	7,15	7,16	7,17	7,18	7,19	7,20	7,21	7,22	7,23	7,24	7,25	7,26	7,27	3,28	3,29	3,30
6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,10	6,11	6,12	6,13	6,14	6,15	6,16	6,17	6,18	6,19	6,20	6,21	6,22	6,23	6,24	6,25	6,26	6,27	2,28	2,29	2,30
5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,10	5,11	5,12	5,13	5,14	5,15	5,16	5,17	5,18	5,19	5,20	5,21	5,22	5,23	5,24	5,25	5,26	5,27	1,28	1,29	1,30
4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16	4,17	4,18	4,19	4,20	4,21	4,22	4,23	4,24	4,25	4,26	4,27	4,28	4,29	4,30
3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,10	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,16	3,17	3,18	3,19	3,20	3,21	3,22	3,23	3,24	3,25	3,26	3,27	3,28	4,30	4,31
2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27	2,28	4,31	4,32
1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	4,32	4,33

Fuente: BASF Agricultural Solutions Canada, Edwin Pensaert, Líder de Avance de Productos de Excelencia Agronómica

Los datos analizados para la ubicación de Carberry corresponden a las parcelas que aparecen marcadas con color azul claro en la imagen 43. Estas parcelas van desde la corrida 3 hasta la corrida 27, entre los rangos 1 y 4. El conjunto completo de datos recolectados para esta ubicación se puede consultar en el Anexo 4, en la página 118. En la tabla 8 que se puede observar a continuación se muestran los valores obtenidos a partir del análisis de 100 parcelas evaluadas en esta localidad.

Tabla 8 – Resultados conteo de canola en Carberry

Ubicación		Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2	Efectividad	Distancia entre plantas obtenida (cm)
Carberry	Valor Esperado	48	105	100%	3.1
	Promedio	28.51	63.4	60.34%	5.34
	Valor Mínimo	15.01	33.36	31.77%	9.83
	Valor Máximo	41.09	91.32	86.97%	3.59

Fuente: Elaboración propia

5.1.5. Conteo canola parcelas de Boissevain

Imagen 44 – Mapa parcelas de Boissevain

RaNum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
10	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	10,10	10,11	10,12	10,13	10,14	10,15	10,16	10,17	10,18	10,19	10,20	10,21	10,22	10,23	10,24	10,25	10,26	10,27
9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	9,10	9,11	9,12	9,13	9,14	9,15	9,16	9,17	9,18	9,19	9,20	9,21	9,22	9,23	9,24	9,25	9,26	9,27
8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	8,10	8,11	8,12	8,13	8,14	8,15	8,16	8,17	8,18	8,19	8,20	8,21	8,22	8,23	8,24	8,25	8,26	8,27
7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	7,10	7,11	7,12	7,13	7,14	7,15	7,16	7,17	7,18	7,19	7,20	7,21	7,22	7,23	7,24	7,25	7,26	7,27
6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,10	6,11	6,12	6,13	6,14	6,15	6,16	6,17	6,18	6,19	6,20	6,21	6,22	6,23	6,24	6,25	6,26	6,27
5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,10	5,11	5,12	5,13	5,14	5,15	5,16	5,17	5,18	5,19	5,20	5,21	5,22	5,23	5,24	5,25	5,26	5,27
4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16	4,17	4,18	4,19	4,20	4,21	4,22	4,23	4,24	4,25	4,26	4,27
3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,10	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,16	3,17	3,18	3,19	3,20	3,21	3,22	3,23	3,24	3,25	3,26	3,27
2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27
1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27

Fuente: BASF Agricultural Solutions Canada, Edwin Pensaert, Líder de Avance de Productos de Excelencia Agronómica

Los datos analizados para la ubicación de Boissevain corresponden a las parcelas que aparecen marcadas con color azul claro en la Imagen 44. Estas parcelas abarcan desde la corrida 2 hasta la corrida 26, entre los rangos 3 y 6. El conjunto completo de datos recolectados para esta ubicación se puede consultar en el Anexo 5, en la página 121. En la tabla 9 presentada a continuación se muestran los valores obtenidos a partir del análisis de 100 parcelas evaluadas en esta localidad.

Tabla 9 – Resultados conteo de canola en Boissevain

Ubicación		Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m ²	Efectividad	Distancia entre plantas obtenida (cm)
Boissevain	Valor Esperado	48	105	100%	3.1
	Promedio	30.93	68.7	65.47%	4.92
	Valor Mínimo	18.21	40.46	38.54%	8.11
	Valor Máximo	41.83	92.96	88.53%	3.53

Fuente: Elaboración propia

5.1.6. Conteo canola parcelas de Gainsborough

Imagen 45 – Mapa parcelas de Gainsborough

RaNum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	9,10	9,11	9,12	9,13	9,14	9,15	9,16	9,17	9,18	9,19	9,20
8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	8,10	8,11	8,12	8,13	8,14	8,15	8,16	8,17	8,18	8,19	8,20
7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	7,10	7,11	7,12	7,13	7,14	7,15	7,16	7,17	7,18	7,19	7,20
6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,10	6,11	6,12	6,13	6,14	6,15	6,16	6,17	6,18	6,19	6,20
5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,10	5,11	5,12	5,13	5,14	5,15	5,16	5,17	5,18	5,19	5,20
4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16	4,17	4,18	4,19	4,20
3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,10	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,16	3,17	3,18	3,19	3,20
2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20
1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20

Fuente: BASF Agricultural Solutions Canada, Edwin Pensaert, Líder de Avance de Productos de Excelencia Agronómica

Los datos analizados para la ubicación de Gainsborough corresponden a las parcelas que aparecen marcadas con color azul claro de la imagen 45. Estas parcelas se encuentran distribuidas en las siguientes posiciones:

- Corrida 7 a 19 en el rango 2
- Corrida 7 a 18 en el rango 3
- Corrida 7 a 19 en el rango 4
- Corrida 7 a 18 en el rango 5
- Corrida 7 a 19 en el rango 6
- Corrida 7 a 18 en el rango 7
- Corrida 7 a 19 en el rango 8
- Corrida 7 a 18 en el rango 9

El conjunto completo de datos recolectados para esta ubicación se puede consultar en el Anexo 6, en la página 123. En la tabla 10 presentada a continuación se muestran los valores obtenidos a partir del análisis de 100 parcelas evaluadas en esta localidad.

Tabla 10 – Resultados conteo de canola en Gainsborough

Ubicación		Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2	Efectividad	Distancia entre plantas obtenida (cm)
Gainsborough	Valor Esperado	48	105	100%	3.1
	Promedio	27.37	60.8	57.93%	5.57
	Valor Mínimo	14.67	32.6	31.05%	10.06
	Valor Máximo	40.91	90.9	86.57%	3.61

Fuente: Elaboración propia

5.1.7. Análisis conteo de Canola sobre las 6 ubicaciones

Después de realizar los conteos de plantas emergidas en las seis ubicaciones evaluadas de Oak River, Rivers, Oakburn, Carberry, Boissevain y Gainsborough, es posible analizar el comportamiento general del establecimiento del cultivo de canola. Para facilitar la interpretación de la información obtenida, se podrán observar a continuación las tablas y gráficas que resumen los valores obtenidos durante el proceso de conteo.

Tabla 11 – Tabla general conteo de resultados de canola

Ubicación		Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2	Efectividad	Distancia entre plantas obtenida (cm)
Oak River	Promedio	21.6	48.0	45.74%	7.17
	Valor Mínimo	12.06	26.79	25.52%	12.24
	Valor Máximo	37.89	84.21	80.20%	3.9
Rivers	Promedio	28.95	64.3	61.27%	5.22
	Valor Mínimo	18.9	41.99	40.00%	7.81
	Valor Máximo	38.58	85.74	81.66%	3.83
Oakburn	Promedio	25.61	56.9	54.20%	6.04
	Valor Mínimo	14.27	31.71	30.20%	10.34
	Valor Máximo	37.65	83.66	79.68%	3.92
Carberry	Valor Esperado	28.51	63.4	60.34%	5.34
	Promedio	15.01	33.36	31.77%	9.83
	Valor Mínimo	41.09	91.32	86.97%	3.59
Boissevain	Valor Esperado	30.93	68.7	65.47%	4.92
	Promedio	18.21	40.46	38.54%	8.11
	Valor Mínimo	41.83	92.96	88.53%	3.53

Gainsborough	Promedio	27.37	60.8	57.93%	5.57
	Valor Mínimo	14.67	32.6	31.05%	10.06
	Valor Máximo	40.91	90.9	86.57%	3.61

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11 es una tabla general que resume los valores de promedio, mínimo y máximo registrados en cada una de las ubicaciones. En esta tabla se incluyen cuatro variables principales las cuales son: el conteo de plantas por cuadro, plantas por metro cuadrado, el porcentaje de efectividad y la distancia promedio entre plantas. Estos valores permiten comparar el comportamiento del cultivo entre las distintas localidades donde se establecieron las parcelas experimentales.

Al revisar los promedios por ubicación, se puede notar que Boissevain presentó el mejor resultado general del estudio, con un promedio de 30.93 plantas por cuadro, equivalente a 68.7 plantas por metro cuadrado, una efectividad de 65.47% y una distancia entre plantas de 4.92 cm. Estos resultados indican que fue la localidad que más se acercó al objetivo de siembra y la que logró el mejor establecimiento del cultivo entre las seis ubicaciones evaluadas.

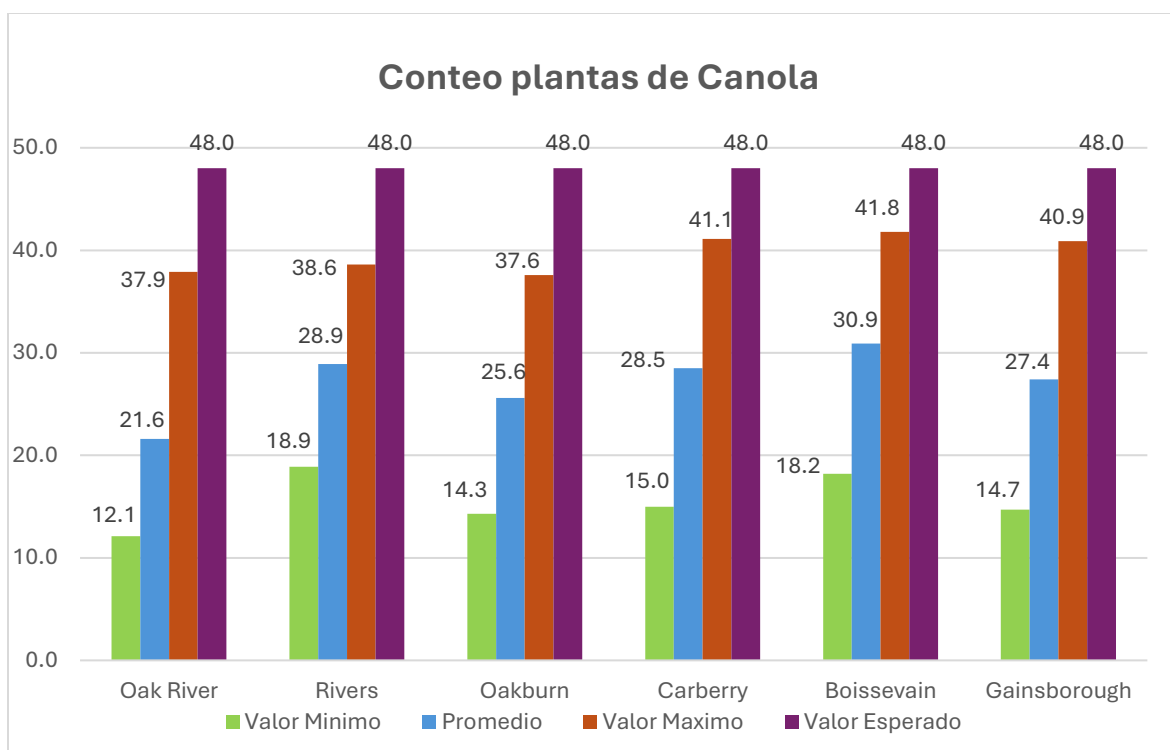
El segundo mejor comportamiento se observó en Rivers, con 64.3 plantas por metro cuadrado, una efectividad de 61.27% y una distancia promedio entre plantas de 5.22 cm. Muy cerca de este valor se encuentra Carberry, con 63.4 plantas por metro cuadrado y una efectividad de 60.34%. Estos resultados muestran que estas dos ubicaciones también tuvieron un establecimiento relativamente favorable en comparación con el resto del ensayo.

En un nivel intermedio se encuentran Gainsborough, con 60.8 plantas por metro cuadrado y una efectividad de 57.93%, y Oakburn, con 56.9 plantas por metro cuadrado y una efectividad de 54.20 %. Aunque estas ubicaciones no alcanzaron los mejores resultados del experimento, tampoco se ubicaron entre los valores más bajos.

La localidad con el establecimiento más bajo fue Oak River, con un promedio de solo 48.0 plantas por metro cuadrado, una efectividad de 45.74 % y una distancia entre plantas de 7.17 cm, la más alta entre todas las ubicaciones. Esto muestra que Oak River fue el sitio donde la distribución final de plantas quedó más alejada del objetivo esperado.

También es importante observar los valores mínimos y máximos, ya que permiten entender la variabilidad dentro de cada ubicación. Por ejemplo, en Oak River el valor mínimo fue de 26.79 plantas por metro cuadrado, mientras que el valor máximo llegó a 84.21 plantas por metro cuadrado. En Boissevain, los valores oscilaron entre 40.46 y 92.96 plantas por metro cuadrado, mostrando que incluso en la ubicación con mejor promedio seguía existiendo una variación importante entre parcelas.

Gráfica 1 – Conteo plantas de Canola



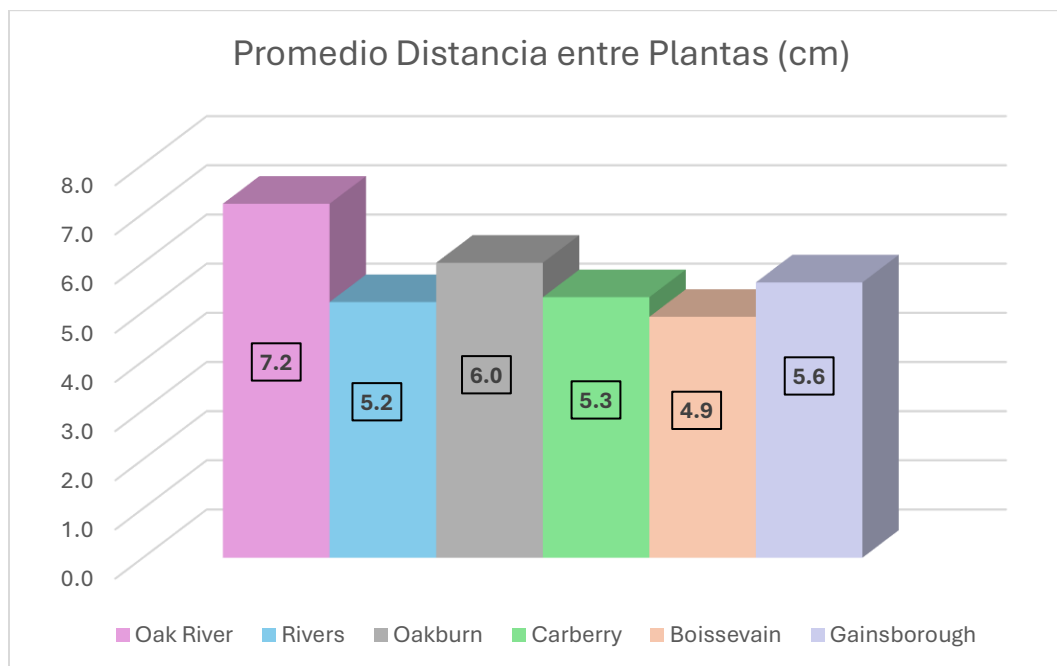
Fuente: Elaboración propia

La gráfica 1 permite comparar los valores mínimos, promedio y máximos del conteo de plantas por cuadro para cada ubicación. Esta comparación deja ver con claridad que Boissevain, Rivers y Carberry fueron las localidades con mejor comportamiento promedio, mientras que Oak River fue la más baja.

La gráfica también muestra que las diferencias entre valores mínimos y máximos dentro de una misma ubicación son amplias. Esto indica que, aun dentro del mismo sitio, hubo parcelas con muy buen establecimiento y otras con un comportamiento mucho más débil. En otras palabras,

además de existir diferencias entre localidades, también hubo variación interna dentro de cada una de ellas.

Gráfica 2 – Promedio distancia entre plantas



Fuente: Elaboración propia

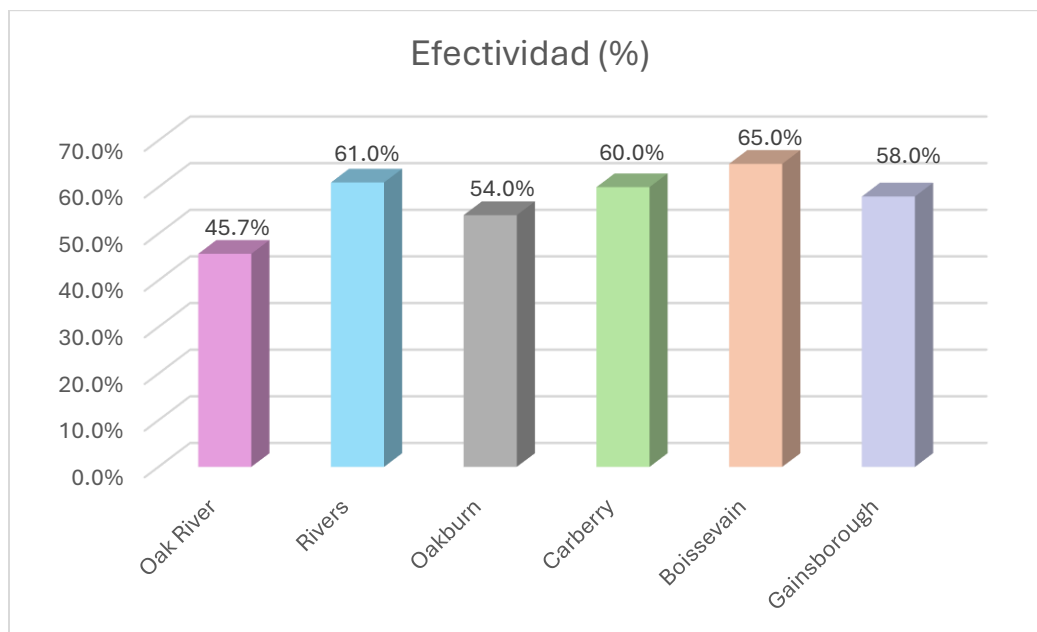
La gráfica 2 muestra la distancia promedio obtenida entre plantas en cada ubicación. Este dato es muy importante porque está directamente relacionado con la densidad final del cultivo. Mientras más grande sea la distancia entre plantas, menor será la población final por metro cuadrado.

En este caso, la ubicación con la menor distancia promedio fue Boissevain, con 4.9 cm, seguida por Rivers con 5.2 cm y Carberry con 5.3 cm. Estas tres localidades coinciden con las mejores poblaciones finales del ensayo. Por el contrario, Oak River presentó la mayor distancia promedio, con 7.2 cm, lo cual coincide también con la menor cantidad de plantas emergidas por metro cuadrado.

Esta relación confirma que, a medida que aumenta la distancia real entre plantas, la población final disminuye. En otras palabras, una parte importante de la reducción en el número

de plantas establecidas puede explicarse por el hecho de que la separación entre plantas terminó siendo mayor a la esperada.

Gráfica 3 – Efectividad



Fuente: Elaboración propia

La tercera gráfica muestra el porcentaje de efectividad obtenido en cada ubicación. Este indicador representa la relación entre las semillas sembradas y las plantas que realmente lograron emerger. Los valores más altos corresponden nuevamente a Boissevain, con 65.0 %, Rivers, con 61.0 %, y Carberry, con 60.0 %. En el extremo inferior aparece Oak River, con apenas 45.7 %. Esto significa que Oak River fue la localidad donde una menor proporción de semillas sembradas logró convertirse en plantas emergidas, mientras que Boissevain fue el sitio donde el establecimiento fue más eficiente.

La gráfica deja claro que, aunque hubo diferencias entre ubicaciones, ninguna logró acercarse al 100 % de efectividad. Esto sugiere que el proceso de establecimiento estuvo afectado por factores naturales adicionales al simple hecho de haber colocado la semilla en el suelo.

Tabla 12 – Promedio general de las seis ubicaciones

Ubicación		Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2	Efectividad	Distancia entre plantas obtenida (cm)
Valor Esperado		48	105	100%	3.1
Promedio de las 6 ubicaciones	Promedio general	27.16	60.36	57.49%	5.71
	Promedio Valor Mínimo	15.52	34.49	32.85%	9.73
	Promedio Valor Máximo	39.66	88.13	83.94%	3.73

Fuente: Elaboración propia

La tabla 12 muestra el promedio general obtenido al considerar en conjunto las seis ubicaciones evaluadas. También incluye el valor esperado establecido durante la siembra, el cual corresponde a 48 plantas por cuadro, 105 plantas por metro cuadrado, 100 % de efectividad y una distancia objetivo entre plantas de 3.1 cm. Cuando se comparan estos valores con el promedio general observado en campo, se encuentra un promedio de 27.16 plantas por cuadro, equivalente a 60.36 plantas por metro cuadrado, con una efectividad de 57.49 % y una distancia promedio entre plantas de 5.71 cm. Esto significa que, en términos generales, el cultivo se estableció bastante por debajo de la meta inicialmente propuesta durante la calibración del equipo.

Estos datos permiten concluir que el comportamiento observado en campo no fue un caso aislado de una sola ubicación, sino una tendencia general presente en todo el ensayo. Ninguna localidad alcanzó la población objetivo de 105 plantas por metro cuadrado, lo que sugiere que el proceso de establecimiento estuvo limitado por factores que afectaron de forma constante la emergencia final del cultivo.

Durante toda la temporada de siembra del 2025 se utilizaron cerca de 32,836,387 semillas individuales de canola. Pero como únicamente se permitió analizar 100 parcelas por ubicación, para un total de 600 parcelas, esto significa que solamente se están considerando 14,593,949 semillas. Teniendo en cuenta una efectividad promedio de 57.49% a lo largo de las 6 ubicaciones, esto significa que únicamente sobrevivieron 8,390,061 semillas. Lo clave de este análisis es intentar identificar por qué 6,203,887 no germinaron correctamente, y como se puede optimizar para que en el futuro no se pierdan tantas semillas, disminuyendo los gastos e incrementando las ganancias para los agricultores canadienses.

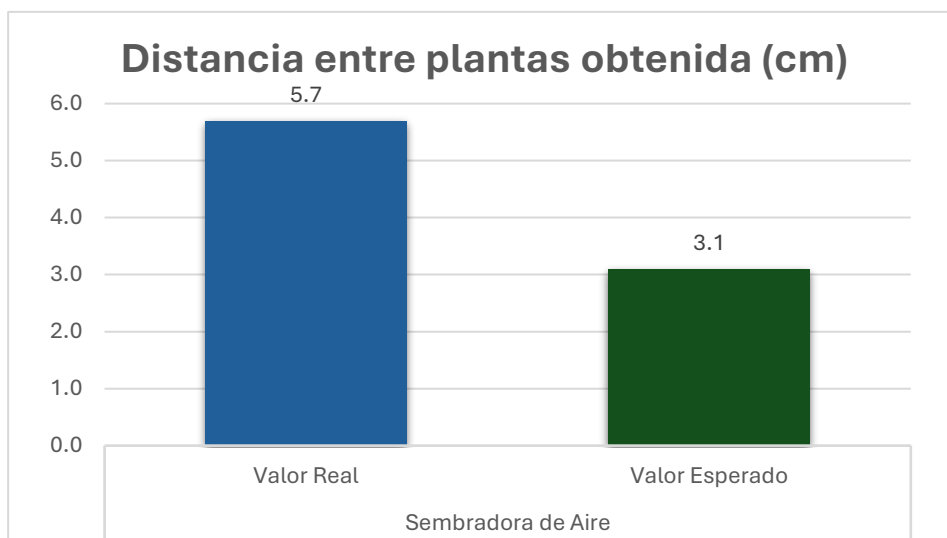
Gráfica 4 – Promedio de plantas por metro cuadrado



Fuente: Elaboración propia

La sexta gráfica compara la población objetivo de 105 plantas por metro cuadrado con el promedio real obtenido en campo, que fue de 60.4 plantas por metro cuadrado. Esta diferencia muestra que, en promedio, el cultivo logró establecer solo un poco más de la mitad de la población que se esperaba alcanzar. Esta gráfica es una de las más importantes del análisis, porque resume de manera directa el principal resultado del experimento: la población real obtenida en campo fue mucho menor que la población objetivo que fue configurada en el equipo de siembra.

Gráfica 5 – Promedio de distancia entre plantas obtenidas



Fuente: Elaboración propia

La gráfica 5 compara la distancia entre plantas esperada, que era de 3.1 cm, con la distancia promedio real obtenida en campo, que fue de 5.7 cm. Esta comparación ayuda a entender el mismo problema desde otro ángulo. Si la distancia real entre plantas fue mayor que la esperada, entonces era lógico que el número final de plantas por metro cuadrado fuera menor. Por eso, esta gráfica refuerza lo que ya se había visto en las anteriores y es que el cultivo terminó con una distribución menos uniforme y con una densidad más baja de la planeada.

Estos resultados permiten entender que el establecimiento final del cultivo depende de varios factores. Aunque el equipo de siembra tiene una influencia importante sobre la distribución de las semillas, también intervienen condiciones propias del campo, como la humedad del suelo, la calidad de la emergencia, el ambiente de cada ubicación y otros factores que afectan las primeras etapas de desarrollo de la planta.

Para poder determinar que el equipo utilizado tuvo un gran impacto en el sembrado, es importante comparar los resultados con un equipo de siembra distinto, como lo es la plantadora al vacío.

5.2. Medición de tamaño de semillas

Según lo observado en la sección 5.1, los resultados del conteo de plantas emergidas mostraron que el porcentaje de efectividad obtenido durante la siembra fue considerablemente menor al esperado. Este resultado genera la necesidad de analizar con mayor detalle cuáles factores pudieron haber influido en el desempeño del proceso de siembra. Aunque existen diferentes variables que pueden afectar el establecimiento del cultivo en campo, uno de los factores que se busca evaluar en este estudio es el comportamiento de la maquinaria utilizada durante el proceso de siembra.

Con el fin de verificar si el bajo porcentaje de efectividad observado podría estar relacionado con el funcionamiento del sistema de siembra, se decidió realizar pruebas adicionales utilizando un simulador estático de una plantadora al vacío. Este simulador permite analizar el comportamiento del sistema bajo condiciones más controladas, eliminando factores externos como irregularidades del terreno, humedad del suelo o condiciones climáticas que normalmente están presentes durante la siembra en campo.

Antes de realizar estas pruebas, fue necesario conocer con precisión el tamaño de cada uno de los materiales que serían utilizados en el simulador. El tamaño de la semilla es un factor importante dentro del proceso de siembra, ya que influye directamente en la forma en que la semilla interactúa con los discos de la plantadora y en la precisión con la que cada semilla es liberada por el sistema.

Para obtener esta información se realizaron dos métodos de medición. Inicialmente se procedió a medir el tamaño de las semillas utilizando un calibrador digital, lo que permitió obtener una primera aproximación del diámetro de cada material evaluado. También se utilizó el software ImageJ, el cual permitió analizar una cantidad mucho mayor de semillas a partir de imágenes escaneadas, obteniendo así una base de datos más representativa.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante cada uno de estos métodos de medición.

5.2.1. Medición con calibrador

La primera aproximación para conocer el tamaño de las semillas consistió en realizar mediciones utilizando un calibrador digital. Para este procedimiento se utilizó un calibrador Mastercraft con referencia GS0586800, el cual cuenta con una precisión de ± 0.02 mm, lo que permite obtener mediciones relativamente precisas del diámetro de objetos pequeños.

Durante esta etapa se procedió a medir manualmente el diámetro de cada uno de los materiales que serían evaluados posteriormente en el simulador de la plantadora al vacío. Los materiales medidos fueron maíz, canola, balines de cobre y canola cubierta con arcilla. Para cada tipo de material se realizaron 10 mediciones individuales, registrando cada uno de los valores obtenidos.

Los resultados de estas mediciones se presentan en la Tabla 13, donde se pueden observar los valores registrados para cada muestra, así como el promedio calculado para cada tipo de semilla.

Tabla 13 – Resultado medición con un calibrador

Semillas				
No.	Maíz (mm)	Canola (mm)	Balines de Cobre (mm)	Canola cubierta de Arcilla (mm)
1	7.03	2.23	4.29	2.14
2	7.12	2.05	4.36	2.24
3	7.52	1.92	4.32	2.27
4	7.01	1.75	4.3	2.20
5	7.02	1.95	4.35	2.14
6	7.21	1.86	4.34	2.13
7	6.08	1.98	4.36	2.35
8	7.44	1.94	4.26	2.26
9	5.42	2.03	4.15	2.16
10	6.66	2.05	4.34	2.29
Promedio	6.85	1.98	4.31	2.22

Fuente: Elaboración propia

A partir de estas mediciones se obtuvo un diámetro promedio de 6.85 mm para el maíz, 1.98 mm para la canola, 4.31 mm para los balines de cobre, y 2.22 mm para la canola cubierta con arcilla. En los anexos 7, 8, 9 y 10, ubicados desde la página 126 hasta la página 140 se pueden observar las imágenes que corresponden a cada una de las mediciones realizadas con el calibrador, donde se muestra directamente el valor obtenido durante cada medición.

Aunque este procedimiento permitió obtener una primera referencia del tamaño de cada material, durante el proceso se identificó una limitación importante. Realizar las mediciones de esta manera resulta demasiado tedioso y consume una gran cantidad de tiempo, ya que cada semilla debe ser colocada manualmente dentro del calibrador y medida de forma individual.

Además, el número de muestras analizadas fue relativamente pequeño. Diez mediciones por tipo de semilla no son suficientes para determinar con precisión un promedio representativo, especialmente considerando que ninguna semilla es exactamente igual a otra. Las semillas presentan formas irregulares y cierta asimetría natural, lo que significa que su diámetro puede variar ligeramente dependiendo de la orientación en la que se mida.

5.2.2. Medición por medio de ImageJ

Debido a las limitaciones observadas durante la medición manual con el calibrador, se decidió utilizar un método que permitiera analizar una cantidad mucho mayor de semillas en un menor tiempo. Para ello se utilizó el software ImageJ, una herramienta utilizada para medir dimensiones de objetos en imágenes digitales.

Con el fin de obtener imágenes claras de las semillas, se utilizó un escáner Canon CanoScan 9000F Mark II, configurado a una resolución de 1200 DPI. Esta resolución permite capturar 1200 puntos por pulgada, lo que produce imágenes con suficiente detalle para poder identificar con claridad los bordes de cada semilla.

Para cada tipo de material que fue evaluado, se realizaron tres escaneos independientes, obteniendo un total de doce imágenes utilizadas posteriormente para el análisis digital. El maíz contó con un análisis de 408 semillas individuales, la canola con una mayor cantidad, esta siendo de 1243 semillas, mientras que para el balín de cobre se utilizaron 380 datos, y 684 para la canola cubierta. El total de datos analizados fueron 2715, es decir, 2675 muestras más que con el calibrador digital.

La tabla 14 muestra un promedio de cada valor para cada semilla. Los valores individuales se pueden observar en los anexos 11, 12, 13 y 14 entre las páginas 140 hasta la página 192.

Tabla 14 – Resultado tamaño de semillas ImageJ

Semilla	Promedio área (mm²)	Promedio diámetro Feret (mm)
Maíz	46.763	6.941
Canola	3.665	2.064
Balín de Cobre	13.943	4.165
Canola Cubierta	4.187	2.187

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que el maíz presentó el mayor tamaño entre todos los materiales evaluados, con un diámetro promedio de 6.941 mm y un área promedio de 46.763 mm². Esto era

esperado, ya que las plantadoras al vacío fueron diseñadas originalmente para trabajar con semillas de maíz, las cuales tienen un tamaño considerablemente mayor que otros cultivos. La canola fue el tamaño más pequeño de todos los analizados con un diámetro promedio de 2.064 mm y un área promedio de 3.665 mm^2 . Este resultado confirma que en efecto una de las principales dificultades al momento de sembrar canola utilizando un sistema de plantación precisa es que el tamaño es tan pequeño que dificulta que la semilla se adhiera a los discos de la plantadora.

El balín de cobre presentó un diámetro promedio de 4.165 mm y un área promedio de 13.943 mm^2 . Este material fue utilizado como una referencia intermedia, ya que su forma es casi completamente esférica y su tamaño es mayor que el de la canola convencional, pero menor que el del maíz. Finalmente, la canola cubierta presentó un diámetro promedio de 2.187 mm y un área promedio de 4.187 mm^2 . Aunque este tamaño sigue siendo considerablemente menor que el del maíz, se puede observar que el recubrimiento de la semilla permitió aumentar sus dimensiones en comparación con la canola convencional.

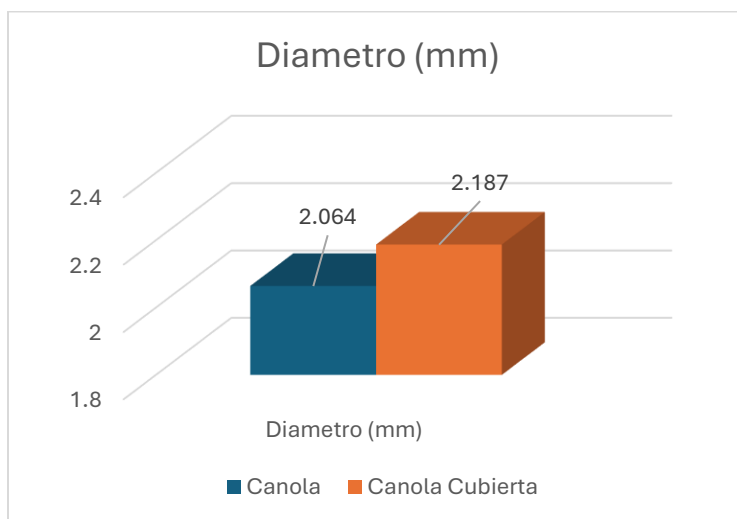
Tabla 15 – Canola vs Canola Cubierta

Canola vs. Canola Cubierta		
	Diámetro (mm)	Area (mm²)
Canola	2.064	3.665
Canola Cubierta	2.187	4.187
Incremento	0.123	0.522
Diferencia	5.96%	14.24%

Fuente: Elaboración propia

La tabla 15 permite observar de manera directa la diferencia de tamaños entre la canola convencional, y la canola cubierta. Los resultados muestran que el diámetro promedio pasó de 2.064 mm a 2.187 mm, un incremento del 5.96%. Al analizar el área promedio, el incremento es aún más evidente. La canola convencional presentó un área promedio de 3.665 mm^2 , mientras que la canola cubierta alcanzó 4.187 mm^2 , lo que representa un aumento de 0.522 mm^2 , equivalente a un 14.24 %.

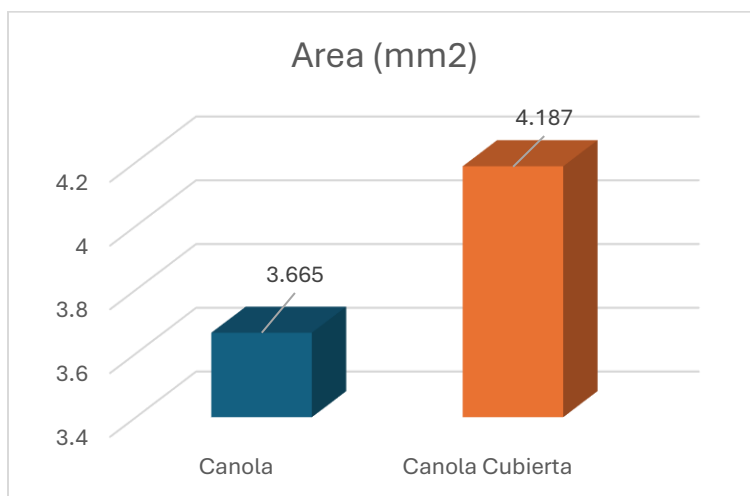
Gráfica 6 – Canola vs Canola Cubierta (mm)



Fuente: Elaboración propia

La gráfica 6 gráfica permite visualizar de manera más clara la diferencia de diámetro entre la canola convencional y la canola cubierta. Aunque la diferencia absoluta puede parecer pequeña, el incremento de 0.123 mm representa un cambio importante cuando se trabaja con semillas de tamaño reducido. En sistemas de siembra de precisión, incluso pequeñas variaciones en el tamaño de la semilla pueden influir en la capacidad del disco para capturar una sola semilla en cada orificio. La gráfica también muestra que el recubrimiento logra aumentar el tamaño de la semilla sin alterar significativamente su forma general.

Gráfica 7 – Canola vs Canola Cubierta (mm²)

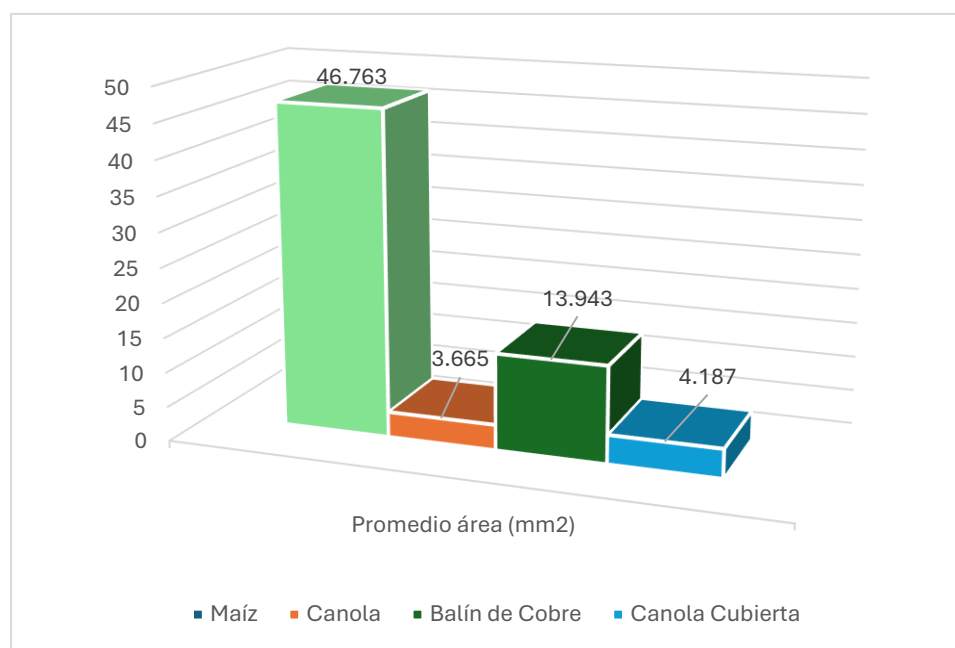


Fuente: Elaboración propia

Por último, la gráfica 7 muestra la comparación del área promedio entre la canola convencional y la canola cubierta. A diferencia del diámetro, el aumento en el área resulta más evidente. El incremento del 14.24% en el área indica que el recubrimiento genera una semilla más grande y con mayor superficie de contacto. Este aumento puede favorecer la estabilidad de la semilla dentro del sistema de siembra, ya que una mayor superficie puede facilitar su captura por parte del disco de la plantadora.

Desde el punto de vista del diseño de la maquinaria, este resultado es relevante, ya que sugiere que pequeñas modificaciones en el tamaño de la semilla pueden contribuir a mejorar el desempeño del sistema.

Gráfica 8 – Promedio área (mm²) ImageJ

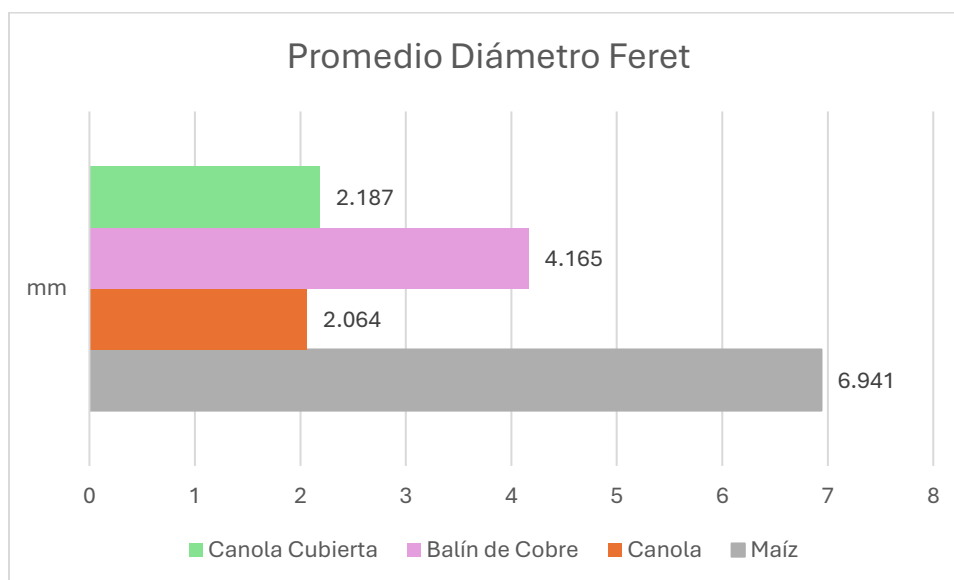


Fuente: Elaboración propia

Esta gráfica permite comparar el área promedio de todos los materiales evaluados: maíz, canola convencional, balín de cobre y canola cubierta. Los resultados muestran una diferencia muy marcada entre el tamaño del maíz y el resto de los materiales. El maíz presenta un área promedio de 46.763 mm², lo que lo convierte en el material más grande del estudio.

En segundo lugar se encuentra el balín de cobre, con 13.943 mm^2 , seguido por la canola cubierta con 4.187 mm^2 , y finalmente la canola convencional con 3.665 mm^2 . La gráfica 8 permite visualizar claramente que la canola es considerablemente más pequeña que el maíz, lo cual refuerza el argumento de que las plantadoras diseñadas originalmente para maíz pueden tener dificultades para trabajar con semillas tan pequeñas como la canola.

Grafica 9 – Promedio diámetro Feret ImageJ



Fuente: Elaboración propia

Con la gráfica 9 se puede observar el diámetro promedio para todos los materiales evaluados. Al igual que en la gráfica 8, el maíz presenta el mayor valor, seguido por el balín de cobre, mientras que la canola convencional y la canola cubierta presentan los valores más bajos. Este resultado confirma nuevamente que existe una diferencia considerable entre el tamaño de la semilla para la cual fue diseñada la maquinaria y el tamaño real de la canola. La gráfica también permite observar que el recubrimiento de la semilla genera un incremento medible en el diámetro de la canola, acercándola ligeramente hacia dimensiones más favorables para el funcionamiento de la plantadora.

Tabla 16 – Calibrador vs ImageJ

Semilla	Promedio Calibrador (mm)	Promedio ImageJ (mm)	Diferencia
Maíz	6.85	6.941	1.33%
Canola	1.98	2.064	4.24%
Balín de Cobre	4.31	4.165	3.36%
Canola Cubierta	2.22	2.187	1.49%

Fuente: Elaboración propia

La tabla 16 compara los resultados obtenidos con el calibrador digital con los obtenidos mediante el software ImageJ. Los márgenes de error registrados se encuentran entre 1.33% y 4.24%, lo que indica que ambos métodos producen resultados bastante similares. Sin embargo, el análisis mediante ImageJ presenta una ventaja importante ya que se permitió analizar 2715 semillas individuales, mientras que el calibrador solo permitió analizar 10 muestras por material. Esto significa que el método digital ofrece una base de datos mucho más amplia y representativa del tamaño real de las semillas.

5.3. Simulador estático plantadora

Las pruebas en el simulador se hicieron variando principalmente tres factores: la velocidad de trabajo, la presión de vacío y el tipo de semilla. La idea era ver cómo estos cambios afectan directamente la forma en que la plantadora distribuye las semillas, especialmente en términos de uniformidad.

Para evaluar esto se utilizaron indicadores como el porcentaje de efectividad, semillas saltadas, semillas múltiples y el coeficiente de variación (CV), el cual permite entender qué tan consistente es el espaciamiento entre semillas. Según lo que sugiere el fabricante John Deere, los valores de CV deben de estar entre 0.10 y 0.30 para que se indique un buen desempeño del sistema.

A continuación se describen las variables utilizadas en las tablas de resultados:

- **Semilla:** Tipo de material evaluado en la plantadora, ya sea maíz, canola, canola cubierta o balín de cobre.

- **Población:** Cantidad de semillas capaz de ser sembrado por unidad de área, expresado en semillas por hectárea.
- **Espacio promedio:** Distancia promedio entre semillas sembradas, expresada en centímetros.
- **Semillas contadas:** Número de semillas detectadas por el sensor infrarrojo del simulador durante la prueba.
- **Porcentaje de efectividad:** Porcentaje de semillas sembradas correctamente, es decir, aquellas que no fueron omitidas ni salieron dobles.
- **Semillas saltadas:** Cantidad de semillas que no fueron detectadas en el momento esperado, lo que indica que no fueron sembradas en la posición correspondiente. Esto generalmente ocurre cuando la semilla no es succionada correctamente por el disco.
- **Semillas múltiples:** Cuando se depositan dos o más semillas en un mismo punto, cuando debería sembrarse solo una. Esto suele ocurrir cuando más de una semilla es retenida en un mismo orificio del disco.
- **Relación de porcentajes:** La suma del porcentaje de efectividad, semillas saltadas y semillas múltiples debe ser igual a 100%.
- **CV (Coeficiente de variación):** Indicador de la uniformidad del espaciamiento entre semillas.

5.3.1. Maíz configuración estándar

Para la primera prueba con el maíz, se realizó un total de 10 ciclos siguiendo las configuraciones recomendadas por el fabricante John Deere. Se utilizó un disco con capacidad para 40 semillas por ciclo con un radio de 25.5 cm como se puede observar en la imagen 46:

Imagen 46 – Disco plantadora de maíz



Fuente: Elaboración propia

Los ciclos de pruebas fueron hechos siguiendo las configuraciones recomendadas por el fabricante John Deere, como se puede ver a continuación:

- Distancia recorrida: 357 metros
- Espacio entre filas: 76.20 cm
- Velocidad: 8 km/h
- Presión de vacío: 360 mm de H₂O
- Población: 82,800 semillas por hectárea
- Espacio entre cada semilla: 16.1 cm
- Conteo de semillas: 2,250

Tabla 17 – Resultados plantadora Maíz configuración estándar

Semilla	No.	Población (semillas/ha)	Espacio promedio (cm)	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Maíz	1	82,200	15.9	2,238	98.4%	0.8%	20	0.8%	18	0.12
	2	82,600	15.8	2,249	98.9%	0.3%	7	0.8%	18	0.11
	3	82,300	15.9	2,240	98.5%	0.7%	17	0.8%	19	0.13
	4	82,400	15.9	2,243	95.8%	0.6%	15	0.9%	21	0.13
	5	82,500	15.8	2,246	98.4%	0.6%	15	1.0%	24	0.13
	6	82,500	15.8	2,246	98.8%	0.4%	10	0.8%	20	0.12
	7	82,300	15.9	2,239	98.5%	0.7%	17	0.8%	20	0.13

	8	82,200	15.9	2,237	98.2%	0.9%	21	0.9%	21	0.13
	9	82,100	15.9	2,234	99.2%	0.5%	12	0.3%	8	0.10
	10	82,100	15.9	2,234	98.5%	0.7%	16	0.8%	19	0.12
	Promedio	82,320	15.87	2,241	98.32%	0.62%	15	0.79%	19	0.12

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran un porcentaje de efectividad promedio de 98.32% y un coeficiente de variación de 0.12. Esto indica que la plantadora trabaja de forma muy precisa bajo estas condiciones. El espaciamiento promedio fue de 15.87 cm, muy cercano al objetivo de 16.1 cm, lo que demuestra que el sistema logra mantener una distribución bastante uniforme. En este caso, tanto el bajo número de fallas como el CV dentro del rango óptimo confirman que el equipo funciona correctamente cuando se usa este tipo de semilla y configuración para la que fue diseñado.

5.3.2. Maíz bajo configuración Canola

El siguiente ensayo se realizará nuevamente con maíz, pero utilizando las configuraciones propias de la canola. Se trabajará inicialmente con la velocidad de siembra más baja, de 2 km/h, y después de cada 10 pruebas, su velocidad será incrementada en intervalos de 0.5 km/h para así poder identificar el punto en el que la velocidad comienza a afectar de manera significativa el proceso de siembra.

- Distancia recorrida: 70 metros
- Espacio entre filas: 61.00 cm
- Velocidad: 2.0 – 4.0 km/h
- Presión de vacío: 360 mm de H₂O
- Población: 525,000 semillas por hectárea
- Espacio entre cada semilla: 3.1 cm
- Conteo de semillas: 2,250

La tabla 18 representa el promedio obtenido a partir de 40 pruebas individuales, correspondientes a 10 ensayos por cada velocidad evaluada, siendo estas 2.0 km/h, 2.5 km/h, 3.0 km/h y 4.0 km/h. Los resultados completos pueden consultarse en los Anexos 15, 16, 17 y 18, entre las páginas 192 y 202. A continuación, se muestra el resumen promedio de los datos.

Tabla 18 – Plantadora Maíz bajo configuración de Canola

Semilla	Km/h	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Maiz	2.0	520,000	3.1	2,223	98.70%	0.69%	17	0.61%	15	0.15
	2.5	514,700	3.1	2,198	96.02%	2.36%	53	1.62%	37	0.26
	3.0	507,300	3.2	2,168	87.93%	7.14%	156	4.93%	108	0.39
	4.0	489,600	3.3	2,092	66.48%	19.54%	409	13.98%	293	0.58

Fuente: Elaboración propia

Debido a que la semilla de canola es mucho más pequeña que la del maíz, la plantadora debe configurarse para trabajar con una mayor densidad de siembra, incrementando la población de 82,800 semillas por hectárea a 525,000. A una velocidad de 2 km/h, la plantadora logra operar con semilla de maíz bajo condiciones de siembra de canola sin perder precisión, manteniendo un coeficiente de variación cercano a 0.15. Esto muestra que, a bajas velocidades, el sistema todavía es capaz de adaptarse y mantener una distribución uniforme.

Al aumentar la velocidad a 2.5 km/h, los resultados siguen siendo estables. El porcentaje de efectividad se mantiene alto y el espaciamiento promedio se conserva en 3.1 cm, el cual viene siendo el valor objetivo. Aunque se presenta un ligero aumento en semillas saltadas y múltiples, estos valores no son lo suficientemente altos como para generar un problema. Sin embargo, el coeficiente de variación comienza a acercarse al límite de 0.30, lo que indica que el sistema empieza a perder consistencia.

Cuando la velocidad alcanza los 3.0 km/h, el comportamiento cambia de forma clara. Aunque el porcentaje de efectividad sigue siendo relativamente alto, el coeficiente de variación supera el límite aceptable, lo que indica que la distribución deja de ser uniforme. En este punto, el problema no es solo la cantidad de fallas visibles, sino la variabilidad en el espaciamiento entre semillas, lo que afecta directamente la calidad del sembrado.

A 4.0 km/h los resultados se vuelven inaceptables. El porcentaje de efectividad cae hasta 66.48%, mostrando una disminución importante frente a la velocidad anterior. Además, las semillas saltadas y múltiples aumentan de forma considerable, con valores de 409 y 293

respectivamente. El coeficiente de variación alcanza 0.58, superando ampliamente el límite recomendado.

Estos resultados muestran que, aunque la plantadora puede adaptarse a condiciones de siembra de canola utilizando semilla de maíz a bajas velocidades, su desempeño se deteriora rápidamente al aumentar la velocidad. El sistema pierde uniformidad y precisión, lo que hace que no sea recomendable utilizar semillas de gran tamaño bajo configuraciones de alta densidad. En estas condiciones, una sembradora convencional resulta más adecuada para garantizar una distribución uniforme.

5.3.3. Canola con configuraciones variables

A diferencia del maíz, trabajar con canola resulta más complejo, principalmente porque no existen configuraciones preestablecidas claras para su uso en plantadoras. Para obtener información más precisa, me comuniqué directamente con el fabricante John Deere a través del concesionario Enns Brothers en la ciudad de Brandon. Al consultar sobre las configuraciones recomendadas para canola, no fue posible obtener un valor específico de presión de vacío. En el caso del maíz, sí se cuenta con una referencia clara de 360 mm de H₂O, la cual fue utilizada en los ensayos anteriores. Para la canola, la única recomendación recibida fue trabajar con la menor presión posible.

Teniendo esto en cuenta, se diseñaron una serie de ensayos variando tanto la velocidad de operación como la presión de vacío, con el objetivo de identificar el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones. Las pruebas se realizaron en un rango de presión entre 50 mm H₂O, correspondiente al valor mínimo del simulador, hasta 250 mm H₂O. De igual forma, se evaluaron velocidades desde 2.0 km/h hasta 5.0 km/h. La tabla de resultados se encuentra organizada en bloques, donde los primeros cinco ensayos corresponden a una velocidad de 2 km/h con variación de presión, seguido por el mismo procedimiento a 2.5 km/h, y así sucesivamente hasta alcanzar los 5 km/h.

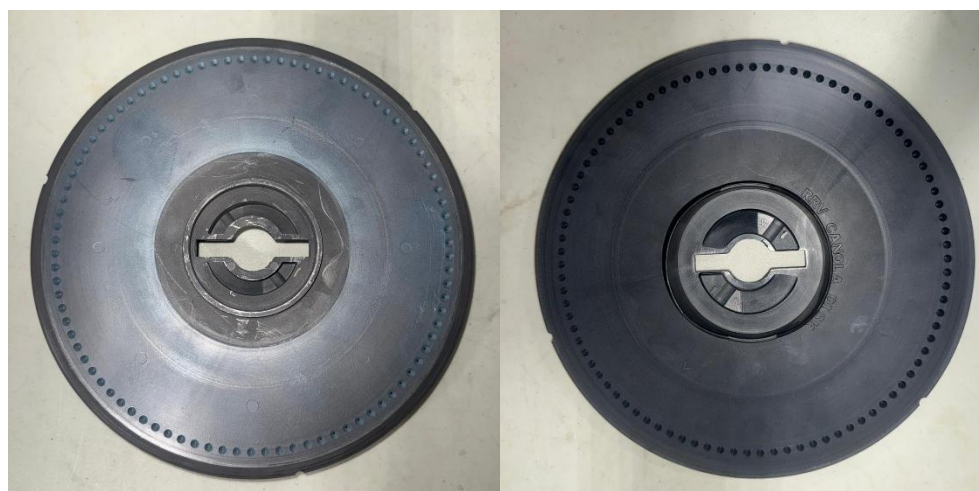
Las demás condiciones de operación se mantuvieron constantes durante todos los ensayos:

- Distancia recorrida: 70 metros
- Espacio entre filas: 61.00 cm

- Velocidad: 2.0 – 5.0 km/h
- Presión de vacío: 50 mm de H₂O – 250 mm de H₂O
- Población: 525,000 semillas por hectárea
- Espacio entre cada semilla: 3.1 cm
- Conteo de semillas: 2,250

Se debió de utilizar un disco diferente al del maíz debido al menor tamaño de la semilla de canola, como se puede observar en la imagen 47. Este disco tiene un diámetro de 25.6 cm (10.1 pulgadas) y cuenta con 90 orificios de 1.0 mm cada uno, lo que permite un mejor ajuste al tamaño de la semilla.

Imagen 47 – Disco plantadora de Canola



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 – Resultados plantadora con Canola

Semilla	No	Velocidad (km/h)	Presión (mmH ₂ O)	Población (semillas / ha)	Espacio (cm)	Semillas	% Efect.	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
								%	No.	%	No.	
Canola	1	2.00	50	525,000	3.1	2,241	95.3%	2.2%	50	2.5%	58	0.25
	2	2.00	100	525,000	3.1	2,242	95.7%	1.9%	43	2.4%	55	0.23
	3	2.00	150	526,000	3.1	2,248	83.5%	7.8%	176	8.7%	197	0.40
	4	2.00	200	546,000	3.0	2,333	77.7%	9.0%	211	13.3%	312	0.46
	5	2.00	250	545,000	3.0	2,328	80.0%	8.2%	192	11.8%	276	0.44
	6	2.50	50	520,000	3.1	2,222	95.4%	2.2%	51	2.4%	54	0.25
	7	2.50	100	538,000	3.0	2,296	91.8%	2.8%	66	5.4%	126	0.29
	8	2.50	150	530,000	3.0	2,265	76.3%	11.1%	253	12.6%	287	0.48

9	2.50	200	563,000	2.9	2,406	76.4%	8.1%	195	15.5%	374	0.48
10	2.50	250	540,000	3.0	2,307	82.0%	7.5%	175	10.5%	243	0.42
11	3.00	50	510,000	3.2	2,178	93.9%	4.1%	91	2.0%	44	0.29
12	3.00	100	545,000	3.0	2,330	81.7%	6.5%	152	11.8%	277	0.41
13	3.00	150	563,000	2.9	2,404	71.4%	9.9%	240	18.7%	450	0.52
14	3.00	200	567,000	2.8	2,423	72.5%	10.1%	246	17.4%	423	0.52
15	3.00	250	547,000	2.9	2,339	81.7%	7.0%	166	11.3%	265	0.42
16	3.50	50	484,000	3.3	2,069	87.2%	9.9%	205	2.9%	61	0.39
17	3.50	100	526,000	3.1	2,250	79.4%	9.8%	221	10.8%	244	0.45
18	3.50	150	563,000	2.9	2,408	67.4%	12.3%	298	20.3%	491	0.56
19	3.50	200	561,000	2.9	2,396	76.2%	8.3%	200	15.5%	372	0.49
20	3.50	250	547,000	2.9	2,336	80.4%	7.8%	183	11.8%	277	0.44
21	4.00	50	429,000	3.8	1,831	69.4%	24.8%	455	5.8%	107	0.57
22	4.00	100	542,000	3.0	2,314	71.0%	11.8%	273	17.2%	397	0.51
23	4.00	150	584,000	2.8	2,494	59.5%	14.7%	367	25.8%	644	0.59
24	4.00	200	555,000	2.9	2,372	76.5%	8.2%	195	15.3%	363	0.49
25	4.00	250	536,000	3.0	2,288	83.6%	6.3%	145	10.1%	233	0.40
26	4.50	50	557,000	2.9	2,377	71.3%	10.1%	242	18.6%	443	0.52
27	4.50	100	542,000	3.0	2,314	73.5%	11.3%	262	15.2%	354	0.52
28	4.50	150	575,000	2.8	2,457	55.7%	16.3%	401	28.0%	690	0.63
29	4.50	200	566,000	2.8	2,419	73.9%	8.5%	206	17.6%	426	0.49
30	4.50	250	551,000	2.9	2,352	81.8%	6.6%	157	11.6%	274	0.43
31	5.00	50	567,000	2.8	2,420	60.4%	14.7%	356	24.9%	604	0.60
32	5.00	100	558,000	2.9	2,385	75.1%	8.7%	209	16.2%	387	0.51
33	5.00	150	584,000	2.8	2,493	54.0%	16.7%	417	29.3%	732	0.65
34	5.00	200	549,000	2.9	2,344	72.0%	10.6%	250	17.4%	410	0.52
35	5.00	250	556,000	2.9	2,375	79.7%	6.5%	156	13.8%	329	0.46

Fuente: Elaboración propia

Al analizar la tabla se confirma lo indicado por el concesionario John Deere, y es que a menor presión de vacío, mejores son los resultados obtenidos. Las configuraciones más consistentes se encontraron en el rango de 50 a 100 mm de H₂O, donde se observaron los valores más estables en términos de efectividad y coeficiente de variación.

Aunque los resultados son mejores de lo esperado, es importante considerar que estos ensayos se realizaron bajo condiciones controladas, donde no intervienen factores externos propios del campo que pueden afectar el desempeño de la siembra. Aun así, los datos permiten entender el

comportamiento del sistema y sirven como base para identificar condiciones que favorecen una mayor uniformidad.

En cuanto a la velocidad de operación, se observa que hasta 2.5 km/h el sistema mantiene un buen desempeño, conservando un espaciamiento promedio de 3.1 cm y un coeficiente de variación cercano a 0.25, lo cual se encuentra dentro de los parámetros aceptables. A partir de este punto, la estabilidad del sistema comienza a verse comprometida.

La velocidad de 3.0 km/h no fue considerada dentro del análisis final, ya que incluso bajo una presión baja de 50 mm de H₂O, el espaciamiento presentó una desviación de 0.1 cm y un coeficiente de variación de 0.29, muy cercano al límite máximo permitido. Esto indica que no se puede garantizar una distribución uniforme de forma consistente.

Por encima de 3.5 km/h, la variabilidad aumenta de manera más evidente, con coeficientes de variación que parten desde 0.39 y pueden alcanzar valores de hasta 0.51 a velocidades de 5 km/h, lo que representa un nivel de imprecisión considerable.

5.3.4. Balín con velocidad variable

Para el balín de cobre, aunque no se trata de una semilla, se incluyó en el estudio como una referencia del tamaño ideal al que se podría aproximar la canola. El balín es un material de fácil acceso en el mercado y se consideró adecuado para evaluar el comportamiento de la plantadora bajo condiciones de mayor uniformidad geométrica.

Para la presión de vacío, se utilizó el valor máximo disponible en el simulador (770 mm de H₂O). Esto se debe a que el balín no lograba ser succionado de manera estable con presiones menores, lo que afectaba su trayectoria sobre el disco. Aunque es posible que presiones aún mayores pudieran mejorar los resultados, el análisis se limitó a las capacidades del equipo utilizado.

Debido a su tamaño, no fue posible utilizar el disco empleado para la canola por ser demasiado pequeño, ni el del maíz, por ser demasiado grande. Se utilizó un disco utilizado para la siembra del sorgo como se puede observar en la imagen 48. Cuenta con un diámetro de 25.6 cm

(10.1 pulgadas) y 90 orificios, cada uno con un diámetro aproximado de 1.5 mm, lo que permite una mejor adaptación al tamaño del balín.

Imagen 48 – Disco plantadora de sorgo



Fuente: Elaboración propia

Es importante aclarar que el uso del balín en este experimento tiene como objetivo evaluar el efecto del tamaño y la forma sobre la precisión, mas no representar el comportamiento real de una semilla, ya que su peso y densidad son diferentes.

Las pruebas se realizaron variando una velocidad entre 2.0 – 4.0 km/h con incrementos de 0.5 km/h, bajo las siguientes condiciones:

- Distancia recorrida: 70 metros
- Espacio entre filas: 61.00 cm
- Velocidad: 2.0 – 4.0 km/h
- Presión de vacío: 770 mm de H₂O
- Población: 525,000 semillas por hectárea
- Espacio entre cada semilla: 3.1 cm
- Conteo de semillas: 2,250

La tabla 20 representa el promedio obtenido a partir de 5 pruebas individuales, correspondientes a 10 ensayos por cada velocidad evaluada, siendo estas entre 2.0 km/h y 4.0

km/h, con incrementos de 0.5 km/h. Los resultados completos pueden consultarse en los Anexos 19, 20, 21, 22 y 23, entre las páginas 203 y 205. A continuación, se muestra el resumen promedio de los datos.

Tabla 20 – Resultados plantadora con Balín

Semilla	Km/h	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Balín de Cobre	2.0	519,000	3.1	2,217	99.99%	0.00%	0.1	0.01%	0.6	0.15
	2.5	519,000	3.1	2,217	99.80%	0.00%	1	0.20%	5	0.20
	3.0	519,400	3.1	2,219	98.30%	0.49%	12	1.21%	28	0.26
	3.5	518,700	3.1	2,217	88.62%	6.42%	143	4.96%	111	0.41
	4.0	518,400	3.1	2,214	85.73%	9.10%	202	5.17%	115	0.45

Fuente: Elaboración propia

La primera prueba con el balín a una velocidad de 2 km/h muestra resultados prácticamente ideales. Se obtiene un porcentaje de efectividad promedio de 99.99% y un coeficiente de variación muy bajo, lo que indica una distribución altamente uniforme. Esto demuestra que, al trabajar con un material de forma más esférica y con un diámetro cercano a 4.1 mm, es posible alcanzar un espaciamiento casi perfecto entre semillas.

Sin embargo, una velocidad de 2 km/h no resulta práctica en condiciones reales de campo, ya que es demasiado baja para la operación normal de siembra. Por esta razón, se evaluó el comportamiento del sistema a 2.5 km/h. A esta velocidad, los resultados siguen siendo muy precisos, con una efectividad de 99.80% y un coeficiente de variación de 0.20, dentro del rango aceptable. Se presentan algunas semillas saltadas y múltiples, pero en cantidades muy bajas, por lo que no representan un problema significativo.

Al continuar con el incremento de la velocidad, se observa que los valores se mantienen estables, con porcentajes de efectividad por encima del 98%. Sin embargo, el coeficiente de variación comienza a acercarse al límite de 0.30, lo que indica una ligera pérdida de uniformidad, aunque todavía dentro de un rango aceptable. En este punto, se puede considerar una velocidad de trabajo razonable. Cuando la velocidad alcanza los 4 km/h, el comportamiento cambia de forma clara.

El coeficiente de variación aumenta a 0.41, superando el límite permitido, y se incrementa considerablemente la cantidad de semillas saltadas, con un promedio de 143 fallas a lo largo de 70 metros. Esto indica que ya no se puede garantizar el espaciamiento objetivo de 3.1 cm.

Aunque el porcentaje de efectividad en este escenario es de 85.73%, valor que podría considerarse aceptable desde un punto de vista práctico, no es suficiente para justificar el uso de una plantadora en este tipo de condiciones donde se busca alta precisión en la distribución. El uso del balín en este experimento permite evidenciar que al aumentar el tamaño y la uniformidad del material, se mejora significativamente la precisión del sistema. Sin embargo, este resultado no puede trasladarse directamente a la canola, ya que, aunque se incremente su tamaño mediante recubrimiento, su densidad y comportamiento físico siguen siendo diferentes.

5.3.5. Canola cubierta con configuraciones variables

Las pruebas para la canola cubierta se realizaron utilizando el mismo disco empleado para la canola convencional, manteniendo las mismas configuraciones de población, el cual puede ser observado en la imagen 47. Sin embargo, se introdujeron variaciones en la velocidad de siembra y en la presión aplicada. En esta etapa del estudio existía cierta expectativa, ya que analizar el comportamiento desde la teoría es muy distinto a llevarlo a la práctica y verificar si los resultados realmente se alinean con lo planteado teóricamente.

La 21 tabla agrupa los primeros cinco ensayos a una velocidad de 2 km/h, variando la presión entre 50 y 250 mmH₂O. Se incrementa la velocidad a 2.5 km/h y se continúa con la misma variación de presión, siguiendo este mismo patrón hasta alcanzar los 5 km/h. Las demás condiciones se mantuvieron constantes durante todos los ensayos.

- Distancia recorrida: 70 metros
- Espacio entre filas: 61.00 cm
- Velocidad: 2.0 – 4.0 km/h
- Presión de vacío: 50 mm de H₂O – 200 mm de H₂O
- Población: 525,000 semillas por hectárea
- Espacio entre cada semilla: 3.1 cm
- Conteo de semillas: 2,250

Tabla 21 – Resultados plantadora con Canola Cubierta variable

Semilla	No	Velocidad (km/h)	Presión (mmH2O)	Población (semillas / ha)	Espacio (cm)	Semillas	% Efect.	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
								%	No.	%	No.	
Canola Cubierta	1	2	50	526,000	3.1	2,248	93.90%	2.60%	59	3.50%	80	0.26
	2	2	100	537,000	3	2,295	91.70%	2.70%	62	5.60%	129	0.30
	3	2	150	526,000	3.1	2,248	93.20%	3.20%	74	3.60%	81	0.29
	4	2	200	536,000	3	2,290	92.40%	2.40%	57	5.20%	121	0.30
	5	2	250	532,000	3	2,271	92.90%	2.80%	65	4.30%	99	0.28
	6	2.5	50	528,000	3.1	2,257	93.90%	2.30%	54	3.80%	87	0.27
	7	2.5	100	526,000	3.1	2,245	93.70%	2.60%	59	3.70%	85	0.28
	8	2.5	150	528,000	3.1	2,254	93.40%	2.80%	65	3.80%	86	0.28
	9	2.5	200	532,000	3	2,272	92.60%	2.70%	63	4.70%	107	0.3
	10	2.5	250	529,000	3.1	2,259	94.20%	1.90%	43	3.90%	90	0.27
	11	3	50	531,000	3	2,268	94.30%	2.00%	46	3.70%	84	0.27
	12	3	100	524,000	3.1	2,237	94.30%	2.80%	64	2.90%	67	0.28
	13	3	150	529,000	3	2,262	94.50%	2.50%	57	3.00%	69	0.27
	14	3	200	525,000	3.1	2,244	94.20%	2.50%	57	3.30%	75	0.28
	15	3	250	522,000	3.1	2,231	94.90%	2.50%	58	2.60%	60	0.26
	16	3.5	50	524,000	3.1	2,240	94.70%	2.40%	54	2.90%	65	0.27
	17	3.5	100	528,000	3.1	2,255	93.90%	2.80%	65	3.30%	76	0.27
	18	3.5	150	532,000	3	2,274	93.50%	2.50%	59	4.00%	93	0.28
	19	3.5	200	529,000	3.1	2,259	94.20%	2.40%	55	3.40%	78	0.28
	20	3.5	250	527,000	3.1	2,251	94.50%	2.40%	55	3.10%	71	0.25
	21	4	50	520,000	3.1	2,223	92.60%	4.00%	89	3.40%	77	0.32
	22	4	100	524,000	3.1	2,239	94.30%	2.80%	64	2.90%	67	0.29
	23	4	150	523,000	3.1	2,235	93.70%	2.50%	56	3.80%	85	0.28
	24	4	200	528,000	3.1	2,256	94.10%	2.80%	65	3.10%	70	0.27
	25	4	250	525,000	3.1	2,250	94.80%	2.20%	51	3.00%	68	0.26
	26	4.5	50	516,000	3.1	2,205	86.80%	6.80%	151	6.40%	142	0.39
	27	4.5	100	523,000	3.1	2,234	91.70%	4.00%	90	4.30%	97	0.33
	28	4.5	150	522,000	3.1	2,230	93.10%	3.40%	76	3.50%	79	0.31
	29	4.5	200	524,000	3.1	2,239	95.30%	2.10%	48	2.60%	60	0.27
	30	4.5	250	525,000	3.1	2,244	94.30%	2.50%	57	3.20%	72	0.29
	31	5	50	511,000	3.2	2,183	80.10%	10.30%	226	9.60%	211	0.46
	32	5	100	528,000	3.1	2,253	82.10%	8.10%	184	9.80%	221	0.45
	33	5	150	530,000	3	2,264	89.70%	3.90%	90	6.40%	146	0.35
	34	5	200	526,000	3.1	2,247	90.10%	3.60%	81	6.30%	142	0.34
	35	5	250	529,000	3.1	2,258	91.90%	3.30%	75	4.80%	110	0.34

Fuente: Elaboración propia

En términos generales, los valores de porcentaje de efectividad se mantienen altos y relativamente estables en la mayoría de las configuraciones, predominando resultados entre 92% y 95% en velocidades de 2 a 4 km/h. Este comportamiento indica una adecuada precisión en la dosificación y distribución de la semilla bajo estas condiciones operativas.

El porcentaje de semillas saltadas se mantiene bajo en la mayoría de los ensayos, con valores generalmente entre 2% y 3%, lo que refleja una baja incidencia de fallas en la entrega de semilla. De igual manera, el porcentaje de múltiples semillas presenta valores controlados, en su mayoría por debajo del 5%, lo que sugiere que el sistema de distribución logra un buen balance entre evitar omisiones y minimizar la sobrepoblación puntual.

En cuanto al coeficiente de variación (CV), se observa que para velocidades entre 2 y 4 km/h los valores se mantienen dentro de un rango aproximado de 0.25 a 0.30, indicando una distribución relativamente uniforme del espaciamiento entre semillas. Sin embargo, a partir de velocidades superiores a 4 km/h, especialmente en 4.5 y 5 km/h, se evidencia un incremento en la variabilidad, alcanzando valores de hasta 0.46.

Este aumento en el CV está acompañado por una disminución en el porcentaje de efectividad y un incremento en los porcentajes de semillas saltadas y múltiples, particularmente en las configuraciones de menor presión. Al incrementar la presión dentro de estos mismos niveles de velocidad, se observa una mejora en los indicadores, lo que sugiere que la presión juega un papel importante en la estabilidad del proceso a mayores velocidades.

5.3.6. Canola vs. Canola Cubierta

Para poder determinar si realmente vale la pena el uso de la canola cubierta, es necesario comparar los resultados obtenidos con ambos tipos de semilla. De esta manera, se busca evaluar si el incremento en el tamaño y la mayor uniformidad de la semilla tienen un impacto positivo en el desempeño del proceso de siembra. A partir de esta comparación, se analizarán variables como el porcentaje de efectividad, las semillas saltadas, la presencia de múltiples semillas y el coeficiente de variación, con el fin de establecer si las modificaciones físicas de la semilla se traducen en resultados más favorables bajo las mismas condiciones de operación.

Tabla 22 – Canola vs. Canola Cubierta

Semilla	Velocidad (km/h)	Presión (mmH2O)	Población (semillas / ha)	Espacio (cm)	Semillas	% Efect.	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
							%	No.	%	No.	
Cubierta	2	50	526,000	3.1	2,248	93.90%	2.60%	59	3.50%	80	0.26
Normal	2	100	525,000	3.1	2,242	95.70%	1.90%	43	2.40%	55	0.23
Cubierta	2.5	250	529,000	3.1	2,259	94.20%	1.90%	43	3.90%	90	0.27
Normal	2.5	50	520,000	3.1	2,222	95.40%	2.20%	51	2.40%	54	0.25
Cubierta	3	250	522,000	3.1	2,231	94.90%	2.50%	58	2.60%	60	0.26
Normal	3	50	510,000	3.2	2,178	93.90%	4.10%	91	2.00%	44	0.29
Cubierta	3.5	250	527,000	3.1	2,251	94.50%	2.40%	55	3.10%	71	0.25
Normal	3.5	50	484,000	3.3	2,069	87.20%	9.90%	205	2.90%	61	0.39
Cubierta	4	250	525,000	3.1	2,250	94.80%	2.20%	51	3.00%	68	0.26
Normal	4	100	542,000	3	2,314	71.00%	11.80%	273	17.20%	397	0.51
Cubierta	4.5	250	525,000	3.1	2,244	94.30%	2.50%	57	3.20%	72	0.29
Normal	4.5	100	542,000	3	2,314	73.50%	11.30%	262	15.20%	354	0.52
Cubierta	5	250	529,000	3.1	2,258	91.90%	3.30%	75	4.80%	110	0.34
Normal	5	100	558,000	2.9	2,385	75.10%	8.70%	209	16.20%	387	0.51

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 23 presenta una comparación directa entre los mejores resultados obtenidos para la canola convencional y la canola cubierta en cada nivel de velocidad evaluado. A partir de estos datos, se pueden identificar diferencias claras en el comportamiento del sistema de siembra en función del tipo de semilla.

En primer lugar, en términos de porcentaje de efectividad, ambos presentan valores altos a bajas velocidades (2–3 km/h), con resultados superiores al 93%. Sin embargo, a medida que aumenta la velocidad, la diferencia entre ambos se vuelve más evidente. Mientras que la canola cubierta mantiene valores estables por encima del 91% incluso a 5 km/h, la canola convencional presenta una caída significativa, alcanzando valores tan bajos como 71.0% a 4 km/h y manteniéndose alrededor de 73–75% en velocidades superiores.

Este comportamiento está directamente relacionado con el porcentaje de semillas saltadas, donde la canola convencional muestra un incremento considerable al aumentar la velocidad, pasando de valores cercanos al 2% en bajas velocidades hasta más del 11% en 4 y 4.5 km/h. En contraste, la canola cubierta mantiene valores mucho más controlados, generalmente entre 2% y 3.3%, incluso en las condiciones de mayor velocidad.

El porcentaje de múltiples semillas demuestra una diferencia importante entre ambos tratamientos. La canola cubierta se mantiene en rangos cercanos al 2.6%–4.8%, mientras que la canola convencional presenta incrementos drásticos a altas velocidades, alcanzando valores superiores al 16%, lo que indica una pérdida importante en la precisión del sistema de sembrado.

El coeficiente de variación (CV) refuerza este comportamiento. Para la canola cubierta, los valores se mantienen relativamente estables entre 0.25 y 0.34 en todo el rango de velocidades, lo que indica una distribución uniforme del espaciamiento. Por el contrario, la canola convencional muestra un aumento significativo en la variabilidad a partir de 3.5 km/h, alcanzando valores superiores a 0.50, lo que refleja una distribución altamente irregular.

Los resultados evidencian que la canola cubierta presenta una mayor estabilidad operativa frente al incremento de la velocidad, manteniendo niveles adecuados de uniformidad, efectividad y control al momento de sembrar. La canola convencional muestra una alta sensibilidad al aumento de la velocidad, lo que se traduce en una disminución en la calidad de siembra y una mayor variabilidad en la distribución de las semillas.

6. Conclusiones

Al analizar el espaciamiento real entre plantas emergidas de canola en conjunto, se pudo observar que los valores obtenidos en campo se alejaron del valor teórico esperado de 3.1 cm. En promedio, la distancia entre plantas fue cercana a 5.7 cm, lo que representa una diferencia aproximada de 2.6 cm. Esto indica que, en términos generales, el espaciamiento real fue alrededor de un 80% mayor al esperado, evidenciando una variabilidad importante en la distribución de la semilla.

La población final obtenida en campo se ubicó en promedio alrededor de 60 plantas por metro cuadrado, muy por debajo de la población objetivo de 105 semillas por metro cuadrado.

Esto se traduce en una efectividad cercana al 57%, lo que confirma que una parte considerable de las semillas sembradas no termina contribuyendo al establecimiento final del cultivo, ya sea por fallas en la distribución o por condiciones propias del campo.

Estos resultados permiten entender que, aunque el equipo de siembra se configura con parámetros definidos, el comportamiento real del proceso presenta desviaciones importantes. La diferencia entre lo esperado y lo obtenido no responde a un solo factor, sino a la combinación de variables como el tipo de equipo, las condiciones del suelo y la dinámica de emergencia de las plantas.

Al comparar el funcionamiento de la sembradora de aire con el de una plantadora al vacío, se hace evidente que el principio de distribución de semillas influye directamente en el nivel de precisión. Mientras la sembradora trabaja bajo un flujo continuo de semilla, la plantadora permite un control individual. La agricultora Danielle Maccalum demostró alcanzar un nivel de efectividad del 87.5% con su plantadora, frente a un valor del 67 % en una sembradora de aire. Aunque esta diferencia proviene de estudios en maíz, sirve como referencia para entender el potencial de mejora en precisión.

Al incorporar el análisis del tamaño de la semilla, se hace claro por qué esta mejora no es directa en canola. La semilla convencional presentó un diámetro promedio cercano a 2.06 mm, mientras que la canola cubierta alcanzó aproximadamente 2.19 mm, lo que representa un incremento cercano al 6% en diámetro y alrededor del 14% en términos de área. Aunque el cambio parece pequeño, en semillas de este tamaño sí influye en la capacidad de manipulación dentro de sistemas de sembrado individual. La semilla cubierta con canola permite permanecer dentro de niveles óptimos de sembrado, incluyendo un coeficiente de variabilidad menor al máximo permitido de 0.30 mientras se mantiene una velocidad óptima de planteo de 4 km/h.

Estos resultados muestran que el proceso de siembra de canola presenta limitaciones en términos de uniformidad, pero también dejan claro que no se trata únicamente de cambiar el equipo, sino de entender cómo interactúan variables como la maquinaria, la semilla y las condiciones de operación. Más que una solución única, el análisis permite ver que hay diferentes puntos donde se puede intervenir para mejorar el proceso.

7. Recomendaciones

A partir de estos resultados, no necesariamente se les debe de sugerir a los agricultores de las praderas canadienses que compren una plantadora únicamente para el cultivo de canola. Aunque este tipo de equipos ofrece mayor precisión en otros cultivos, el tamaño reducido de la semilla y las condiciones reales de campo hacen que esta inversión no siempre sea la mejor decisión.

Una alternativa más práctica para mejorar la uniformidad del proceso con los equipos actuales es trabajar a menores velocidades de siembra. Reducir la velocidad permite un mejor control del flujo de semilla y puede ayudar a disminuir la variabilidad observada, sin comprometer el resto de los cultivos de la temporada.

Para aquellos productores que ya trabajan con maíz dentro de sus sistemas productivos, existe una oportunidad interesante. En Canadá, la rotación de cultivos es una práctica común para el manejo de plagas y la sostenibilidad del suelo, lo que implica que muchos agricultores ya cuentan con plantadoras de sembrado individual. En estos casos, podría ser viable aprovechar ese mismo equipo para la siembra de canola, especialmente si se utilizan semillas recubiertas que faciliten su manejo dentro del sistema.

El uso de canola cubierta mostró un incremento cercano al 6% en diámetro y al 14% en área en comparación con la semilla convencional, lo que puede representar una mejora en la interacción con equipos de plantadoras al vacío. Aunque no elimina completamente las limitaciones, sí puede facilitar el proceso y reducir errores como semillas múltiples o saltadas.

Este trabajo de investigación abre oportunidades para que los datos sirvan como base para futuras investigaciones. Los resultados obtenidos no solo permiten entender mejor el comportamiento actual del proceso de siembra, sino que también pueden generar interés en empresas del sector y grupos de investigación para seguir profundizando en la optimización del establecimiento del cultivo. Existe un espacio claro para seguir explorando cómo mejorar la precisión en la siembra, ya sea a través de ajustes operativos, desarrollo de nuevas tecnologías o mejoras en las características físicas de la semilla.

A nivel personal, este trabajo representa un primer paso dentro de una línea de investigación que puede seguir creciendo. La intención es que los resultados presentados no se queden únicamente en este documento, sino que puedan servir como punto de partida para nuevos estudios en los que me gustaría seguir participando, aportando desde la experiencia adquirida y el interés por mejorar los procesos productivos en el sector agrícola.

8. Bibliografía

- AgDealer. (04 de Diciembre de 2025). *2015 John Deere 1775NT Planter*. Obtenido de AgDealer: <https://www.agdealer.com/detail/1406305/2015-john-deere-1775nt>
- AgroPlow. (01 de Marzo de 2024). *Que es una sembradora?* Obtenido de AgroPlow: <https://www.agrowplow.com.au/blogs/digging-deeper/what-is-a-seed-drill>
- BASF Agricultural Solutions Canada. (2025). *InVigor Hybrid Canola*. Obtenido de BASF Agricultural Solutions Canada: <https://agriculture.basf.ca/west/invigor-hybrid-canola.html>
- Brandt. (2025). *2015 John Deere 1830*. Obtenido de Brandt: <https://more.brandt.ca/john-deere/used/air-drills-and-seeders/2015-john-deere-1830-1a81830x1fl760218/>
- Canadian Canola Growers Association. (2024). *Canola is a trade powerhouse, exporting 90% of production*. Obtenido de Canadian Canola Growers Association: <https://www.cpga.ca/advocacy/trade>
- CanFax. (22 de Julio de 2022). *Canadian Beef Industry 2021 Census of Agriculture*. Obtenido de CanFax: https://canfax.ca/uploads/2021_COA_Summary.pdf
- Canola Council. (2024). *Profiles of Canada's leading canola markets*. Obtenido de Canola Council: <https://www.canolacouncil.org/markets-stats/top-markets/>
- Canola Council of Canada. (2024). *Acerca del Consejo de Canola de Canada*. Obtenido de canola council of canada: <https://www.canolacouncil.org/about-us/>
- Canola Council of Canada. (2024). *Poblaciones de Plantas*. Obtenido de Canola Encyclopedia: <https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/plant-establishment/plant-populations/>
- Canola Council of Canada. (s.f.). *Canadian Canola Production Statistics*. Obtenido de Canola Council of Canada: <https://www.canolacouncil.org/markets-stats/production/>
- Canola Digest. (07 de Enero de 2025). *Canola Contributes \$43.7 Billion to the Canadian Economy*. Obtenido de Canola Digest: <https://canoladigest.ca/january-2025/canola-contributes-43-7-billion-to-the-canadian-economy/>

- Collins, B. (s.f.). *Our Stories - Future proofing Canada's top crop*. Obtenido de BASF Agricultural Solutions Canada: <https://agriculture.basf.ca/west/company/our-stories/future-proofing-canadas-top-crop.html>
- Firesen, S. (2022). *La nueva tecnología de semillas de canola beneficia la economía de Canadá*. Obtenido de Innovative Canada: <https://www.innovatingcanada.ca/environment/supporting-canada-superclusters/new-canola-seed-technology-is-good-for-canadas-economy/>
- Google Maps. (May de 2024). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@49.920677,-99.3621759,1121m/>
- Google Maps. (November de 2025). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@50.1511903,-100.463656,369861m/>
- Goudarzi, S. (31 de Enero de 2022). *Las plantas luchan por sus vidas*. Obtenido de Cold Spring Harbor Laboratory: <https://www.cshl.edu/plants-fight-for-their-lives/>
- Government of Manitoba. (2021). *Census of Agriculture 2021*. Obtenido de Government of Manitoba: <https://www.gov.mb.ca/agriculture/markets-and-statistics/ag-census/pubs/census-manitoba-profile-2021.pdf>
- HSB . (21 de Febrero de 2022). *Farm Planter*. Obtenido de Munich Re: https://www.munichre.com/content/dam/munichre/hsb/hsb-iic/documents/hsb-farm-planter.pdf/_jcr_content/renditions/original./hsb-farm-planter.pdf
- Kinhal, V. (22 de Noviembre de 2024). *Cpomo afecta el índice de área foliar al rendimiento* . Obtenido de CID Bio-science: <https://cid-inc.com/blog/leaf-area-index-and-yield/>
- MacCallum, D. (11 de Octubre de 2021). *Planter vs Air Drill: The Western Showdown*. Obtenido de Sollio Agriculture: <https://sollio.ag/en/innovation/planter-vs-air-drill-western-showdown>
- Manitoba Markets. (07 de Julio de 2025). *Grains and Oilseeds Market Price*. Obtenido de Government of Manitoba: <https://www.gov.mb.ca/agriculture/markets-and-statistics/crop-statistics/pubs/grains-2025-07-07.pdf>
- SEED MANITOBA. (2025). *2025 Variety Selection & Growers Source Guide*. Obtenido de SEED MANITOBA: <https://www.seedmb.ca/pdf-editions-and-separate-section-pdfs/>
- Shuch, M., Wold-Burkness, S., Hutchison, B., Hahn, J., & Hines, R. (2022). *Flea Beetles*. Obtenido de University of Minnesota Extension: <https://extension.umn.edu/yard-and-garden-insects/flea-beetles>
- Tullo, A. (22 de Julio de 2025). *C&EN's Global Top 50 chemical firms for 2025*. Obtenido de C&EN: <https://cen.acs.org/business/finance/CENs-Global-Top-50-2025/103/web/2025/07>

Universidad de Saskatchewan. (Marzo de 2009). *Textura de Suelo*. Obtenido de Universidad de Saskatchewan: <https://soilsofsask.ca/soil-survey-soil-characteristics/soil-texture.php>

Venkatraman, S., Praveen, K., & Stephen, L. P. (17 de Noviembre de 2016). *Decreasing, not increasing, leaf area will raise crop yields under global atmospheric change*. Obtenido de Librería Nacional de Medicina, un Centro Nacional de Información Biotecnológica: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5347850/>

Wait, L. (03 de Diciembre de 2020). *La forma en que las plantas compiten por el espacio subterráneo afecta el cambio climático y la producción de alimentos*. Obtenido de Universidad de Princeton: <https://www.princeton.edu/news/2020/12/03/how-plants-compete-underground-real-estate-affects-climate-change-and-food>

World Population Review. (2025). *Canola Production by Country 2025*. Obtenido de World Population Review: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/canola-production-by-country>

9. Anexos

Anexo 1 – Conteo plantas de Canola en Oak River

No.	Parcela	Ubicación	Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2 @ 4 hoja	% Emergencia	Distancia entre plantas esperada (cm)	Distancia entre plantas obtenida (cm)
1	1,3	Oak River	24	54	51%	3.1	6.12
2	1,4	Oak River	21	46	44%	3.1	7.14
3	1,5	Oak River	23	51	49%	3.1	6.38
4	1,6	Oak River	17	38	36%	3.1	8.57
5	1,7	Oak River	21	46	44%	3.1	7.06
6	1,8	Oak River	20	44	42%	3.1	7.41
7	1,9	Oak River	23	51	49%	3.1	6.38
8	1,10	Oak River	23	51	48%	3.1	6.45
9	1,11	Oak River	19	43	41%	3.1	7.59
10	1,12	Oak River	30	66	62%	3.1	5.00
11	1,13	Oak River	21	46	44%	3.1	7.14
12	1,14	Oak River	19	43	41%	3.1	7.69
13	1,15	Oak River	28	61	58%	3.1	5.36
14	1,16	Oak River	23	51	49%	3.1	6.38
15	1,17	Oak River	22	48	46%	3.1	6.82
16	1,18	Oak River	16	37	35%	3.1	8.95
17	1,19	Oak River	27	59	56%	3.1	5.55

18	1,20	Oak River	27	60	57%	3.1	5.45
19	1,21	Oak River	26	59	56%	3.1	5.61
20	1,22	Oak River	21	46	44%	3.1	7.14
21	1,23	Oak River	22	49	46%	3.1	6.74
22	1,24	Oak River	21	46	44%	3.1	7.14
23	1,25	Oak River	14	31	30%	3.1	10.52
24	1,26	Oak River	14	30	29%	3.1	10.91
25	1,27	Oak River	34	75	71%	3.1	4.38
26	2,3	Oak River	19	42	40%	3.1	7.79
27	2,4	Oak River	19	43	41%	3.1	7.59
28	2,5	Oak River	22	49	46%	3.1	6.74
29	2,6	Oak River	24	54	51%	3.1	6.12
30	2,7	Oak River	29	64	61%	3.1	5.13
31	2,8	Oak River	21	48	45%	3.1	6.89
32	2,9	Oak River	15	34	32%	3.1	9.67
33	2,10	Oak River	28	61	58%	3.1	5.36
34	2,11	Oak River	24	54	52%	3.1	6.06
35	2,12	Oak River	26	59	56%	3.1	5.61
36	2,13	Oak River	27	60	57%	3.1	5.50
37	2,14	Oak River	15	33	31%	3.1	10.00
38	2,15	Oak River	14	32	30%	3.1	10.34
39	2,16	Oak River	22	50	47%	3.1	6.59
40	2,17	Oak River	13	30	28%	3.1	11.11
41	2,18	Oak River	13	30	28%	3.1	11.11
42	2,19	Oak River	13	28	27%	3.1	11.76
43	2,20	Oak River	18	39	37%	3.1	8.33
44	2,21	Oak River	12	27	26%	3.1	12.24
45	2,22	Oak River	26	57	54%	3.1	5.77
46	2,23	Oak River	30	66	63%	3.1	4.96
47	2,24	Oak River	23	51	49%	3.1	6.38
48	2,25	Oak River	22	49	46%	3.1	6.74
49	2,26	Oak River	21	46	44%	3.1	7.14
50	2,27	Oak River	15	32	31%	3.1	10.17
51	3,3	Oak River	28	61	58%	3.1	5.36
52	3,4	Oak River	18	39	37%	3.1	8.33
53	3,5	Oak River	26	57	55%	3.1	5.71
54	3,6	Oak River	24	52	50%	3.1	6.25
55	3,7	Oak River	27	60	57%	3.1	5.50
56	3,8	Oak River	25	55	52%	3.1	6.00

57	3,9	Oak River	23	50	48%	3.1	6.52
58	3,10	Oak River	20	44	42%	3.1	7.41
59	3,11	Oak River	16	36	34%	3.1	9.09
60	3,12	Oak River	22	48	46%	3.1	6.82
61	3,13	Oak River	22	49	46%	3.1	6.74
62	3,14	Oak River	20	44	42%	3.1	7.41
63	3,15	Oak River	24	52	50%	3.1	6.25
64	3,16	Oak River	23	51	49%	3.1	6.38
65	3,17	Oak River	26	58	55%	3.1	5.66
66	3,18	Oak River	19	42	40%	3.1	7.89
67	3,19	Oak River	18	39	37%	3.1	8.33
68	3,20	Oak River	16	34	33%	3.1	9.52
69	3,21	Oak River	17	38	36%	3.1	8.57
70	3,22	Oak River	22	49	46%	3.1	6.74
71	3,23	Oak River	26	57	54%	3.1	5.77
72	3,24	Oak River	23	51	49%	3.1	6.38
73	3,25	Oak River	20	44	42%	3.1	7.41
74	3,26	Oak River	27	61	58%	3.1	5.40
75	3,27	Oak River	23	51	48%	3.1	6.45
76	4,3	Oak River	16	35	33%	3.1	9.37
77	4,4	Oak River	19	42	40%	3.1	7.89
78	4,5	Oak River	23	51	48%	3.1	6.45
79	4,6	Oak River	22	50	47%	3.1	6.59
80	4,7	Oak River	18	40	39%	3.1	8.11
81	4,8	Oak River	18	41	39%	3.1	8.00
82	4,9	Oak River	21	48	45%	3.1	6.89
83	4,10	Oak River	38	84	80%	3.1	3.90
84	4,11	Oak River	21	47	45%	3.1	6.97
85	4,12	Oak River	24	54	52%	3.1	6.06
86	4,13	Oak River	28	63	60%	3.1	5.22
87	4,14	Oak River	23	52	49%	3.1	6.31
88	4,15	Oak River	16	34	33%	3.1	9.52
89	4,16	Oak River	21	47	45%	3.1	6.97
90	4,17	Oak River	25	56	53%	3.1	5.88
91	4,18	Oak River	27	61	58%	3.1	5.40
92	4,19	Oak River	23	50	48%	3.1	6.52
93	4,20	Oak River	16	37	35%	3.1	8.95
94	4,21	Oak River	23	50	48%	3.1	6.52
95	4,22	Oak River	20	44	42%	3.1	7.41

96	4,23	Oak River	24	53	51%	3.1	6.18
97	4,24	Oak River	15	34	32%	3.1	9.67
98	4,25	Oak River	17	39	37%	3.1	8.45
99	4,26	Oak River	22	49	46%	3.1	6.74
100	4,27	Oak River	23	51	49%	3.1	6.38

Anexo 2 – Conteo plantas de Canola en Rivers

No.	Parcela	Ubicación	Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m ² @ 4 hoja	% Emergencia	Distancia entre plantas esperada (cm)	Distancia entre plantas obtenida (cm)
1	1,2	Rivers	32	70	67%	3.1	4.67
2	1,3	Rivers	26	58	55%	3.1	5.64
3	1,4	Rivers	30	66	63%	3.1	4.94
4	1,5	Rivers	34	76	72%	3.1	4.32
5	1,6	Rivers	29	65	61%	3.1	5.08
6	1,7	Rivers	32	70	67%	3.1	4.65
7	1,8	Rivers	32	71	67%	3.1	4.65
8	1,9	Rivers	32	71	68%	3.1	4.62
9	1,10	Rivers	19	43	41%	3.1	7.66
10	1,11	Rivers	39	86	82%	3.1	3.83
11	1,12	Rivers	29	65	62%	3.1	5.03
12	1,13	Rivers	37	82	78%	3.1	4.00
13	1,14	Rivers	27	59	56%	3.1	5.57
14	1,15	Rivers	27	60	57%	3.1	5.51
15	1,16	Rivers	24	54	51%	3.1	6.09
16	1,17	Rivers	37	81	77%	3.1	4.03
17	1,18	Rivers	26	57	55%	3.1	5.71
18	1,19	Rivers	32	71	67%	3.1	4.64
19	1,20	Rivers	20	45	43%	3.1	7.30
20	1,21	Rivers	38	83	79%	3.1	3.93
21	1,22	Rivers	28	63	60%	3.1	5.23
22	1,23	Rivers	26	58	56%	3.1	5.61
23	1,24	Rivers	32	71	68%	3.1	4.61
24	1,25	Rivers	29	64	61%	3.1	5.11
25	1,26	Rivers	31	69	66%	3.1	4.77
26	2,2	Rivers	28	62	59%	3.1	5.28
27	2,3	Rivers	26	58	55%	3.1	5.70
28	2,4	Rivers	33	73	69%	3.1	4.51

29	2,5	Rivers	23	51	49%	3.1	6.44
30	2,6	Rivers	31	69	65%	3.1	4.77
31	2,7	Rivers	32	72	69%	3.1	4.54
32	2,8	Rivers	36	79	75%	3.1	4.14
33	2,9	Rivers	23	51	49%	3.1	6.43
34	2,10	Rivers	35	77	73%	3.1	4.25
35	2,11	Rivers	35	79	75%	3.1	4.17
36	2,12	Rivers	31	69	65%	3.1	4.78
37	2,13	Rivers	19	43	41%	3.1	7.62
38	2,14	Rivers	23	52	49%	3.1	6.35
39	2,15	Rivers	25	55	53%	3.1	5.94
40	2,16	Rivers	19	42	40%	3.1	7.81
41	2,17	Rivers	29	64	61%	3.1	5.16
42	2,18	Rivers	24	54	51%	3.1	6.09
43	2,19	Rivers	26	58	55%	3.1	5.65
44	2,20	Rivers	27	60	57%	3.1	5.45
45	2,21	Rivers	26	57	55%	3.1	5.71
46	2,22	Rivers	28	62	59%	3.1	5.33
47	2,23	Rivers	20	45	43%	3.1	7.22
48	2,24	Rivers	27	61	58%	3.1	5.38
49	2,25	Rivers	29	65	62%	3.1	5.06
50	2,26	Rivers	29	64	61%	3.1	5.13
51	3,2	Rivers	32	71	68%	3.1	4.60
52	3,3	Rivers	29	65	62%	3.1	5.03
53	3,4	Rivers	37	82	78%	3.1	3.99
54	3,5	Rivers	26	58	55%	3.1	5.68
55	3,6	Rivers	35	79	75%	3.1	4.17
56	3,7	Rivers	29	64	61%	3.1	5.11
57	3,8	Rivers	23	50	48%	3.1	6.56
58	3,9	Rivers	29	63	60%	3.1	5.17
59	3,10	Rivers	23	51	48%	3.1	6.46
60	3,11	Rivers	24	53	51%	3.1	6.16
61	3,12	Rivers	29	64	61%	3.1	5.12
62	3,13	Rivers	32	71	68%	3.1	4.61
63	3,14	Rivers	34	76	72%	3.1	4.34
64	3,15	Rivers	36	81	77%	3.1	4.05
65	3,16	Rivers	25	56	53%	3.1	5.89
66	3,17	Rivers	26	57	54%	3.1	5.78
67	3,18	Rivers	31	69	66%	3.1	4.72
68	3,19	Rivers	26	59	56%	3.1	5.58

69	3,20	Rivers	30	67	64%	3.1	4.91
70	3,21	Rivers	27	60	57%	3.1	5.44
71	3,22	Rivers	28	63	60%	3.1	5.20
72	3,23	Rivers	33	73	69%	3.1	4.50
73	3,24	Rivers	31	70	67%	3.1	4.69
74	3,25	Rivers	25	55	53%	3.1	5.92
75	3,26	Rivers	24	52	50%	3.1	6.25
76	4,2	Rivers	25	55	53%	3.1	5.92
77	4,3	Rivers	27	59	56%	3.1	5.55
78	4,4	Rivers	34	75	71%	3.1	4.39
79	4,5	Rivers	32	72	68%	3.1	4.58
80	4,6	Rivers	33	74	71%	3.1	4.41
81	4,7	Rivers	26	57	55%	3.1	5.72
82	4,8	Rivers	32	71	68%	3.1	4.61
83	4,9	Rivers	38	84	80%	3.1	3.89
84	4,10	Rivers	28	63	60%	3.1	5.18
85	4,11	Rivers	29	64	61%	3.1	5.12
86	4,12	Rivers	31	69	66%	3.1	4.73
87	4,13	Rivers	31	69	66%	3.1	4.74
88	4,14	Rivers	27	59	56%	3.1	5.54
89	4,15	Rivers	29	64	61%	3.1	5.11
90	4,16	Rivers	32	71	67%	3.1	4.65
91	4,17	Rivers	33	73	69%	3.1	4.50
92	4,18	Rivers	30	68	64%	3.1	4.86
93	4,19	Rivers	29	64	61%	3.1	5.10
94	4,20	Rivers	28	63	60%	3.1	5.21
95	4,21	Rivers	29	65	62%	3.1	5.05
96	4,22	Rivers	28	63	60%	3.1	5.21
97	4,23	Rivers	25	56	53%	3.1	5.88
98	4,24	Rivers	29	65	61%	3.1	5.08
99	4,25	Rivers	29	65	62%	3.1	5.07
100	4,26	Rivers	25	56	53%	3.1	5.91

Anexo 3 – Conteo plantas de Canola en Oakburn

No.	Parcela	Ubicación	Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2 @ 4 hoja	% Emergencia	Distancia entre plantas esperada (cm)	Distancia entre plantas obtenida (cm)
1	5,7	Oakburn	33	74	71%	3.1	4.41
2	5,8	Oakburn	29	65	62%	3.1	5.04

3	5,9	Oakburn	27	60	57%	3.1	5.50
4	5,10	Oakburn	28	62	59%	3.1	5.26
5	5,11	Oakburn	30	67	64%	3.1	4.88
6	5,12	Oakburn	29	64	61%	3.1	5.13
7	5,13	Oakburn	24	52	50%	3.1	6.25
8	5,14	Oakburn	23	51	48%	3.1	6.45
9	5,15	Oakburn	30	67	64%	3.1	4.92
10	5,16	Oakburn	27	60	57%	3.1	5.50
11	6,2	Oakburn	26	59	56%	3.1	5.61
12	6,3	Oakburn	34	77	73%	3.1	4.28
13	6,4	Oakburn	35	78	74%	3.1	4.22
14	6,5	Oakburn	30	67	64%	3.1	4.88
15	6,6	Oakburn	23	51	48%	3.1	6.45
16	6,7	Oakburn	35	77	73%	3.1	4.25
17	6,8	Oakburn	23	52	49%	3.1	6.31
18	6,9	Oakburn	31	68	65%	3.1	4.84
19	6,10	Oakburn	30	67	64%	3.1	4.92
20	6,11	Oakburn	32	72	69%	3.1	4.54
21	6,12	Oakburn	28	63	60%	3.1	5.22
22	6,13	Oakburn	29	63	60%	3.1	5.17
23	6,14	Oakburn	20	44	42%	3.1	7.50
24	6,15	Oakburn	25	55	53%	3.1	5.94
25	6,16	Oakburn	27	60	57%	3.1	5.50
26	7,3	Oakburn	30	66	63%	3.1	4.96
27	7,4	Oakburn	14	32	30%	3.1	10.34
28	7,5	Oakburn	34	75	72%	3.1	4.35
29	7,6	Oakburn	31	70	67%	3.1	4.69
30	7,7	Oakburn	29	65	61%	3.1	5.08
31	7,8	Oakburn	24	52	50%	3.1	6.25
32	7,9	Oakburn	30	66	62%	3.1	5.00
33	7,10	Oakburn	30	66	62%	3.1	5.00
34	7,11	Oakburn	32	71	67%	3.1	4.65
35	7,12	Oakburn	26	59	56%	3.1	5.61
36	7,13	Oakburn	38	84	80%	3.1	3.92
37	7,14	Oakburn	16	37	35%	3.1	8.95
38	7,15	Oakburn	15	33	31%	3.1	10.00
39	8,4	Oakburn	15	32	31%	3.1	10.17
40	8,5	Oakburn	23	51	49%	3.1	6.38
41	8,6	Oakburn	23	50	48%	3.1	6.52
42	8,7	Oakburn	23	50	48%	3.1	6.52

43	8,8	Oakburn	19	43	41%	3.1	7.59
44	8,9	Oakburn	24	54	51%	3.1	6.12
45	8,10	Oakburn	26	58	55%	3.1	5.66
46	8,11	Oakburn	24	54	51%	3.1	6.12
47	8,12	Oakburn	22	49	46%	3.1	6.74
48	8,13	Oakburn	25	55	53%	3.1	5.94
49	8,14	Oakburn	26	57	55%	3.1	5.71
50	8,15	Oakburn	32	71	67%	3.1	4.65
51	9,3	Oakburn	24	53	51%	3.1	6.18
52	9,4	Oakburn	33	73	69%	3.1	4.51
53	9,5	Oakburn	27	60	57%	3.1	5.50
54	9,6	Oakburn	31	68	65%	3.1	4.80
55	9,7	Oakburn	24	52	50%	3.1	6.25
56	9,8	Oakburn	22	48	46%	3.1	6.82
57	9,9	Oakburn	22	48	46%	3.1	6.82
58	9,10	Oakburn	19	43	41%	3.1	7.69
59	9,11	Oakburn	15	32	31%	3.1	10.17
60	9,12	Oakburn	21	47	45%	3.1	6.97
61	9,13	Oakburn	20	45	43%	3.1	7.32
62	9,14	Oakburn	29	65	61%	3.1	5.08
63	9,15	Oakburn	24	52	50%	3.1	6.25
64	10,3	Oakburn	24	53	51%	3.1	6.18
65	10,4	Oakburn	23	52	49%	3.1	6.31
66	10,5	Oakburn	30	66	63%	3.1	4.96
67	10,6	Oakburn	33	74	70%	3.1	4.44
68	10,7	Oakburn	25	55	52%	3.1	6.00
69	10,8	Oakburn	19	43	41%	3.1	7.69
70	10,9	Oakburn	20	44	42%	3.1	7.50
71	10,10	Oakburn	23	51	49%	3.1	6.38
72	10,11	Oakburn	33	73	69%	3.1	4.51
73	10,12	Oakburn	16	37	35%	3.1	8.95
74	10,13	Oakburn	19	43	41%	3.1	7.59
75	10,14	Oakburn	20	45	43%	3.1	7.23
76	11,3	Oakburn	25	56	54%	3.1	5.82
77	11,4	Oakburn	16	35	33%	3.1	9.37
78	11,5	Oakburn	22	49	46%	3.1	6.74
79	11,6	Oakburn	15	33	32%	3.1	9.83
80	11,7	Oakburn	26	57	54%	3.1	5.77
81	11,8	Oakburn	24	52	50%	3.1	6.25
82	11,9	Oakburn	24	52	50%	3.1	6.25

83	11,10	Oakburn	23	51	49%	3.1	6.38
84	11,11	Oakburn	24	53	51%	3.1	6.18
85	11,12	Oakburn	24	52	50%	3.1	6.25
86	11,13	Oakburn	24	54	52%	3.1	6.06
87	11,14	Oakburn	23	51	49%	3.1	6.38
88	11,15	Oakburn	23	51	48%	3.1	6.45
89	12,3	Oakburn	27	61	58%	3.1	5.40
90	12,4	Oakburn	34	76	72%	3.1	4.32
91	12,5	Oakburn	26	58	55%	3.1	5.66
92	12,6	Oakburn	29	64	61%	3.1	5.13
93	12,7	Oakburn	30	66	62%	3.1	5.00
94	12,8	Oakburn	27	59	56%	3.1	5.55
95	12,9	Oakburn	20	45	43%	3.1	7.23
96	12,10	Oakburn	33	73	69%	3.1	4.51
97	12,11	Oakburn	23	51	49%	3.1	6.38
98	12,12	Oakburn	26	59	56%	3.1	5.61
99	12,13	Oakburn	31	68	65%	3.1	4.80
100	12,14	Oakburn	31	69	66%	3.1	4.76

Anexo 4 – Conteo plantas de Canola en Carberry

No.	Parcela	Ubicación	Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2 @ 4 hoja	% Emergencia	Distancia entre plantas esperada (cm)	Distancia entre plantas obtenida (cm)
1	1,3	Carberry	28	61	58%	3.1	5.36
2	1,4	Carberry	23	52	49%	3.1	6.31
3	1,5	Carberry	32	72	69%	3.1	4.54
4	1,6	Carberry	35	78	74%	3.1	4.22
5	1,7	Carberry	31	68	65%	3.1	4.80
6	1,8	Carberry	30	67	64%	3.1	4.92
7	1,9	Carberry	26	57	55%	3.1	5.71
8	1,10	Carberry	30	66	62%	3.1	5.00
9	1,11	Carberry	32	72	69%	3.1	4.54
10	1,12	Carberry	34	75	71%	3.1	4.38
11	1,13	Carberry	39	86	82%	3.1	3.82
12	1,14	Carberry	31	68	65%	3.1	4.80
13	1,15	Carberry	31	69	66%	3.1	4.72
14	1,16	Carberry	26	57	54%	3.1	5.77
15	1,17	Carberry	31	70	67%	3.1	4.69

16	1,18	Carberry	30	66	63%	3.1	4.96
17	1,19	Carberry	26	59	56%	3.1	5.61
18	1,20	Carberry	26	57	54%	3.1	5.77
19	1,21	Carberry	36	80	77%	3.1	4.08
20	1,22	Carberry	32	72	68%	3.1	4.58
21	1,23	Carberry	28	62	59%	3.1	5.26
22	1,24	Carberry	27	59	56%	3.1	5.55
23	1,25	Carberry	35	78	74%	3.1	4.22
24	1,26	Carberry	29	65	61%	3.1	5.08
25	1,27	Carberry	27	60	57%	3.1	5.50
26	2,3	Carberry	30	67	64%	3.1	4.88
27	2,4	Carberry	27	60	57%	3.1	5.45
28	2,5	Carberry	34	76	72%	3.1	4.32
29	2,6	Carberry	28	62	59%	3.1	5.31
30	2,7	Carberry	28	62	59%	3.1	5.26
31	2,8	Carberry	31	69	66%	3.1	4.76
32	2,9	Carberry	36	81	77%	3.1	4.05
33	2,10	Carberry	18	40	39%	3.1	8.11
34	2,11	Carberry	30	67	64%	3.1	4.88
35	2,12	Carberry	35	78	74%	3.1	4.19
36	2,13	Carberry	41	91	87%	3.1	3.59
37	2,14	Carberry	17	38	36%	3.1	8.57
38	2,15	Carberry	23	52	49%	3.1	6.31
39	2,16	Carberry	23	51	48%	3.1	6.45
40	2,17	Carberry	19	43	41%	3.1	7.59
41	2,18	Carberry	22	50	47%	3.1	6.59
42	2,19	Carberry	22	50	47%	3.1	6.59
43	2,20	Carberry	28	61	58%	3.1	5.36
44	2,21	Carberry	30	67	64%	3.1	4.92
45	2,22	Carberry	30	66	63%	3.1	4.96
46	2,23	Carberry	29	63	60%	3.1	5.17
47	2,24	Carberry	24	54	51%	3.1	6.12
48	2,25	Carberry	28	63	60%	3.1	5.22
49	2,26	Carberry	26	58	55%	3.1	5.66
50	2,27	Carberry	34	76	72%	3.1	4.32
51	3,3	Carberry	26	57	55%	3.1	5.71
52	3,4	Carberry	29	65	62%	3.1	5.04
53	3,5	Carberry	21	46	44%	3.1	7.06
54	3,6	Carberry	28	61	58%	3.1	5.36
55	3,7	Carberry	35	78	74%	3.1	4.22

56	3,8	Carberry	27	59	56%	3.1	5.55
57	3,9	Carberry	21	48	45%	3.1	6.89
58	3,10	Carberry	30	67	64%	3.1	4.88
59	3,11	Carberry	25	55	52%	3.1	6.00
60	3,12	Carberry	24	52	50%	3.1	6.25
61	3,13	Carberry	27	60	57%	3.1	5.50
62	3,14	Carberry	20	44	42%	3.1	7.50
63	3,15	Carberry	40	89	84%	3.1	3.70
64	3,16	Carberry	30	66	62%	3.1	5.00
65	3,17	Carberry	27	59	56%	3.1	5.55
66	3,18	Carberry	31	68	65%	3.1	4.84
67	3,19	Carberry	26	57	55%	3.1	5.71
68	3,20	Carberry	33	73	69%	3.1	4.51
69	3,21	Carberry	20	45	43%	3.1	7.23
70	3,22	Carberry	31	68	65%	3.1	4.84
71	3,23	Carberry	26	58	55%	3.1	5.66
72	3,24	Carberry	30	66	62%	3.1	5.00
73	3,25	Carberry	23	51	48%	3.1	6.45
74	3,26	Carberry	32	71	68%	3.1	4.61
75	3,27	Carberry	29	65	61%	3.1	5.08
76	4,3	Carberry	34	75	71%	3.1	4.38
77	4,4	Carberry	23	50	48%	3.1	6.52
78	4,5	Carberry	28	62	59%	3.1	5.31
79	4,6	Carberry	23	51	48%	3.1	6.45
80	4,7	Carberry	35	77	73%	3.1	4.25
81	4,8	Carberry	28	61	58%	3.1	5.36
82	4,9	Carberry	24	52	50%	3.1	6.25
83	4,10	Carberry	30	66	63%	3.1	4.96
84	4,11	Carberry	31	69	66%	3.1	4.72
85	4,12	Carberry	32	71	68%	3.1	4.61
86	4,13	Carberry	31	69	66%	3.1	4.72
87	4,14	Carberry	30	66	62%	3.1	5.00
88	4,15	Carberry	26	59	56%	3.1	5.61
89	4,16	Carberry	31	69	66%	3.1	4.72
90	4,17	Carberry	29	64	61%	3.1	5.13
91	4,18	Carberry	33	73	69%	3.1	4.51
92	4,19	Carberry	29	64	61%	3.1	5.13
93	4,20	Carberry	27	59	56%	3.1	5.55
94	4,21	Carberry	15	33	32%	3.1	9.83
95	4,22	Carberry	34	77	73%	3.1	4.28

96	4,23	Carberry	31	69	66%	3.1	4.72
97	4,24	Carberry	25	56	54%	3.1	5.82
98	4,25	Carberry	31	69	66%	3.1	4.76
99	4,26	Carberry	31	69	66%	3.1	4.72
100	4,27	Carberry	25	55	52%	3.1	6.00

Anexo 5 – Conteo plantas de Canola en Boissevain

No.	Parcela	Ubicación	Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2 @ 4 hoja	% Emergencia	Distancia entre plantas esperada (cm)	Distancia entre plantas obtenida (cm)
1	3,2	Boissevain	30	67	64%	3.1	4.92
2	3,3	Boissevain	31	69	66%	3.1	4.76
3	3,4	Boissevain	35	78	74%	3.1	4.22
4	3,5	Boissevain	32	71	67%	3.1	4.65
5	3,6	Boissevain	27	59	56%	3.1	5.55
6	3,7	Boissevain	32	72	69%	3.1	4.54
7	3,8	Boissevain	31	70	67%	3.1	4.69
8	3,9	Boissevain	39	86	82%	3.1	3.80
9	3,10	Boissevain	26	57	54%	3.1	5.77
10	3,11	Boissevain	36	80	76%	3.1	4.11
11	3,12	Boissevain	42	93	89%	3.1	3.53
12	3,13	Boissevain	38	84	80%	3.1	3.90
13	3,14	Boissevain	36	80	76%	3.1	4.11
14	3,15	Boissevain	30	67	64%	3.1	4.92
15	3,16	Boissevain	38	84	80%	3.1	3.90
16	3,17	Boissevain	31	69	66%	3.1	4.72
17	3,18	Boissevain	35	78	74%	3.1	4.22
18	3,19	Boissevain	30	67	64%	3.1	4.92
19	3,20	Boissevain	36	81	77%	3.1	4.05
20	3,21	Boissevain	33	73	70%	3.1	4.48
21	3,22	Boissevain	30	66	62%	3.1	5.00
22	3,23	Boissevain	34	75	72%	3.1	4.35
23	3,24	Boissevain	35	79	75%	3.1	4.17
24	3,25	Boissevain	32	72	68%	3.1	4.58
25	3,26	Boissevain	31	68	65%	3.1	4.84
26	4,2	Boissevain	34	75	72%	3.1	4.35
27	4,3	Boissevain	31	70	67%	3.1	4.69
28	4,4	Boissevain	31	69	66%	3.1	4.76

29	4,5	Boissevain	36	81	77%	3.1	4.05
30	4,6	Boissevain	29	65	61%	3.1	5.08
31	4,7	Boissevain	39	87	83%	3.1	3.75
32	4,8	Boissevain	40	90	85%	3.1	3.66
33	4,9	Boissevain	24	54	51%	3.1	6.12
34	4,10	Boissevain	34	76	73%	3.1	4.30
35	4,11	Boissevain	41	92	87%	3.1	3.57
36	4,12	Boissevain	31	70	67%	3.1	4.69
37	4,13	Boissevain	20	44	42%	3.1	7.45
38	4,14	Boissevain	20	45	43%	3.1	7.32
39	4,15	Boissevain	24	54	51%	3.1	6.12
40	4,16	Boissevain	24	53	51%	3.1	6.18
41	4,17	Boissevain	27	59	56%	3.1	5.55
42	4,18	Boissevain	22	48	46%	3.1	6.82
43	4,19	Boissevain	23	50	48%	3.1	6.52
44	4,20	Boissevain	28	61	58%	3.1	5.36
45	4,21	Boissevain	27	59	56%	3.1	5.55
46	4,22	Boissevain	28	61	58%	3.1	5.36
47	4,23	Boissevain	36	80	76%	3.1	4.11
48	4,24	Boissevain	36	79	76%	3.1	4.14
49	4,25	Boissevain	21	47	45%	3.1	6.97
50	4,26	Boissevain	30	67	64%	3.1	4.92
51	5,2	Boissevain	31	70	67%	3.1	4.69
52	5,3	Boissevain	31	68	65%	3.1	4.84
53	5,4	Boissevain	29	65	61%	3.1	5.08
54	5,5	Boissevain	29	65	61%	3.1	5.08
55	5,6	Boissevain	35	79	75%	3.1	4.17
56	5,7	Boissevain	29	63	60%	3.1	5.17
57	5,8	Boissevain	18	40	39%	3.1	8.11
58	5,9	Boissevain	26	57	54%	3.1	5.77
59	5,10	Boissevain	32	71	68%	3.1	4.61
60	5,11	Boissevain	28	62	59%	3.1	5.26
61	5,12	Boissevain	27	60	57%	3.1	5.45
62	5,13	Boissevain	34	77	73%	3.1	4.28
63	5,14	Boissevain	34	75	72%	3.1	4.35
64	5,15	Boissevain	27	61	58%	3.1	5.40
65	5,16	Boissevain	37	83	79%	3.1	3.95
66	5,17	Boissevain	24	54	51%	3.1	6.12
67	5,18	Boissevain	32	72	69%	3.1	4.54
68	5,19	Boissevain	33	74	70%	3.1	4.44

69	5,20	Boissevain	22	48	46%	3.1	6.82
70	5,21	Boissevain	29	63	60%	3.1	5.17
71	5,22	Boissevain	42	93	89%	3.1	3.53
72	5,23	Boissevain	32	72	68%	3.1	4.58
73	5,24	Boissevain	29	63	60%	3.1	5.17
74	5,25	Boissevain	28	61	58%	3.1	5.36
75	5,26	Boissevain	30	66	62%	3.1	5.00
76	6,2	Boissevain	29	65	62%	3.1	5.04
77	6,3	Boissevain	29	63	60%	3.1	5.17
78	6,4	Boissevain	37	83	79%	3.1	3.95
79	6,5	Boissevain	24	52	50%	3.1	6.25
80	6,6	Boissevain	32	72	68%	3.1	4.58
81	6,7	Boissevain	31	69	66%	3.1	4.76
82	6,8	Boissevain	26	58	55%	3.1	5.66
83	6,9	Boissevain	28	62	59%	3.1	5.26
84	6,10	Boissevain	28	61	58%	3.1	5.36
85	6,11	Boissevain	27	59	56%	3.1	5.55
86	6,12	Boissevain	38	85	81%	3.1	3.85
87	6,13	Boissevain	35	79	75%	3.1	4.17
88	6,14	Boissevain	27	61	58%	3.1	5.40
89	6,15	Boissevain	38	85	81%	3.1	3.85
90	6,16	Boissevain	34	75	72%	3.1	4.35
91	6,17	Boissevain	35	78	74%	3.1	4.22
92	6,18	Boissevain	37	83	79%	3.1	3.95
93	6,19	Boissevain	25	55	52%	3.1	6.00
94	6,20	Boissevain	28	62	59%	3.1	5.26
95	6,21	Boissevain	33	73	70%	3.1	4.48
96	6,22	Boissevain	36	80	77%	3.1	4.08
97	6,23	Boissevain	34	77	73%	3.1	4.28
98	6,24	Boissevain	31	68	65%	3.1	4.84
99	6,25	Boissevain	31	70	67%	3.1	4.69
100	6,26	Boissevain	26	57	54%	3.1	5.77

Anexo 6 – Conteo plantas de Canola en Gainsborough

No.	Parcela	Ubicación	Conteo Plantas / Cuadro	Plantas/m2 @ 4 hoja	% Emergencia	Distancia entre plantas esperada (cm)	Distancia entre plantas obtenida (cm)
1	2,7	Gainsborough	26	57	54%	3.1	5.75

2	2,8	Gainsborough	22	49	46%	3.1	6.75
3	2,9	Gainsborough	32	70	67%	3.1	4.67
4	2,10	Gainsborough	33	74	70%	3.1	4.44
5	2,11	Gainsborough	29	64	61%	3.1	5.12
6	2,12	Gainsborough	28	62	59%	3.1	5.29
7	2,13	Gainsborough	25	55	52%	3.1	5.95
8	2,14	Gainsborough	29	64	61%	3.1	5.16
9	2,15	Gainsborough	31	69	66%	3.1	4.74
10	2,16	Gainsborough	32	72	69%	3.1	4.54
11	2,17	Gainsborough	38	85	81%	3.1	3.88
12	2,18	Gainsborough	30	68	64%	3.1	4.86
13	2,19	Gainsborough	30	66	63%	3.1	4.95
14	3,7	Gainsborough	24	54	51%	3.1	6.09
15	3,8	Gainsborough	31	69	66%	3.1	4.77
16	3,9	Gainsborough	28	62	59%	3.1	5.28
17	3,10	Gainsborough	25	55	52%	3.1	5.97
18	3,11	Gainsborough	23	52	50%	3.1	6.31
19	3,12	Gainsborough	35	78	74%	3.1	4.23
20	3,13	Gainsborough	30	67	64%	3.1	4.87
21	3,14	Gainsborough	27	60	57%	3.1	5.48
22	3,15	Gainsborough	24	54	52%	3.1	6.06
23	3,16	Gainsborough	34	76	72%	3.1	4.31
24	3,17	Gainsborough	29	64	61%	3.1	5.15
25	3,18	Gainsborough	27	59	57%	3.1	5.52
26	4,7	Gainsborough	28	62	59%	3.1	5.26
27	4,8	Gainsborough	25	56	53%	3.1	5.87
28	4,9	Gainsborough	32	71	68%	3.1	4.59
29	4,10	Gainsborough	27	61	58%	3.1	5.38
30	4,11	Gainsborough	28	62	59%	3.1	5.27
31	4,12	Gainsborough	29	65	62%	3.1	5.04
32	4,13	Gainsborough	35	77	73%	3.1	4.27
33	4,14	Gainsborough	18	40	38%	3.1	8.16
34	4,15	Gainsborough	30	66	63%	3.1	4.95
35	4,16	Gainsborough	34	76	73%	3.1	4.30
36	4,17	Gainsborough	41	91	87%	3.1	3.61
37	4,18	Gainsborough	22	49	47%	3.1	6.68
38	4,19	Gainsborough	22	49	46%	3.1	6.76
39	5,7	Gainsborough	22	49	46%	3.1	6.75
40	5,8	Gainsborough	17	38	36%	3.1	8.59
41	5,9	Gainsborough	21	47	45%	3.1	6.92

42	5,10	Gainsborough	22	49	46%	3.1	6.76
43	5,11	Gainsborough	26	57	54%	3.1	5.77
44	5,12	Gainsborough	29	64	61%	3.1	5.12
45	5,13	Gainsborough	28	61	58%	3.1	5.35
46	5,14	Gainsborough	28	62	59%	3.1	5.27
47	5,15	Gainsborough	24	53	51%	3.1	6.14
48	5,16	Gainsborough	27	61	58%	3.1	5.42
49	5,17	Gainsborough	25	56	53%	3.1	5.88
50	5,18	Gainsborough	33	73	69%	3.1	4.52
51	6,7	Gainsborough	24	54	51%	3.1	6.13
52	6,8	Gainsborough	27	61	58%	3.1	5.41
53	6,9	Gainsborough	20	45	43%	3.1	7.26
54	6,10	Gainsborough	26	57	54%	3.1	5.73
55	6,11	Gainsborough	33	74	70%	3.1	4.44
56	6,12	Gainsborough	25	56	53%	3.1	5.91
57	6,13	Gainsborough	19	43	41%	3.1	7.63
58	6,14	Gainsborough	29	65	62%	3.1	5.05
59	6,15	Gainsborough	23	51	48%	3.1	6.50
60	6,16	Gainsborough	23	51	48%	3.1	6.47
61	6,17	Gainsborough	26	58	55%	3.1	5.68
62	6,18	Gainsborough	18	41	39%	3.1	8.06
63	6,19	Gainsborough	38	84	80%	3.1	3.90
64	7,7	Gainsborough	29	64	61%	3.1	5.15
65	7,8	Gainsborough	26	57	54%	3.1	5.73
66	7,9	Gainsborough	30	67	64%	3.1	4.87
67	7,10	Gainsborough	26	57	54%	3.1	5.78
68	7,11	Gainsborough	31	70	66%	3.1	4.71
69	7,12	Gainsborough	19	41	39%	3.1	7.92
70	7,13	Gainsborough	29	66	62%	3.1	5.01
71	7,14	Gainsborough	25	57	54%	3.1	5.81
72	7,15	Gainsborough	28	63	60%	3.1	5.25
73	7,16	Gainsborough	22	48	46%	3.1	6.78
74	7,17	Gainsborough	30	66	63%	3.1	4.94
75	7,18	Gainsborough	28	62	59%	3.1	5.32
76	8,7	Gainsborough	33	74	71%	3.1	4.41
77	8,8	Gainsborough	22	49	47%	3.1	6.65
78	8,9	Gainsborough	27	61	58%	3.1	5.42
79	8,10	Gainsborough	23	51	48%	3.1	6.46
80	8,11	Gainsborough	33	73	69%	3.1	4.51
81	8,12	Gainsborough	27	59	56%	3.1	5.55

82	8,13	Gainsborough	22	48	46%	3.1	6.85
83	8,14	Gainsborough	29	64	61%	3.1	5.11
84	8,15	Gainsborough	30	66	63%	3.1	4.98
85	8,16	Gainsborough	31	69	66%	3.1	4.73
86	8,17	Gainsborough	30	67	64%	3.1	4.91
87	8,18	Gainsborough	28	63	60%	3.1	5.24
88	8,19	Gainsborough	25	55	52%	3.1	5.97
89	9,7	Gainsborough	30	68	64%	3.1	4.84
90	9,8	Gainsborough	27	60	57%	3.1	5.45
91	9,9	Gainsborough	31	69	65%	3.1	4.78
92	9,10	Gainsborough	29	64	61%	3.1	5.13
93	9,11	Gainsborough	26	57	54%	3.1	5.77
94	9,12	Gainsborough	15	33	31%	3.1	10.06
95	9,13	Gainsborough	33	74	70%	3.1	4.44
96	9,14	Gainsborough	30	67	64%	3.1	4.90
97	9,15	Gainsborough	23	51	49%	3.1	6.38
98	9,16	Gainsborough	30	67	64%	3.1	4.88
99	9,17	Gainsborough	30	67	64%	3.1	4.89
100	9,18	Gainsborough	24	54	52%	3.1	6.03

Anexo 7 – Medición tamaño de Maiz con un calibrador











Anexo 8 – Medición tamaño de Canola con un calibrador









Anexo 9 – Medición tamaño de Balines de cobre con un calibrador









Anexo 10 – Medición tamaño de Canola Cubierta con un calibrador









Anexo 11 - Resultados ImageJ Maíz

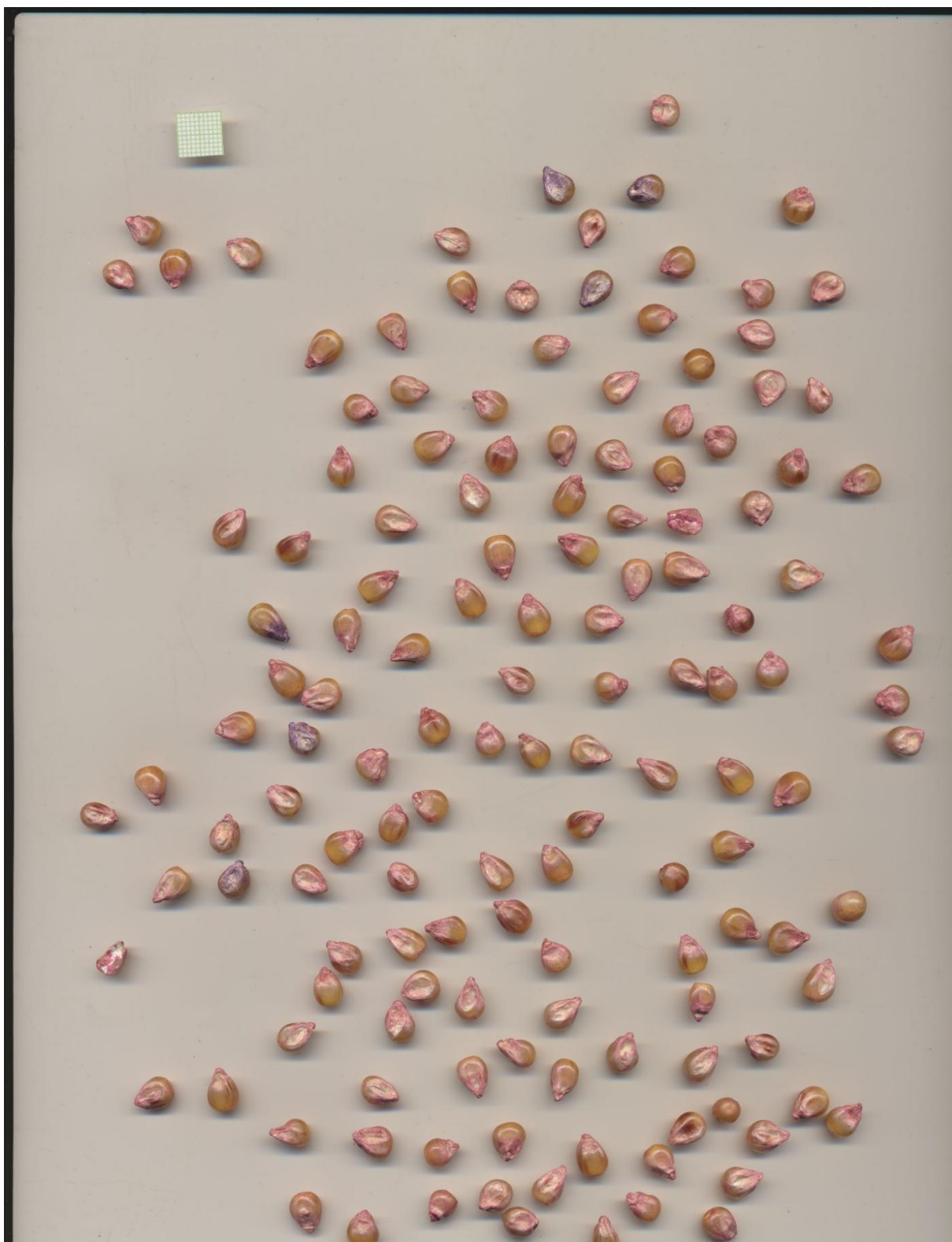
	Maíz 1		Maíz 2		Maíz 3	
No	Area (mm2)	Diámetro Feret Min (mm)	Area (mm2)	Diámetro Feret Min (mm)	Area (mm2)	Diámetro Feret Min (mm)
1	38.863	6.647	50.007	7.612	53.833	7.296
2	47.824	7.119	50.877	7.187	46.595	6.536
3	45.067	6.796	49.896	7.423	49.288	7.122
4	49.418	7.647	49.748	7.087	51.062	7.605
5	42.556	6.592	39.429	6.289	44.778	6.679
6	44.245	6.854	42.465	6.329	49.361	7.046
7	42.017	6.395	35.821	6.311	49.965	6.828
8	46.144	6.838	34.11	5.497	51.314	7.242
9	45.458	7.342	43.059	6.827	40.195	6.452
10	49.113	7.559	52.713	7.337	53.282	7.339
11	38.715	6.484	41.717	6.436	51.03	6.95
12	46.133	6.723	44.864	6.888	45.45	6.812
13	46.169	6.648	38.248	6.234	50.628	7.271
14	46.445	7.173	42.615	7.082	47.046	6.368
15	41.718	6.867	46.384	7.235	45.221	7.107
16	44.245	7.24	47.349	7.518	48.748	7.285
17	45.874	6.92	50.871	7.573	55.598	7.397
18	40.592	6.409	47.842	7.291	50.526	6.587
19	46.056	6.97	53.021	7.127	40.242	7.051
20	54.74	7.289	60.298	7.783	48.348	6.911
21	40.114	6.301	42.929	6.959	47.456	6.972
22	43.13	7.357	41.168	6.591	46.08	6.889

23	46.692	7.481	55.44	7.755	41.979	6.633
24	47.063	6.98	51.168	7.483	56.091	7.473
25	44.446	6.782	43.21	6.686	45.863	6.877
26	46.777	7.205	51.227	7.622	46.416	6.662
27	37.848	6.45	44.441	6.88	53.899	7.298
28	44.661	6.885	49.218	7.123	45.885	7.479
29	47.543	6.665	41.284	6.151	47.187	6.811
30	48.059	7.397	56.923	7.382	46.895	6.815
31	49.608	7.192	53.542	6.663	52.161	7.284
32	48.431	7.406	44.566	6.982	48.506	6.979
33	49.11	7.666	51.869	6.909	47.306	7.512
34	40.851	6.313	46.554	6.875	49.066	7.264
35	50.139	7.497	35.455	6.291	41.609	6.763
36	45.331	6.91	42.941	7.015	46.331	7.188
37	47.998	7.114	40.814	6.384	50.869	7.282
38	47.62	7.118	46.52	6.86	51.645	7.313
39	52.055	6.748	45.756	7.223	44.231	6.74
40	45.594	7.417	43.468	7.061	45.812	6.684
41	37.978	6.028	45.183	7.19	46.963	6.953
42	52.596	7.161	53.543	7.202	49.2	6.845
43	53.295	7.472	49.132	7.464	46.282	6.848
44	41.782	6.51	44.762	6.895	45.608	7.332
45	52.63	7.301	43.235	6.751	48.475	6.786
46	54.941	7.245	39.151	6.72	33.3	5.861
47	49.289	7.087	41.825	6.234	36.396	6.588
48	50.742	7.161	47.346	6.584	55.887	7.036
49	48.718	6.905	53.355	7.486	45.765	6.832
50	48.761	6.516	53.319	7.416	50	7.12
51	53.699	7.345	50.653	7.111	48.568	6.737
52	55.212	6.949	50.494	7.288	57.467	7.438
53	36.641	6.64	47.341	6.894	45.791	6.552
54	47.338	7.082	42.98	6.476	44.481	7.075
55	45.736	6.461	42.099	6.559	41.685	6.742
56	55.926	7.505	41.801	6.214	41.79	7.023
57	45.028	6.666	39.708	6.688	44.514	6.547
58	39.746	6.207	45.965	7.074	42.449	6.974
59	38.258	6.799	50.786	7.026	40.377	6.751
60	48.03	7.346	47.497	6.855	45.642	6.939
61	49.875	7.243	47.599	7.451	47.39	6.586
62	39.653	6.746	46.251	6.907	48.841	7.12
63	43.576	7.181	52.303	7.358	50.211	7.44
64	42.295	6.498	43.192	6.677	45.986	6.717
65	53.584	7.728	45.011	7.374	44.416	6.79

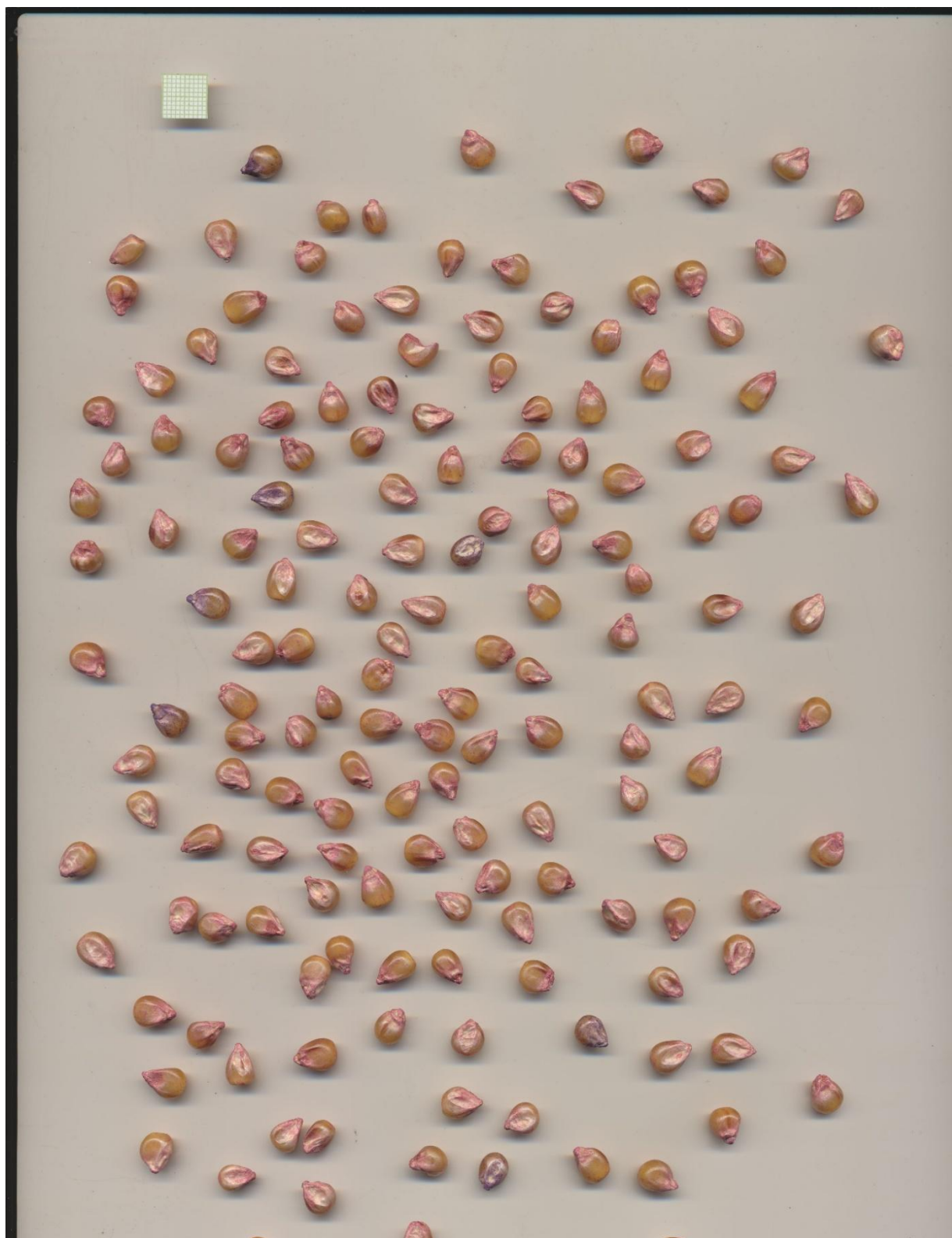
66	47.405	7.47	52.723	6.802	37.65	6.571
67	55.207	7.902	33.493	6.031	44.745	6.815
68	49.397	7.037	44.973	6.96	56.057	7.288
69	48.24	7.027	49.885	7.139	49.112	7.133
70	55.218	7.409	53.332	7.412	43.804	7.159
71	46.217	7.103	46.23	6.812	47.869	6.607
72	48.608	7.372	50.563	6.926	33.209	6.149
73	40.141	6.02	40.296	6.815	43.752	6.659
74	46.078	6.776	45.01	6.469	43.952	6.722
75	41.256	6.534	51.636	7.584	50.78	7.195
76	45.251	6.868	52.569	7.367	39.364	6.317
77	53.099	7.379	38.401	6.065	43.262	7.065
78	48.495	6.933	45.648	7.265	49.335	7.451
79	46.899	6.762	48.652	6.813	50.677	7.04
80	47.491	6.562	55.307	7.506	39.669	6.234
81	45.213	6.797	36.897	6.086	46.528	6.939
82	38.143	6.237	49.78	7.127	58.869	7.331
83	35.734	6.668	43.721	6.815	42.591	6.627
84	42.323	6.523	49.11	7.214	50.985	7.169
85	47.784	6.9	52.508	7.117	47.615	6.833
86	45.224	6.972	44.687	7.245	45.516	6.591
87	51.482	7.118	51.663	7.49	36.608	6.046
88	45.693	6.846	50.017	7.344	51.349	7.461
89	47.531	6.748	40.919	6.697	42.804	6.664
90	45.725	6.907	43.654	6.237	43.173	6.534
91	40.717	6.867	53.233	7.52	52.119	7.294
92	46.583	7.034	55.042	7.431	55.476	7.454
93	57.758	7.54	44.22	5.855	41.337	7.179
94	45.194	6.687	47.247	7.195	44.442	7.14
95	52.159	7.8	45.19	6.858	52.322	7.226
96	45.976	6.58	40.185	6.345	50.516	7.448
97	39.388	6.029	45.693	6.599	43.899	6.533
98	46.681	6.805	49.485	6.927	49.206	6.781
99	48.123	6.651	47.473	6.914	39.785	6.391
100	43.618	6.491	48.716	7.139	42.461	6.995
101	50.052	7.366	47.916	6.803	49.978	7.142
102	36.425	6.234	44.728	6.713	45.219	6.613
103	41.021	6.174	50.885	6.809	32.916	5.822
104	50.083	6.814	49.664	7.342	49.696	7.256
105	46.969	6.814	36.931	6.147	54.338	7.243
106	45.353	6.307	51.911	7.375	47.932	6.862
107	52.82	7.157	48.98	6.908	41.461	5.965
108	42.112	6.337	55.354	7.92	56.79	7.191

109	50.586	7.233	43.239	6.445	51.653	7.091
110	49.457	6.938	51.725	7.285	48.59	6.909
111	39.649	6.158	47.712	7.502	45.404	7.187
112	50.205	7.317	54.527	7.434	47.579	7.201
113	48.866	7.4	46.852	7.255	49.622	7.598
114	49.613	7.193	43.574	6.818	48.958	7.156
115	51.104	7.025	41.266	6.582	44.345	7.399
116	37.747	6.446	51.174	7.138	45.974	6.589
117	42.866	6.603	45.469	6.95	42.721	6.575
118	45.966	6.516	51.559	7.216	53.284	7.158
119	49.853	7.103	45.709	6.865	47.804	7.247
120	35.482	6.339	57.026	7.595	41.136	6.546
121	49.915	7.329	49.124	7.368	39.968	6.261
122	40.337	6.456	40.294	6.289	52.702	7.166
123	49.08	7.548	48.654	6.701	45.952	7.094
124			47.495	7.516	51.339	7.372
125			43.993	6.785	52.664	7.329
126			55.35	7.292	57.135	7.606
127			44.027	6.743	46.476	6.95
128			44.401	6.991	38.765	6.379
129			45.837	7.154	45.196	6.465
130			42.035	6.405	38.51	6.347
131			53.193	7.099	47.811	6.903
132			54.871	7.529	50.097	7.522
133			54.09	7.339	49.691	7.338
134			47.243	6.552	46.583	7.206
135			51.853	7.028	52.082	7.189
136			49.462	7.397	46.381	6.868
137			49.398	7.376	47.271	6.452
138			41.494	6.925	51.234	7.036
139			45.442	7.211	48.759	6.826
140			51.468	7.354		
141			41.503	6.683		
142			49.655	6.951		
143			41.38	6.453		
144			48.883	7.097		
145			37.116	5.958		
146			45.512	7.206		
Promedio	46.304	6.921	46.935	6.962	47.051	6.939
Promedio Área del Maíz (mm ²)					46.763	
Promedio Diámetro Feret del Maíz (mm)					6.941	

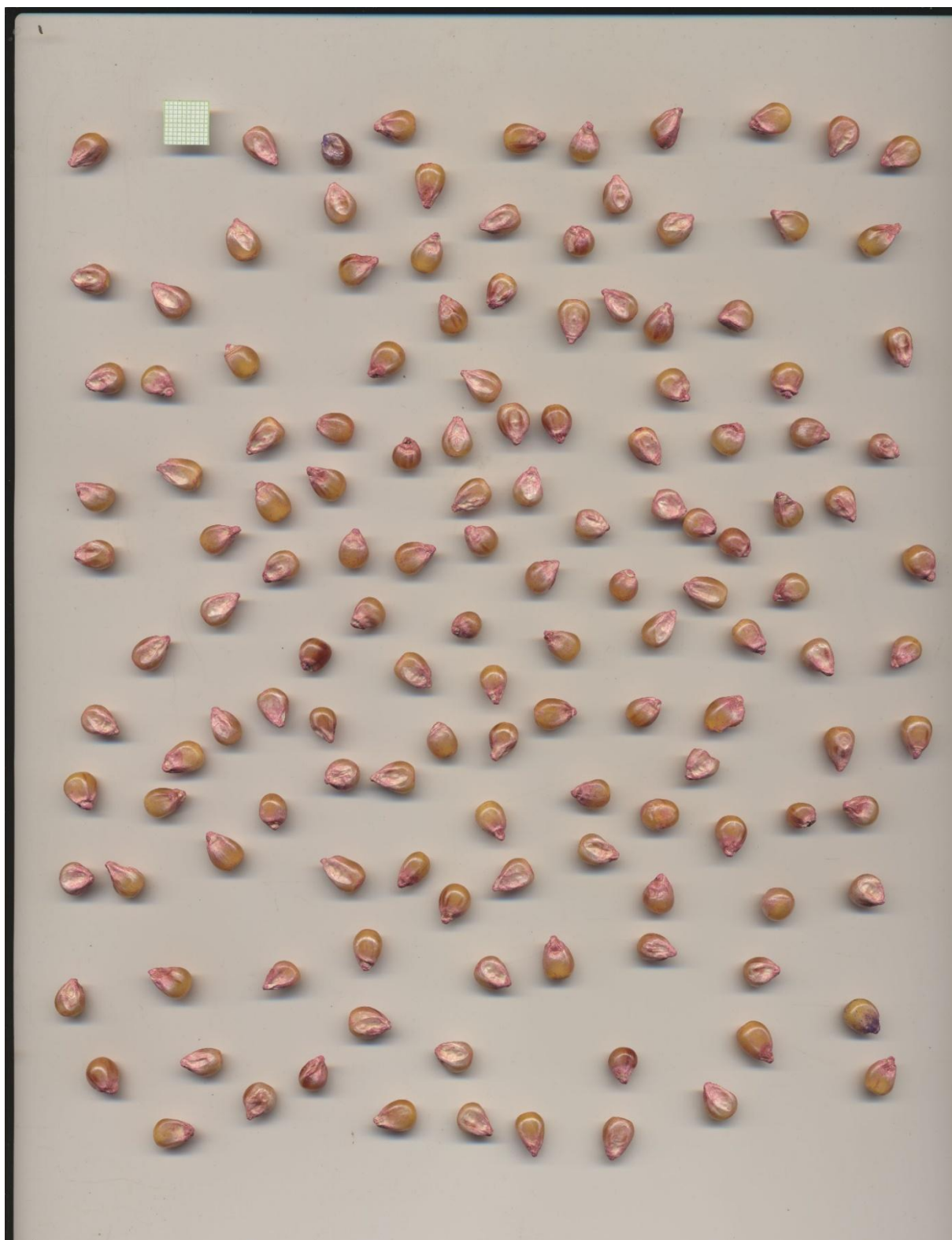
Maíz 1



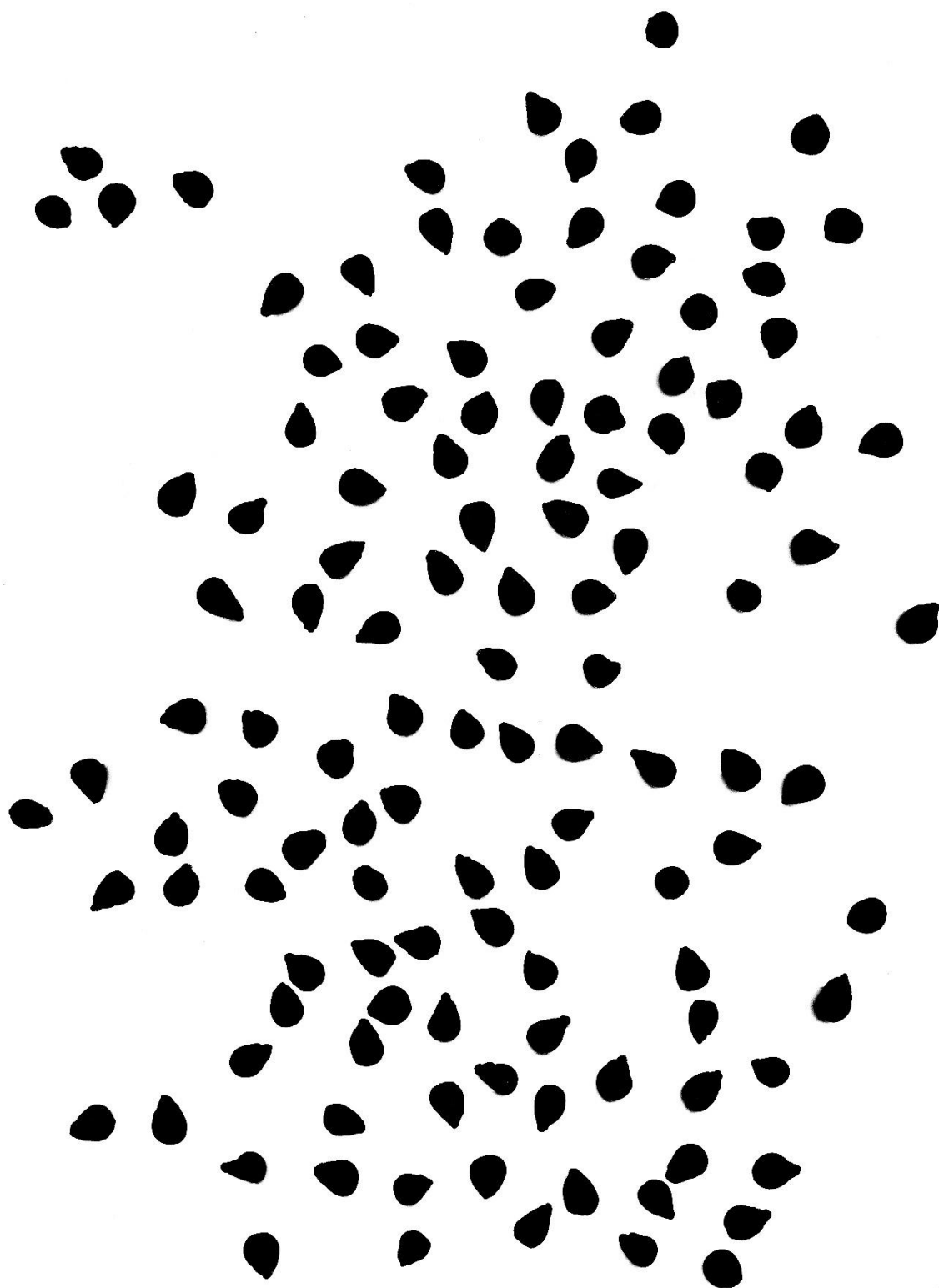
Maíz 2



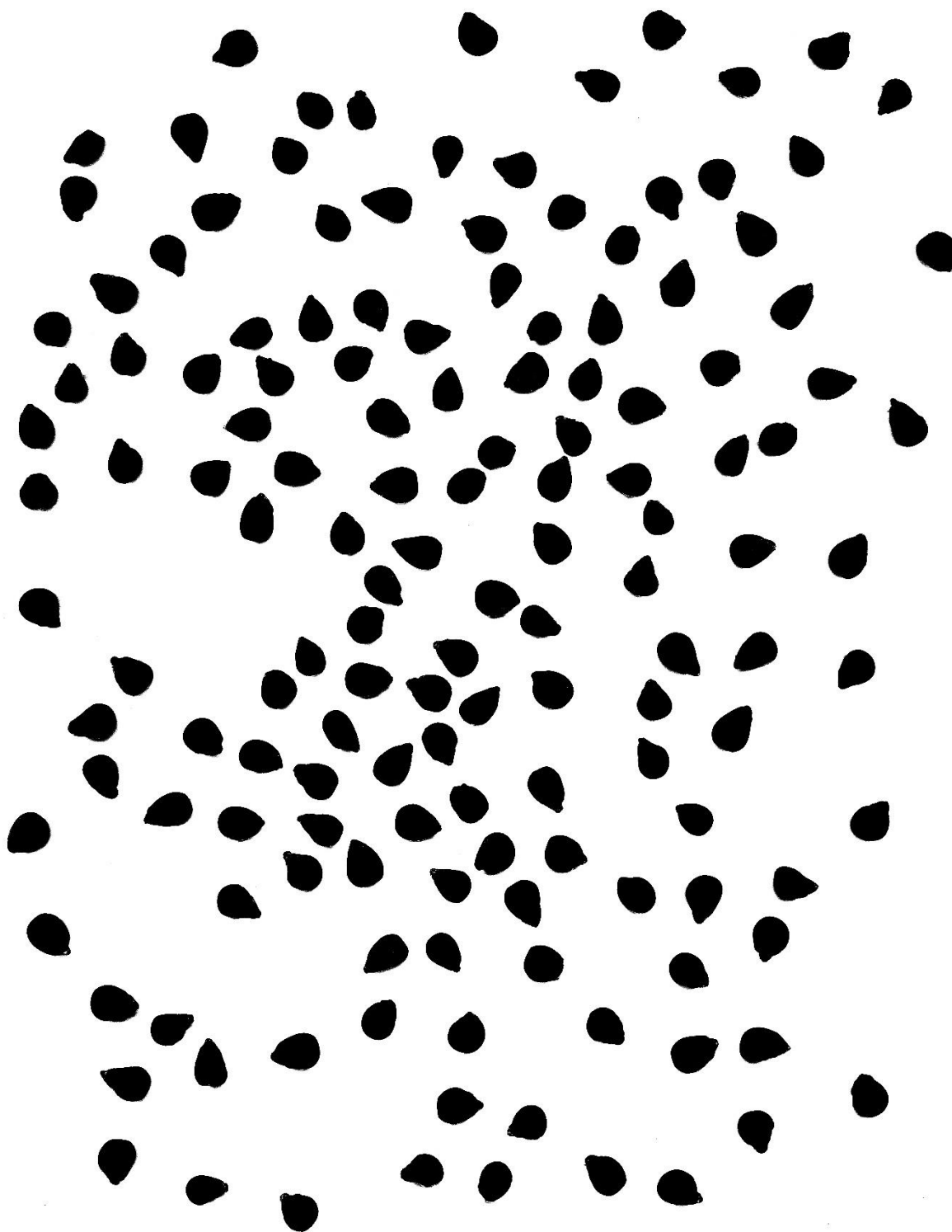
Maíz 3



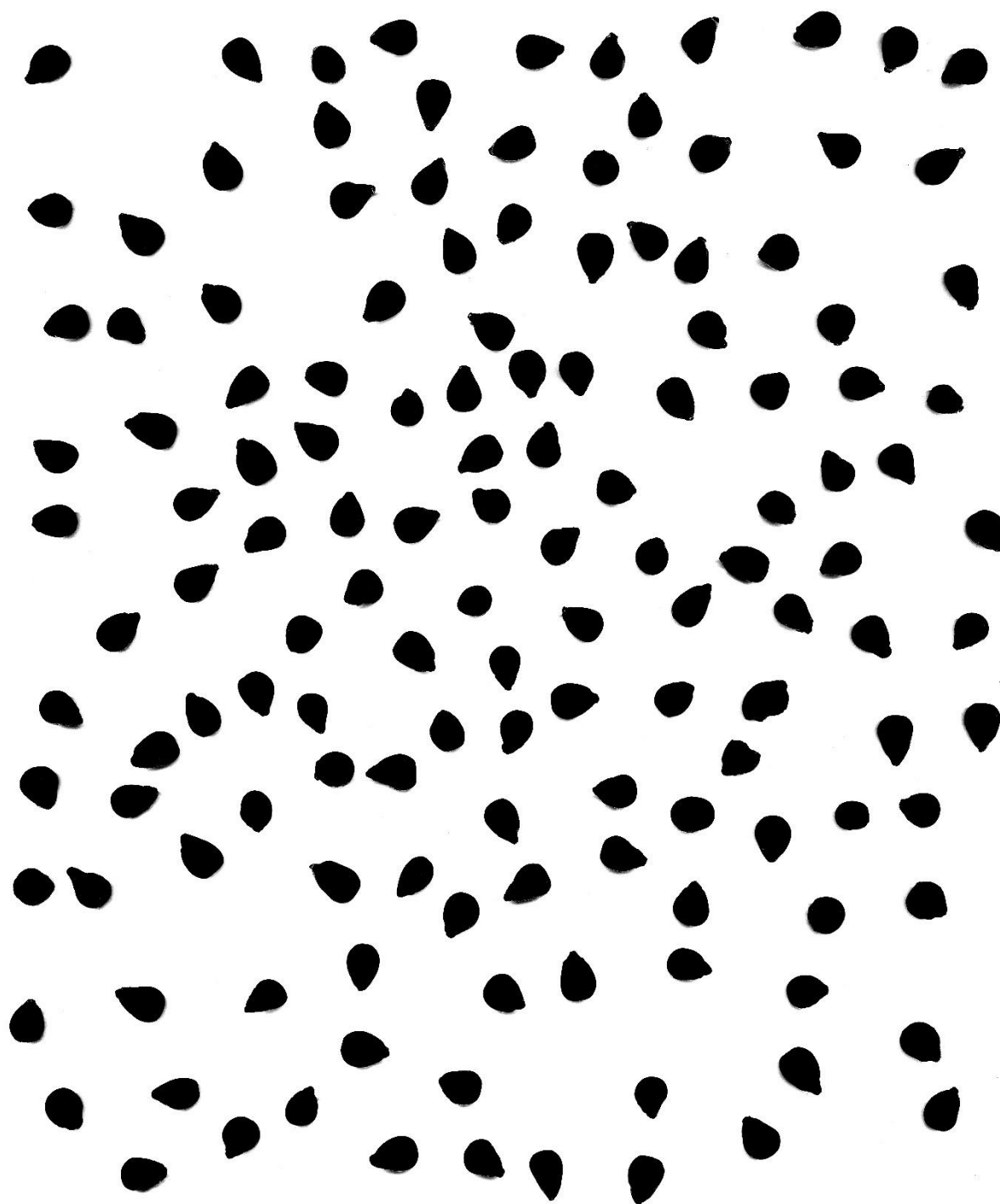
Maíz 1



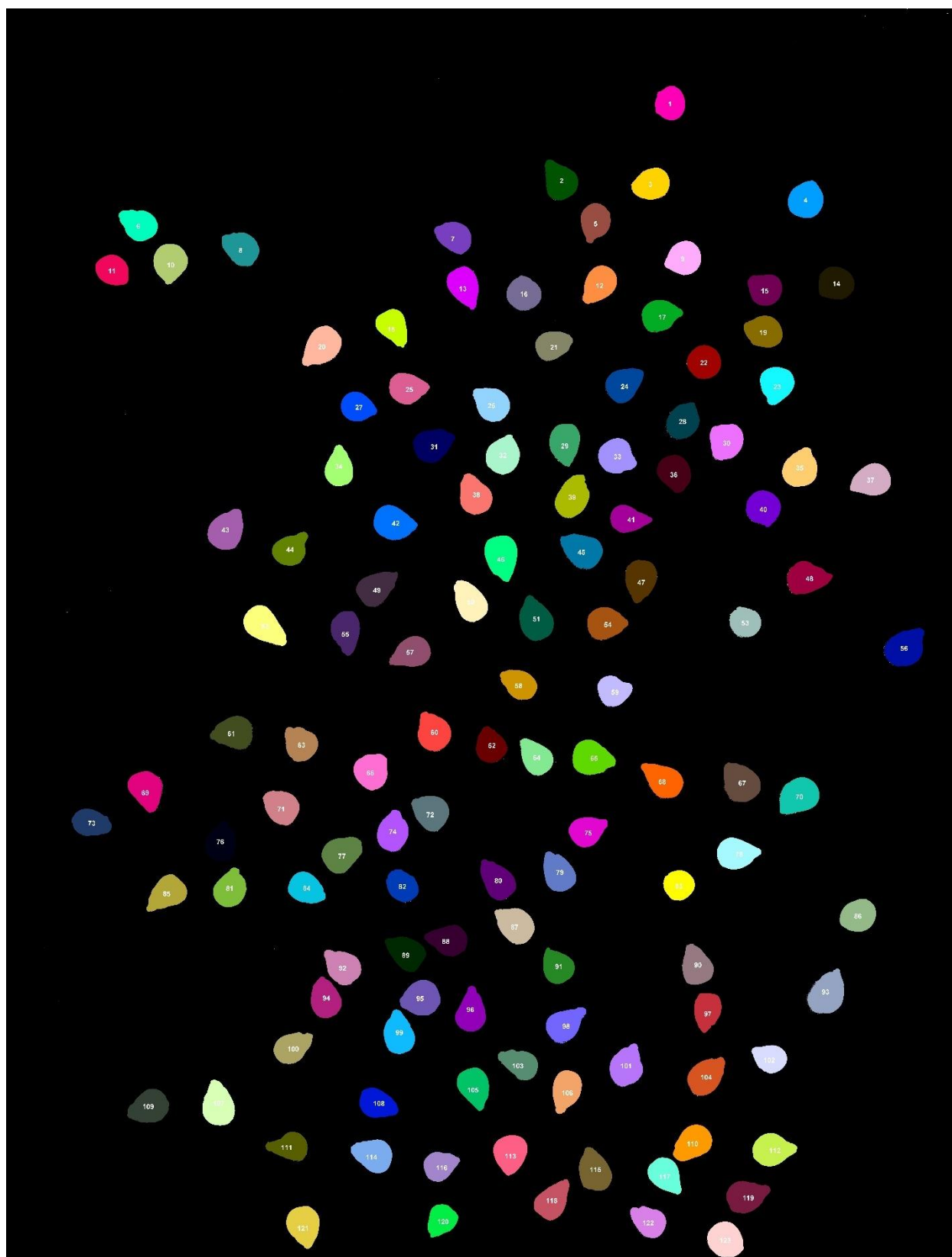
Maíz 2



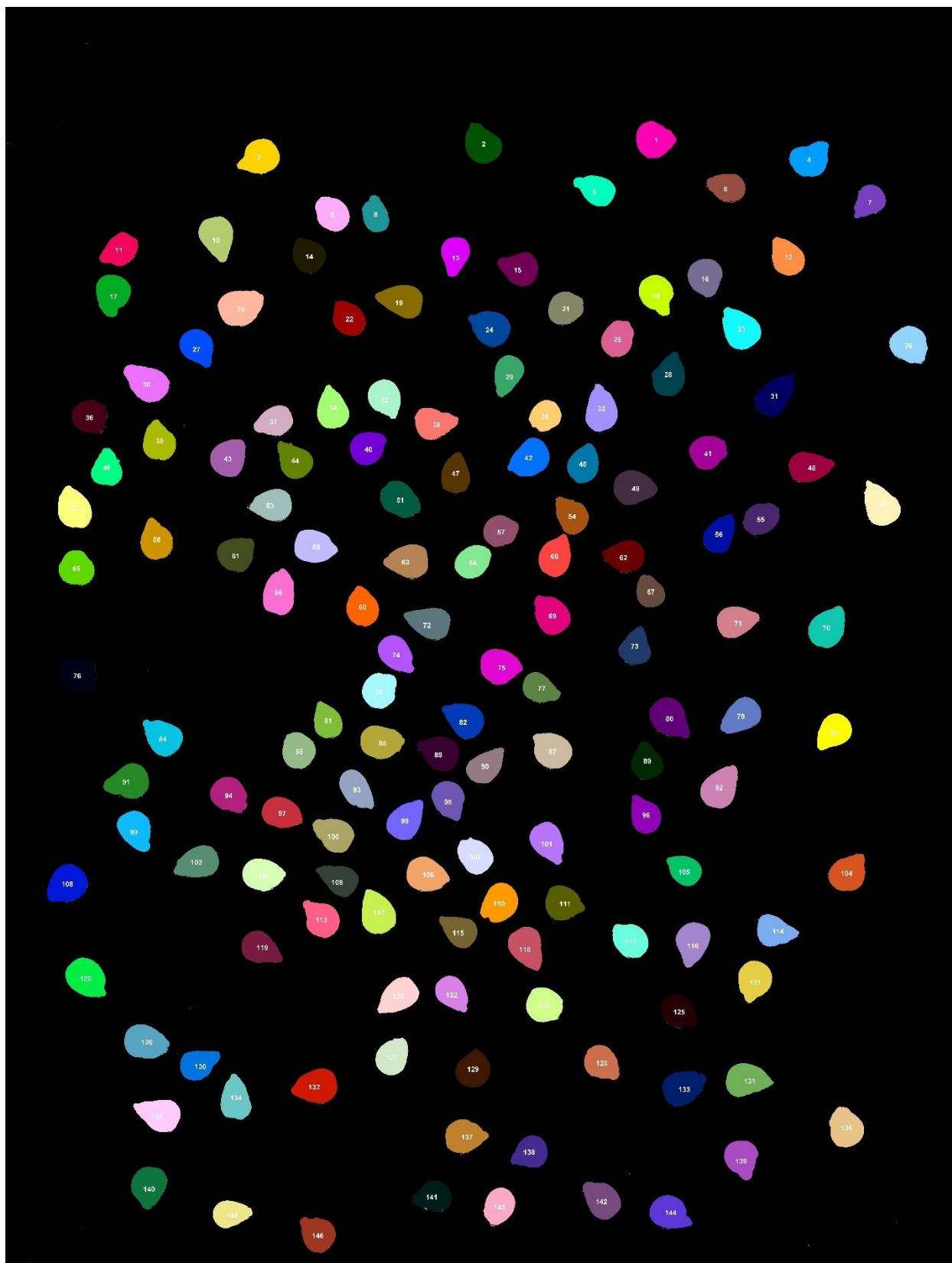
Maíz 3



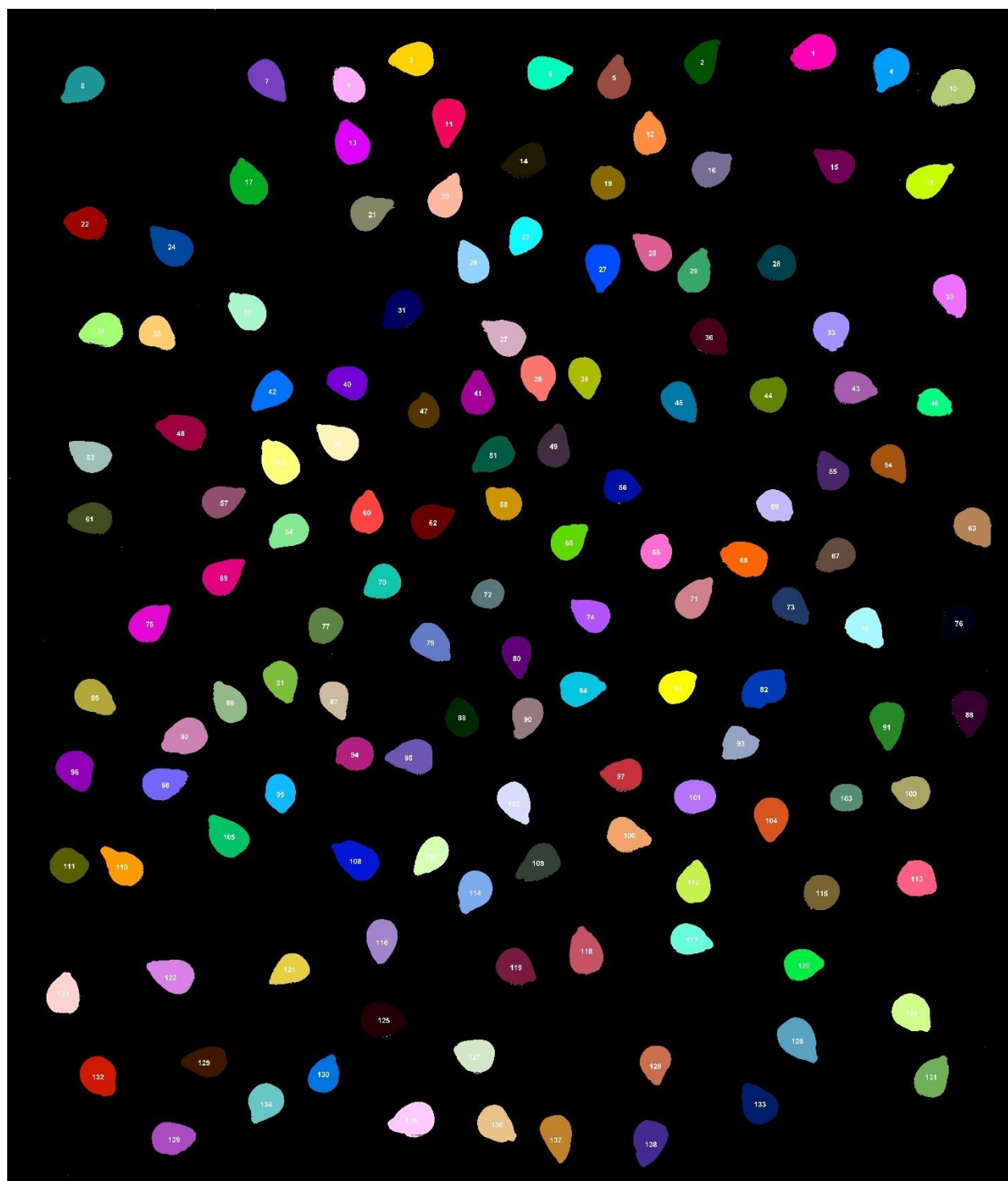
Maíz 1



Maíz 2



Maíz 3



Anexo 12 - Resultados ImageJ Canola

No	Canola 1		Canola 2		Canola 3	
	Area (mm2)	Diámetro Feret Min (mm)	Area (mm2)	Diámetro Feret Min (mm)	Area (mm2)	Diámetro Feret Min (mm)
1	3.719	2.126	3.776	2.107	3.537	2.097
2	3.722	2.057	3.063	1.954	3.036	1.853
3	3.694	2.085	3.141	1.895	2.685	1.727
4	3.625	1.94	2.8	1.721	4.502	2.219
5	4.002	2.255	4.705	2.311	3.692	2.122
6	3.028	1.809	3.299	2.043	4.243	2.246
7	2.865	1.727	3.212	1.938	3.493	2.043
8	2.648	1.78	2.495	1.706	3.49	2.022
9	3.718	1.996	4.294	2.291	3.298	1.983
10	3.413	1.946	3.053	1.76	3.441	2.033
11	4.21	2.271	3.846	2.196	3.075	1.908
12	4.109	2.173	3.236	1.874	3.436	2.043
13	3.897	2.13	3.027	1.891	4.065	2.064
14	3.988	2.225	2.688	1.77	3.762	2.085
15	3.247	1.959	2.283	1.622	4.108	2.174
16	3.997	2.124	3.436	1.925	3.656	2.09
17	3.22	1.883	3.062	1.871	3.617	2.041
18	4.373	2.194	3.763	2.143	3.712	2.096
19	3.048	1.941	3.271	1.95	4.112	2.15
20	3.408	2.021	3.654	2.106	2.831	1.796
21	2.828	1.757	3.337	2.022	3.774	2.077
22	3.769	2.022	3.006	1.921	4.009	2.043
23	2.902	1.808	3.508	2.01	3.652	2.1
24	3.273	1.947	3.558	2.055	3.974	2.144
25	3.237	1.941	3.931	2.064	3.778	2.064
26	3.441	1.987	3.405	2.016	4.245	2.27
27	3.806	2.077	3.727	2.106	3.502	2.022
28	3.867	2.151	4.453	2.323	3.267	1.853
29	2.918	1.849	3.825	2.198	3.765	1.995
30	3.121	1.936	3.029	1.916	4.679	2.222
31	4.231	2.212	3.764	2.161	3.802	2.179
32	4.083	2.148	3.47	2.003	4.113	2.19
33	2.684	1.705	3.235	1.979	3.787	2.15
34	3.866	2.19	3.954	2.166	3.841	2.174
35	3.978	2.157	3.548	2.078	4.329	2.27
36	3.669	2.049	3.75	2.064	3.76	2.001
37	3.96	2.115	3.321	1.933	3.668	2.086

38	3.6	2.112	3.308	1.978	3.117	1.97
39	2.735	1.845	4.139	2.188	3.114	1.95
40	3.772	2.127	3.101	1.883	4.206	2.236
41	4.302	2.232	2.707	1.701	3.787	2.102
42	3.186	1.802	4.113	2.1	3.452	2.036
43	3.447	1.969	2.534	1.75	3.86	2.085
44	4.268	2.31	2.859	1.855	3.773	2.058
45	3.794	2.085	4.55	2.085	3.155	1.951
46	3.365	1.961	3.028	1.925	3.695	2.1
47	3.461	2.078	3.255	1.97	3.38	2.021
48	3.457	1.951	2.942	1.893	3.25	2.022
49	3.354	1.98	4.175	2.232	4.091	2.177
50	3.891	2.085	2.776	1.727	4.79	2.362
51	3.698	1.966	2.81	1.769	3.495	2.1
52	3.495	2.009	3.378	2.034	3.947	2.13
53	3.837	2.101	3.641	2.064	3.045	1.855
54	4.469	2.279	3.601	2.005	3.67	2.057
55	2.809	1.853	2.676	1.742	3.249	1.916
56	4.278	2.253	3.809	2.064	4.254	2.218
57	3.87	2.043	2.926	1.903	3.799	2.102
58	4.012	2.161	3.693	2.04	3.432	2.066
59	2.937	1.763	2.999	1.874	3.83	2.196
60	4.055	2.213	3.628	2.001	3.61	2.055
61	2.771	1.832	4.049	2.113	4.375	2.336
62	2.901	1.787	3.345	2.022	4.764	2.332
63	4.014	2.21	3.325	1.913	3.353	2.02
64	3.554	1.995	4.073	2.127	4.918	2.243
65	3.477	1.981	3.71	1.95	4.34	2.123
66	3.839	1.948	3.471	2.076	4.048	2.126
67	3.87	2.147	3.878	2.014	3.864	2.153
68	3.798	2.126	3.863	2.154	3.617	2.046
69	3.715	2.101	3.644	2.07	3.534	2.106
70	3.807	2.06	2.515	1.635	3.468	2.044
71	4.559	2.38	3.736	2.158	2.993	1.859
72	3.578	2.016	3.817	2.124	2.788	1.799
73	3.131	1.789	2.869	1.818	4.381	2.171
74	3.62	1.974	4.019	2.141	2.602	1.747
75	3.972	2.197	3.004	1.868	3.748	2.144
76	3.231	1.992	3.401	1.957	3.189	1.978
77	3.531	2.034	2.742	1.706	4.826	2.401
78	3.276	1.995	3.052	1.865	4.052	2.253
79	3.125	1.853	3.037	1.834	2.811	1.818
80	3.945	2.148	4.245	2.192	4.674	2.396

81	3.971	2.174	2.594	1.757	3.888	2.144
82	3.984	2.184	3.119	1.968	3.389	1.959
83	3.659	1.981	3.413	1.965	3.678	2.115
84	3.762	2.019	4.039	2.26	3.618	2.043
85	4.195	2.155	3.675	2.095	4.083	2.253
86	3.271	1.912	3.086	1.958	3.162	1.91
87	3.163	1.851	3.288	1.997	3.502	2.043
88	3.944	2.145	2.869	1.828	4.191	2.07
89	3.339	2.001	3.741	2.079	3.07	1.895
90	3.669	2.106	3.457	2.048	3.452	2.064
91	3.071	1.891	3.75	2.07	3.335	2.001
92	4.374	2.324	2.549	1.668	4.365	2.242
93	3.03	1.874	3.313	1.94	3.971	2.169
94	3.9	2.173	4.27	2.169	4.008	2.063
95	3.776	2.102	2.978	1.873	4.281	2.282
96	4.015	2.144	4.565	2.317	3.596	2.037
97	3.938	2.183	3.316	1.997	3.627	2.011
98	4.377	2.249	3.492	2.04	4.336	2.268
99	3.819	2.131	3.95	2.15	3.905	2.198
100	2.918	1.908	3.33	1.984	3.073	1.898
101	3.57	1.972	3.056	1.916	3.877	2.106
102	4.122	2.249	3.584	1.973	2.796	1.713
103	4.362	2.272	3.807	2.106	4.041	2.161
104	3.46	2.019	3.251	1.988	4.786	2.424
105	3.342	1.995	2.717	1.801	3.625	2.05
106	3.583	2.091	4.197	2.098	3.931	2.164
107	3.387	2.017	2.742	1.799	3.433	1.998
108	4.159	2.232	4.418	2.279	3.253	1.931
109	3.795	2.072	3.176	1.929	2.898	1.891
110	3.948	2.147	3.288	1.898	4.098	2.187
111	3.853	2.085	3.02	1.862	3.577	2.067
112	3.218	1.998	3.12	1.921	3.254	1.992
113	3.853	2.185	3.542	2.061	2.573	1.64
114	3.603	2.041	3.402	1.989	3.299	1.9
115	3.047	1.924	4.024	2.106	4.2	2.202
116	4.231	2.284	3.673	2.011	3.105	1.959
117	3.271	1.902	3.146	1.925	4.023	2.143
118	4.405	2.253	4.088	2.159	3.937	2.141
119	4.485	2.316	3.785	2.087	3.789	2.082
120	3.315	1.993	3.979	2.078	3.32	1.936
121	3.728	2.032	3.642	2.115	3.34	1.996
122	4.097	2.226	3.581	2.052	3.57	2.06
123	4.018	2.223	2.619	1.772	3.715	2.094

124	4.017	2.138	3.705	2.081	3.648	2.006
125	2.749	1.817	3.758	1.995	3.416	1.946
126	3.589	2.083	3.501	1.917	3.616	1.998
127	3.738	2.138	3.723	2.148	3.604	2.12
128	3.551	2.106	3.831	2.033	4.291	2.245
129	3.219	2.019	2.509	1.723	3.493	2.04
130	4.21	2.258	4.461	2.289	2.926	1.874
131	3.943	2.1	4.15	2.19	3.623	1.966
132	3.417	1.916	3.103	1.88	3.704	2.106
133	3.146	1.931	3.441	1.895	3.33	2.027
134	3.024	1.853	4.374	2.298	3.958	2.201
135	3.961	2.151	3.535	2.072	4.232	2.249
136	3.897	2.088	3.508	1.98	3.711	2.068
137	3.963	2.142	3.861	2.079	3.017	1.903
138	3.727	2.095	3.179	1.846	3.046	1.95
139	4.016	2.211	4.179	2.192	4.023	2.188
140	3.579	2.088	4.442	2.33	3.492	2.058
141	3.655	2.064	3.427	1.977	3.705	2.048
142	3.728	2.11	3.47	1.995	4.164	2.148
143	3.307	1.98	3.452	1.951	4.952	2.439
144	3.915	2.189	3.357	1.987	2.697	1.779
145	4.61	2.329	3.749	2.122	2.961	1.846
146	3.873	2.164	3.055	1.838	3.828	2.151
147	3.581	2.085	3.114	1.79	3.09	1.898
148	3.848	2.129	3.941	2.1	4.47	2.104
149	3.546	2.033	3.402	1.897	3.955	2.184
150	4.639	2.363	3.759	2.011	3.822	2.141
151	2.96	1.881	3.505	2.052	4.615	2.38
152	4.296	2.317	3.075	1.906	4.473	2.238
153	2.64	1.686	3.604	2.085	3.416	1.997
154	3.973	2.071	3.382	1.985	4.182	2.19
155	2.821	1.748	3.401	2.006	3.483	1.912
156	3.538	1.996	3.595	2.063	4.223	2.232
157	2.624	1.769	3.262	1.853	3.464	2.01
158	4.269	2.249	3.9	2.198	5.024	2.379
159	2.769	1.83	3.873	2.138	4.518	2.24
160	2.997	1.846	3.535	2.11	4.435	2.225
161	3.105	1.861	2.98	1.921	3.369	1.9
162	4.335	2.232	3.432	1.91	3.893	2.138
163	3.387	2.001	3.412	2.025	4.15	2.192
164	3.735	2.096	3.452	2.023	3.359	1.874
165	3.376	2.022	2.26	1.632	4.018	2.219
166	4.09	2.128	3.658	2.082	2.533	1.685

167	3.988	2.15	3.77	2.03	3.959	2.042
168	3.979	2.112	3.445	1.985	4.835	2.442
169	3.728	2.08	3.229	1.973	3.559	2.019
170	4.597	2.226	2.827	1.871	3.759	2.143
171	3.521	2.069	3.442	2.063	4.097	2.165
172	2.967	1.916	3.309	1.928	3.212	1.959
173	3.965	2.029	3.175	1.949	3.505	2.012
174	3.455	1.98	3.981	2.232	2.935	1.772
175	4.207	2.183	2.983	1.918	3.926	2.1
176	3.62	2.001	3.93	2.154	3.193	1.951
177	3.611	2.09	3.635	2.106	4.553	2.19
178	2.483	1.724	4.324	2.317	2.886	1.748
179	4.138	2.224	3.293	1.887	2.983	1.852
180	4.677	2.38	3.799	2.157	3.956	2.144
181	3.44	2.031	4.434	2.194	3.668	2.071
182	4.019	2.213	4.198	2.161	3.272	1.971
183	3.886	2.169	3.885	2.055	4.003	2.226
184	4.115	2.194	3.826	2.094	4.091	2.11
185	3.723	2.134	4.105	2.19	3.697	2.135
186	3.523	2.043	3.834	2.173	3.747	2.032
187	4.225	2.278	3.091	1.916	3.334	2.009
188	3.447	2.025	4.355	2.268	4.913	2.271
189	4.452	2.35	3.059	1.874	3.075	1.824
190	3.15	1.815	4.002	2.169	3.708	2.124
191	3.462	1.955	4.075	2.191	3.29	1.931
192	3.338	1.994	3.841	2.077	4.273	2.185
193	3.041	1.916	4.817	2.359	4.71	2.38
194	3.742	2.042	2.879	1.847	4.233	2.241
195	3.867	2.078	3.969	2.155	2.579	1.706
196	4.197	2.159	4.028	2.223	3.635	2.04
197	3.014	1.916	3.347	1.987	4.303	2.296
198	3.538	1.977	3.781	2.085	3.939	2.129
199	4.254	2.211	4.133	2.256	3.473	2.005
200	3.653	2.055	3.959	2.07	2.646	1.748
201	4.053	2.227	3.527	1.961	3.534	2.022
202	3.348	1.937	4.587	2.298	4.495	2.27
203	3.529	2.055	2.805	1.874	2.618	1.724
204	4.362	2.317	3.762	2.131	4.536	2.213
205	3.02	1.881	3.995	2.125	4.63	2.289
206	4.144	2.276	3.444	2.063	4.232	2.19
207	2.914	1.912	4.093	2.209	4.504	2.325
208	3.742	2.158	3.463	2.068	3.26	1.916
209	3.891	1.908	3.641	2.106	3.739	2.065

210	4.127	2.217	3.423	2.062	3.04	1.894
211	3.656	2.121	3.259	1.994	4.926	2.452
212	4.671	2.436	2.96	1.889	5.232	2.527
213	3.441	2.06	2.768	1.855	3.12	1.912
214	4.116	2.261	4.062	2.143	3.489	1.921
215	3.856	2.127	3.616	2.005	3.083	1.949
216	4.252	2.189	3.938	2.169	4.764	2.344
217	4.446	2.253	3.177	1.981	4.517	2.204
218	3.131	1.853	3.065	1.944	3.707	2.022
219	3.613	2.098	3.624	2.006	3.207	1.916
220	3.495	2.07	3.09	1.934	4.068	2.118
221	3.695	2.11	3.206	1.988	3.169	1.924
222	4.303	2.251	3.974	2.148	3.9	2.209
223	3.277	1.965	3.192	1.951	3.523	2.043
224	3.137	1.904	2.643	1.735	3.666	2.138
225	3.538	2.084	2.926	1.81	3.272	2.022
226	4.083	2.169	2.975	1.871	2.378	1.66
227	4.316	2.308	3.812	2.042	3.816	2.131
228	3.828	2.02	3.193	1.949	3.227	1.925
229	3.767	2.022	2.881	1.837	3.458	2.064
230	4.207	2.289	4.587	2.278	3.539	2.094
231	2.915	1.865	3.631	2.084	3.849	2.169
232	3.958	2.222	3.009	1.832	4.464	2.295
233	3.608	2.015	3.872	2.055	3.865	2.12
234	4.958	2.337	2.761	1.827	3.636	2.031
235	3.599	2.064	4.206	2.253	3.339	2.001
236	4.007	2.209	3.315	1.963	3.18	1.891
237	4.315	2.266	3.311	1.98	3.646	2.031
238	3.556	1.99	3.932	2.204	4.175	2.268
239	3.089	1.769	3.899	2.157	3.826	2.076
240	3.629	1.982	2.711	1.727	4.301	2.314
241	4.414	2.257	3.71	2.082	3.299	1.997
242	3.833	2.123	4.093	2.213	4.4	2.284
243	3.444	2.05	3.35	1.95	3.282	1.984
244	2.979	1.916	3.389	1.995	3.909	2.002
245	3.585	2.078	3.202	1.94	3.908	2.204
246	4.214	2.244	3.22	1.962	3.231	1.997
247	3.653	1.994	3.54	1.97	3.944	2.211
248	4.655	2.401	3.246	2.022	3.767	1.976
249	3.181	1.936	3.028	1.811	3.194	1.967
250	4.315	2.324	3.982	2.214	3.53	2.106
251	3.587	2.122	3.698	2.063	3.912	2.144
252	3.527	1.978	3.364	1.985	2.936	1.79

253	3.205	1.938	3.075	1.874	4.377	2.322
254	3.776	2.153	3.461	1.967	3.157	1.947
255	3.908	2.063	4.018	2.099	3.417	2.044
256	3.94	2.128	3.839	2.07	3.077	1.936
257	3.243	1.884	2.835	1.845	4.069	2.191
258	3.352	1.929	3.141	1.925	4.403	2.331
259	2.787	1.869	3.667	2.124	3.957	2.093
260	4.267	2.273	3.283	1.875	4.161	2.145
261	3.017	1.85	3.074	1.949	3.268	1.936
262	4.713	2.314	2.843	1.813	3.33	1.959
263	4.063	2.174	3.279	1.832	4.15	2.173
264	4.304	2.231	2.77	1.855	3.808	2.125
265	3.856	2.11	3.152	1.832	3.602	2.034
266	3.899	2.17	3.899	2.058	2.694	1.811
267	3.11	1.905	2.861	1.853	4.541	2.353
268	4.313	2.085	3.05	1.928	5.06	2.474
269	3.226	1.891	2.928	1.844	3.704	2.136
270	3.571	2.025	3.266	1.959	3.659	2.095
271	4.555	2.237	3.467	1.987	3.323	1.931
272	4.821	2.268	4.136	2.219	3.881	2.074
273	3.495	2.036	2.804	1.761	3.772	2.069
274	3.657	2.077	3.821	2.175	4.291	2.243
275	4.129	2.19	4.019	2.078	3.879	2.155
276	4.03	2.142	4.076	1.998	3.852	2.121
277	2.874	1.807	4.086	2.181	3.619	2.138
278	2.937	1.844	3.427	2.064	3.416	2.048
279	4.121	2.032	3.004	1.903	3.859	2.112
280	3.404	1.984	3.178	1.916	2.784	1.769
281	4.571	2.264	2.911	1.769	4.196	2.232
282	4.47	2.323	3.415	1.927	3.994	2.177
283	3.506	1.902	3.598	2.017	3.115	1.902
284	3.221	1.916	2.743	1.773	3.629	2.105
285	4.335	2.253	3.858	2.034	3.862	2.106
286	2.793	1.77	3.804	2.179	3.24	2.001
287	3.232	1.921	3.703	2.048	4.007	2.106
288	4.182	2.148	2.73	1.772	3.111	1.916
289	3.612	2.095	3.952	2.19	4.435	2.302
290	3.863	2.147	3.067	1.751	4.258	2.103
291	3.499	1.979	3.678	1.992	3.558	2.094
292	3.999	2.118	3.244	1.98	4.179	2.204
293	3.226	1.98	3.071	1.958	3.543	2.1
294	4.113	2.189	3.284	2.001	3.092	1.891
295	4.115	2.232	4.744	2.3	4.58	2.277

296	3.696	2.149	3.211	1.95	3.476	2.013
297	3.55	2.104	3.32	2	3.343	2.033
298	3.325	1.908	3.89	2.168	3.698	2.147
299	3.458	2.003	3.404	1.926	3.6	2.04
300	3.537	2.001	4.52	2.348	3.668	2.032
301	3.867	2.078	4	2.148	3.613	2.01
302	4.063	2.09	3.637	2.043	2.957	1.84
303	3.947	2.062	4.586	2.398	4.073	2.176
304	3.24	1.888	3.95	2.198	3.567	2.085
305	3.784	2.106	3.158	1.946	4.168	2.222
306	4.043	2.1	4.456	2.355	3.929	2.138
307	3.814	2.151	3.302	1.891	4.324	2.174
308	3.036	1.904	3.733	2.082	3.814	2.042
309	2.895	1.861	3.592	2.102	4.531	2.353
310	4.093	2.232	3.888	2.137	4.178	2.212
311	3.894	2.164	3.753	2.043	3.161	1.95
312	4.485	2.317	3.283	1.978	3.655	2.064
313	3.867	2.138	3.824	2.149	4.653	2.393
314	4.182	2.182	3.918	2.127	3.895	2.085
315	4.202	2.198	3.278	1.874	4.256	2.202
316	4.008	2.189	4.516	2.287	3.755	2.143
317	2.778	1.844	2.737	1.874	4.181	2.157
318	3.301	1.945	3.983	2.202	3.644	2.085
319	2.947	1.79	3.342	1.996	4.347	2.278
320	3.945	2.19	2.695	1.748	3.015	1.823
321	4.611	2.355	4.076	2.169	3.393	1.938
322	3.348	2.022	3.559	1.972	2.94	1.87
323	2.672	1.748	3.773	2.13	3.967	2.189
324	3.684	2.039	3.927	2.078	3.499	1.98
325	4.175	2.26	3.782	2.138	3.322	2.016
326	4.671	2.368	4.21	2.228	3.248	1.966
327	3.333	2.003	3.379	1.942	4.079	2.211
328	3.853	2.148	4.048	2.171	3.746	2.127
329	3.957	2.219	3.699	2.117	3.503	2.039
330	3.427	1.925	4.849	2.393	3.473	2.015
331	3.312	1.966	3.934	2.19	4.069	2.232
332	4.917	2.304	3.18	1.875	3.911	2.182
333	4.165	2.148	3.372	2.021	3.224	1.904
334	2.702	1.802	3.915	2.075	3.697	2.037
335	3.284	1.89	4.116	2.148	4.168	2.261
336	3.837	2.176	4.164	2.178	3.877	2.186
337	3.725	2.04	4.231	2.269	4.508	2.274
338	4.134	2.144	3.267	1.945	3.265	2.016

339	3.324	2.001	3.188	1.938	4.757	2.317
340	4.091	2.225	3.527	2.002	3.594	2.038
341	4.06	2.157	4.008	2.168	4.839	2.274
342	2.649	1.748	3.424	2.044		
343	3.928	2.114	3.124	1.86		
344	3.399	2.029	2.868	1.827		
345	4.367	2.093	4.234	2.136		
346	4.083	2.268	2.402	1.692		
347	3.754	2.169	3.317	1.869		
348	2.984	1.853	2.654	1.792		
349	4.074	2.231	3.068	1.814		
350	3.77	2.126	4.591	2.38		
351	3.166	1.893	3.427	2.032		
352	4.384	2.234	2.858	1.865		
353	3.822	2.098	3.662	2.11		
354	3.44	2.022	3.908	2.109		
355	4.564	2.317	3.306	1.951		
356	3.464	1.975	4.678	2.421		
357	3.782	2.131	3.967	2.15		
358	3.879	2.121	3.49	2.013		
359	4.458	2.308	3.834	2.055		
360	3.816	2.169	3.54	2.068		
361	3.694	1.991	2.267	1.683		
362	3.46	2.013	3.65	2.015		
363	4.103	2.247	3.309	1.963		
364	4.033	2.159	2.732	1.752		
365	3.521	1.993	3.401	2.023		
366	3.619	1.958	3.283	1.961		
367	3.948	2.206	3.279	1.991		
368	2.788	1.736	2.898	1.891		
369	3.718	2.022	2.681	1.759		
370	3.884	2.001	3.355	2.022		
371	3.402	1.99	3.094	1.893		
372	4.454	2.349	3.751	2.064		
373	4.412	2.289	3.056	1.947		
374	4.662	2.36	3.755	2.149		
375	3.319	2.022	3.574	2.055		
376	4.034	2.174	3.947	2.022		
377	3.427	2.019	4.351	2.217		
378	3.602	1.958	3.392	2.057		
379	2.989	1.86	4.103	2.136		
380	3.571	2.084	3.12	1.849		
381	3.2	1.903	3.633	2.085		

382	3.945	2.143	3.208	1.874		
383	3.802	2.168	3.383	1.929		
384	3.064	1.889	3.794	2.094		
385	2.788	1.827	2.747	1.811		
386	2.455	1.694	3.389	1.938		
387	3.08	1.89	3.9	2.127		
388	3.412	2.043	3.597	2.061		
389	3.336	1.938	3.166	1.959		
390	3.77	2.109	3.083	1.956		
391	3.15	1.916	3.745	2.022		
392	3.268	1.968	2.819	1.79		
393	3.792	2.1	4.588	2.359		
394	4.113	2.236	3.576	2.094		
395	3.068	1.885	3.615	2.077		
396	3.565	2.056	3.361	1.949		
397	3.378	1.931	3.652	2.026		
398	4.235	2.284	3.479	1.92		
399	3.327	2.014	3.533	2.002		
400	4.206	2.234	2.565	1.685		
401	3.808	2.202	3.319	1.945		
402	3.538	1.978	4.133	2.261		
403	4.699	2.421	3.605	1.99		
404	3.646	2.053	3.853	2.185		
405	3.76	2.018	3.567	2.065		
406	3.376	1.975	3.754	1.98		
407	3.62	2.045	3.004	1.861		
408	3.653	1.998	3.044	1.906		
409	4.036	2.166	3.445	1.996		
410	3.552	2.034	4.191	2.097		
411	3.955	2.115	3.828	2.085		
412	2.878	1.846	3.566	2.099		
413	3.964	2.219	2.667	1.799		
414	3.971	2.124	3.762	2.078		
415	3.472	2.064	3.035	1.865		
416	3.523	2.001	3.538	1.959		
417	3.666	2.11	2.838	1.845		
418	3.027	1.851	3.146	1.805		
419	3.896	2.189	3.642	2.051		
420	3.672	2.125	3.63	2.113		
421	3.011	1.935	3.767	2.04		
422	3.595	2.042	2.909	1.874		
423	3.287	1.983	3.204	1.893		
424	3.77	2.1	3.096	1.911		

425	2.549	1.731	3.613	1.997		
426	3.644	2.034	3.127	1.906		
427	4.067	2.141	3.845	2.11		
428	3.961	2.136	3.694	2.089		
429	3.907	2.148	4.347	2.142		
430	4.377	2.234	4.464	2.312		
431	4.287	2.264	3.894	2.19		
432	3.939	2.167	3.335	2.022		
433	3.561	2.001	3.513	2.074		
434	3.075	1.881				
435	3.253	1.954				
436	3.159	1.956				
437	3.914	2.124				
438	3.303	1.9				
439	4.684	2.317				
440	3.735	2.175				
441	3.386	1.938				
442	3.444	1.949				
443	3.942	2.043				
444	3.93	2.148				
445	3.003	1.898				
446	3.865	2.139				
447	3.552	1.956				
448	4.112	2.219				
449	4.587	2.308				
450	4.222	2.234				
451	3.629	2.068				
452	2.871	1.902				
453	3.577	2.1				
454	3.69	2.129				
455	4.025	2.204				
456	3.264	1.971				
457	3.055	1.875				
458	2.815	1.742				
459	3.089	1.916				
460	3.334	1.999				
461	3.802	2.106				
462	3.514	1.921				
463	3.189	1.874				
464	3.868	2.138				
465	3.179	1.963				
466	3.209	1.913				
467	3.708	2.044				

468	3.398	2.01				
469	3.342	2.014				
Promedio	3.654	2.061	3.521	2.017	3.821	2.115
Promedio Área de la canola (mm²)					3.665	
Promedio Diámetro Feret de la canola (mm)					2.064	

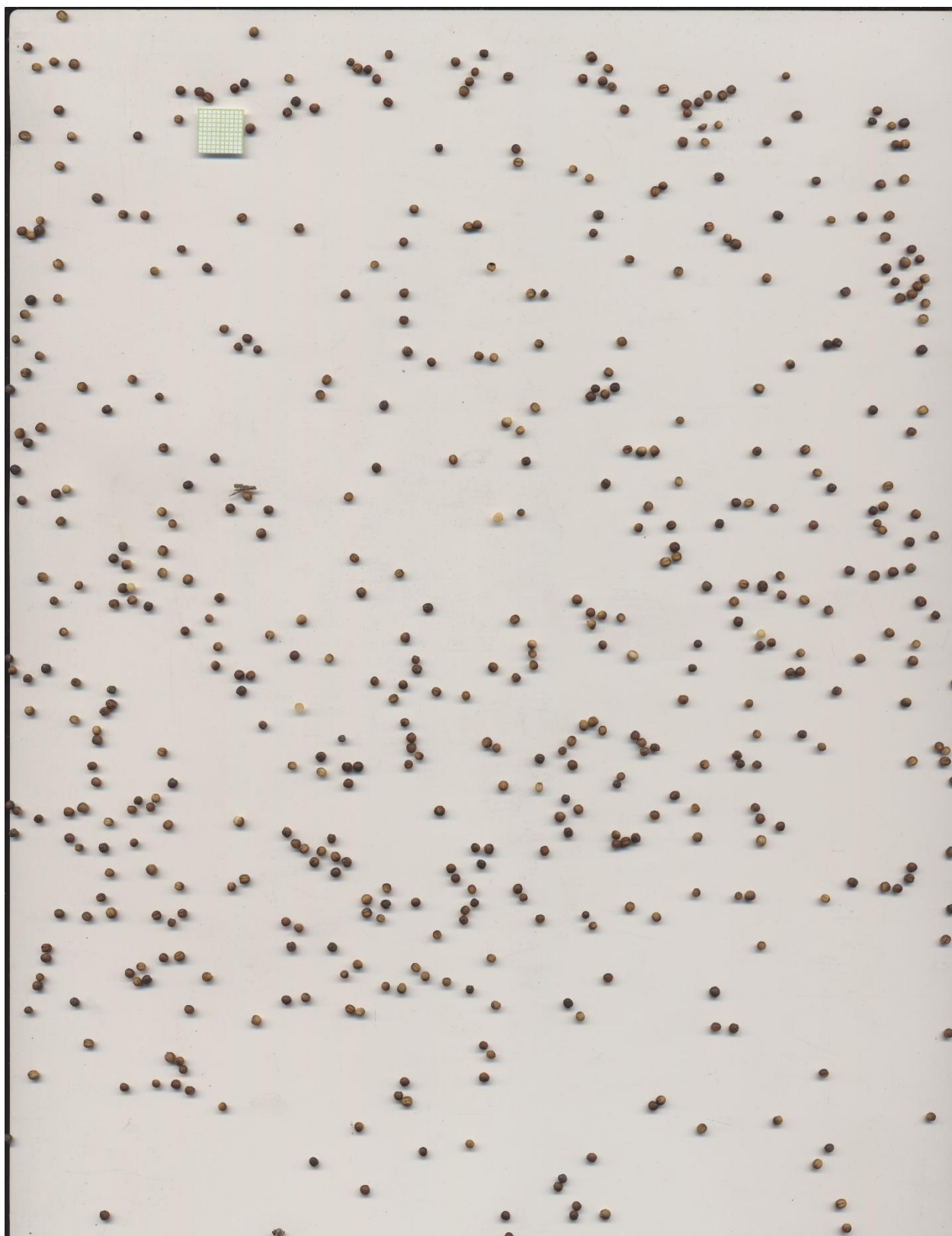
Canola 1



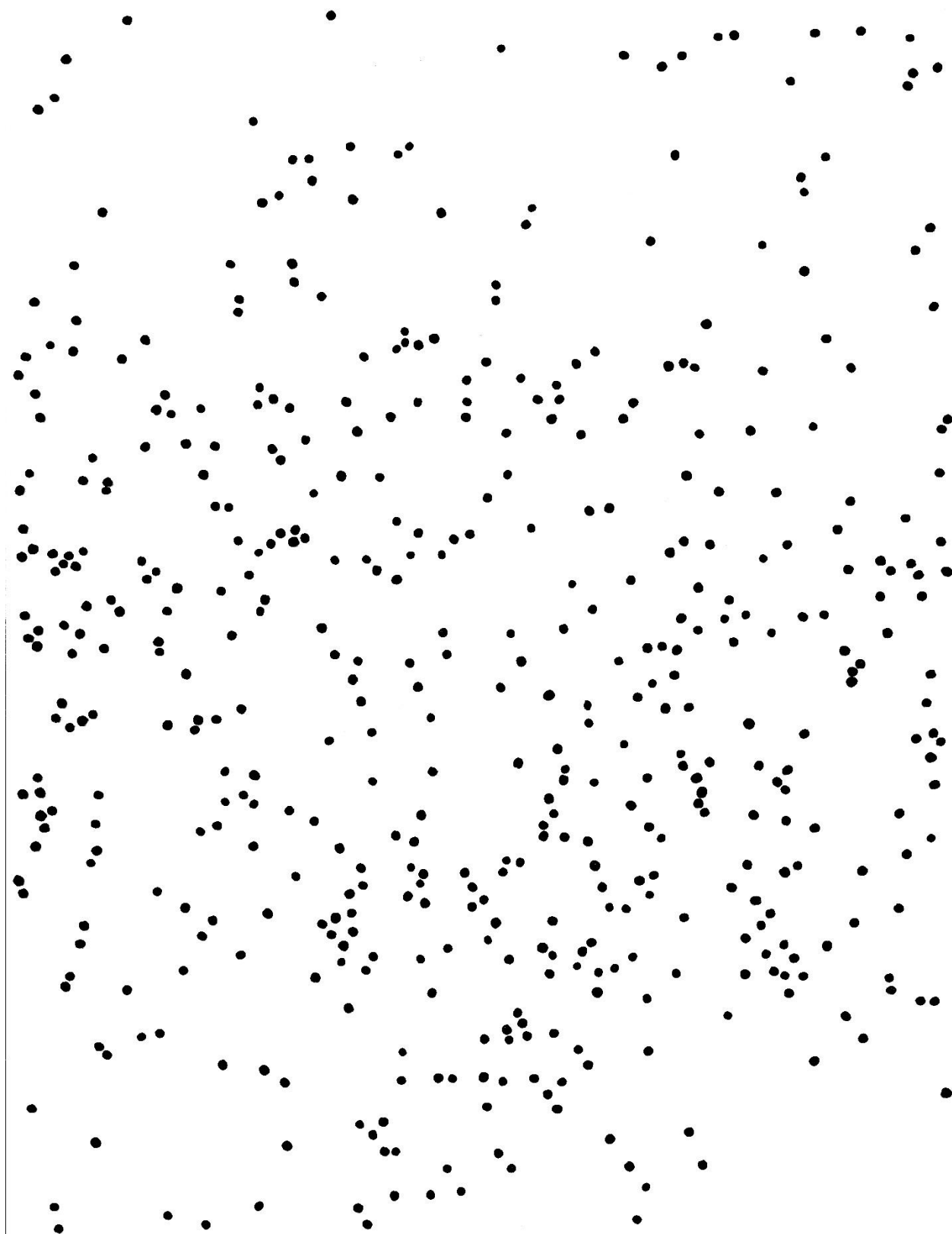
Canola 2



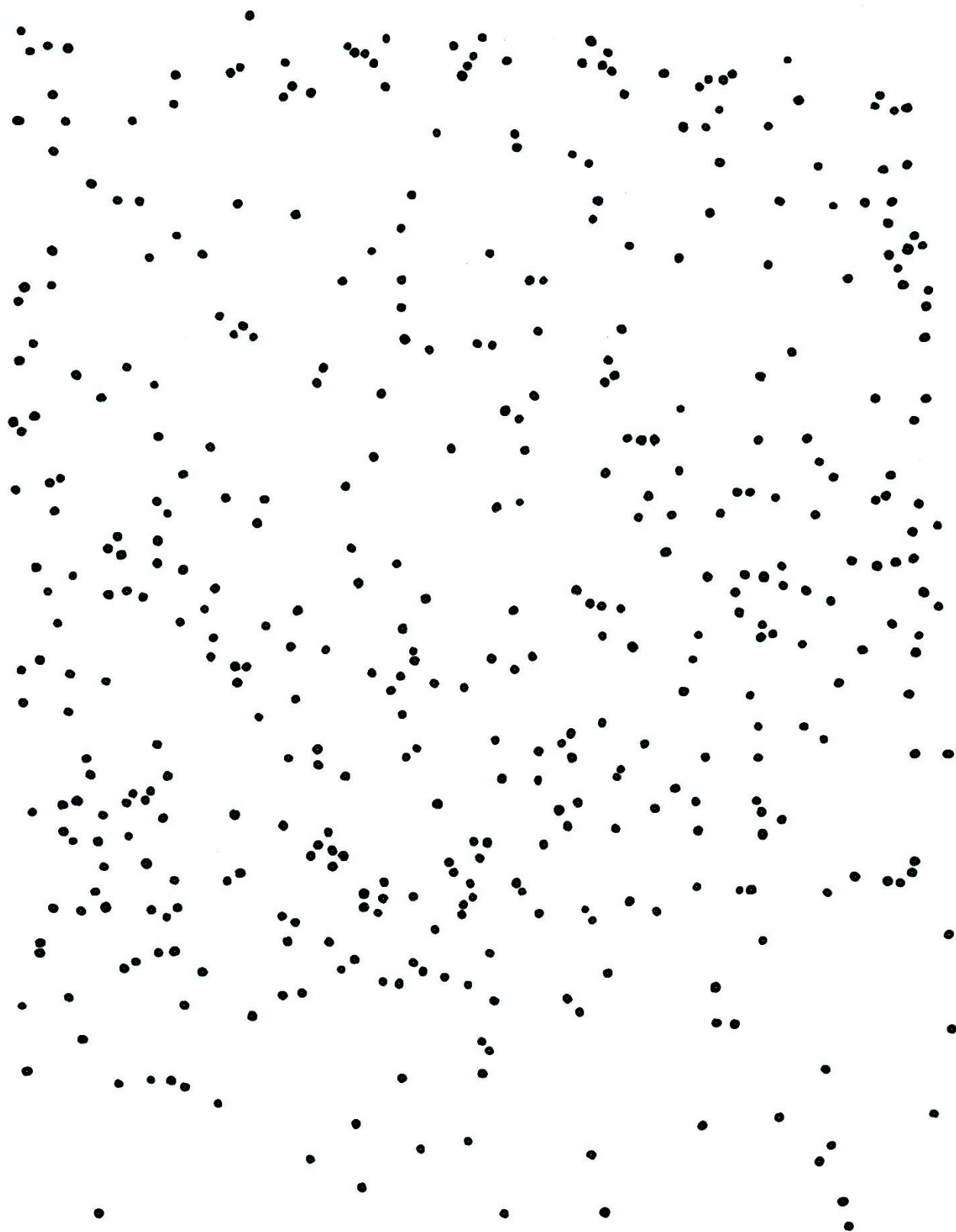
Canola 3



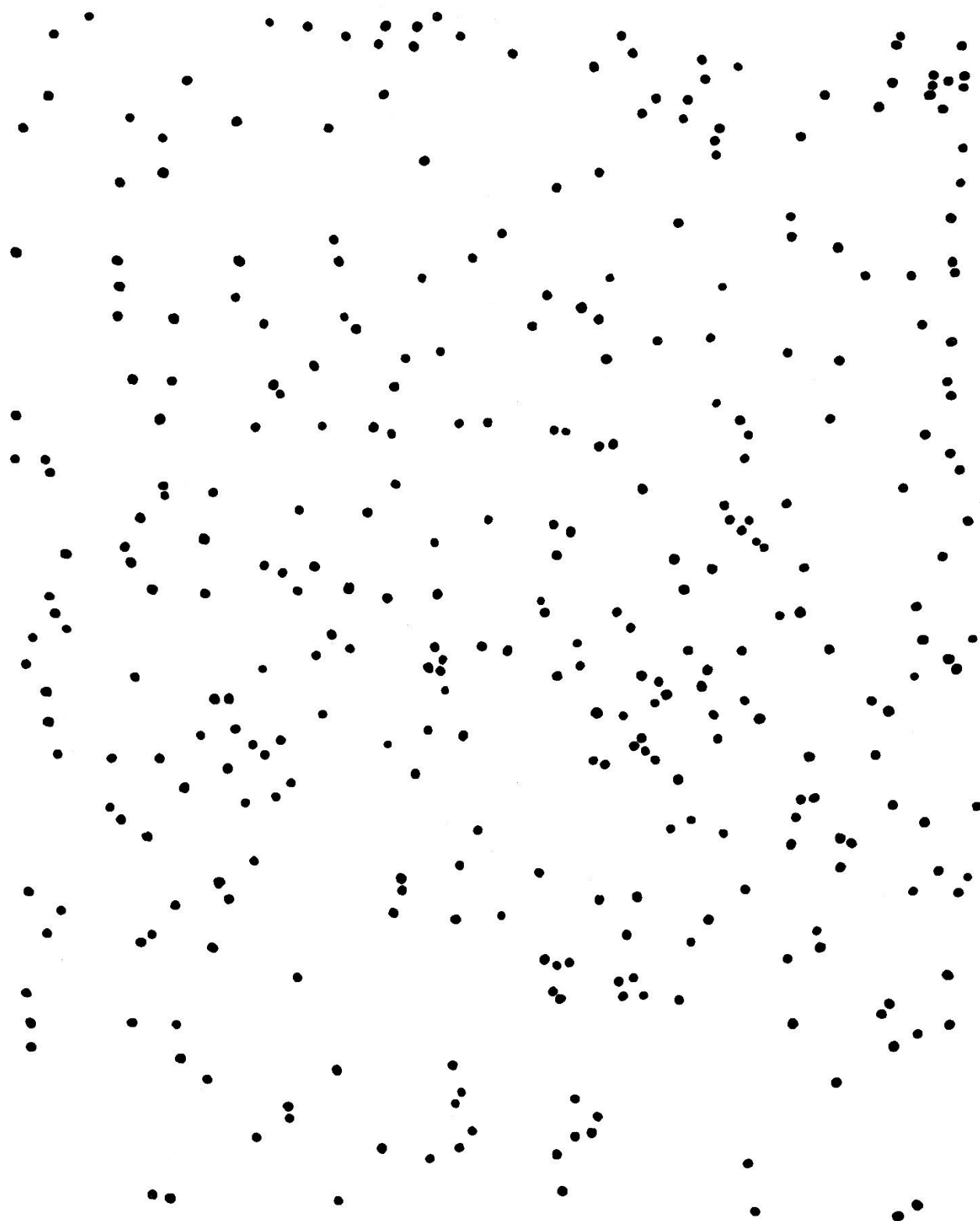
Canola 1



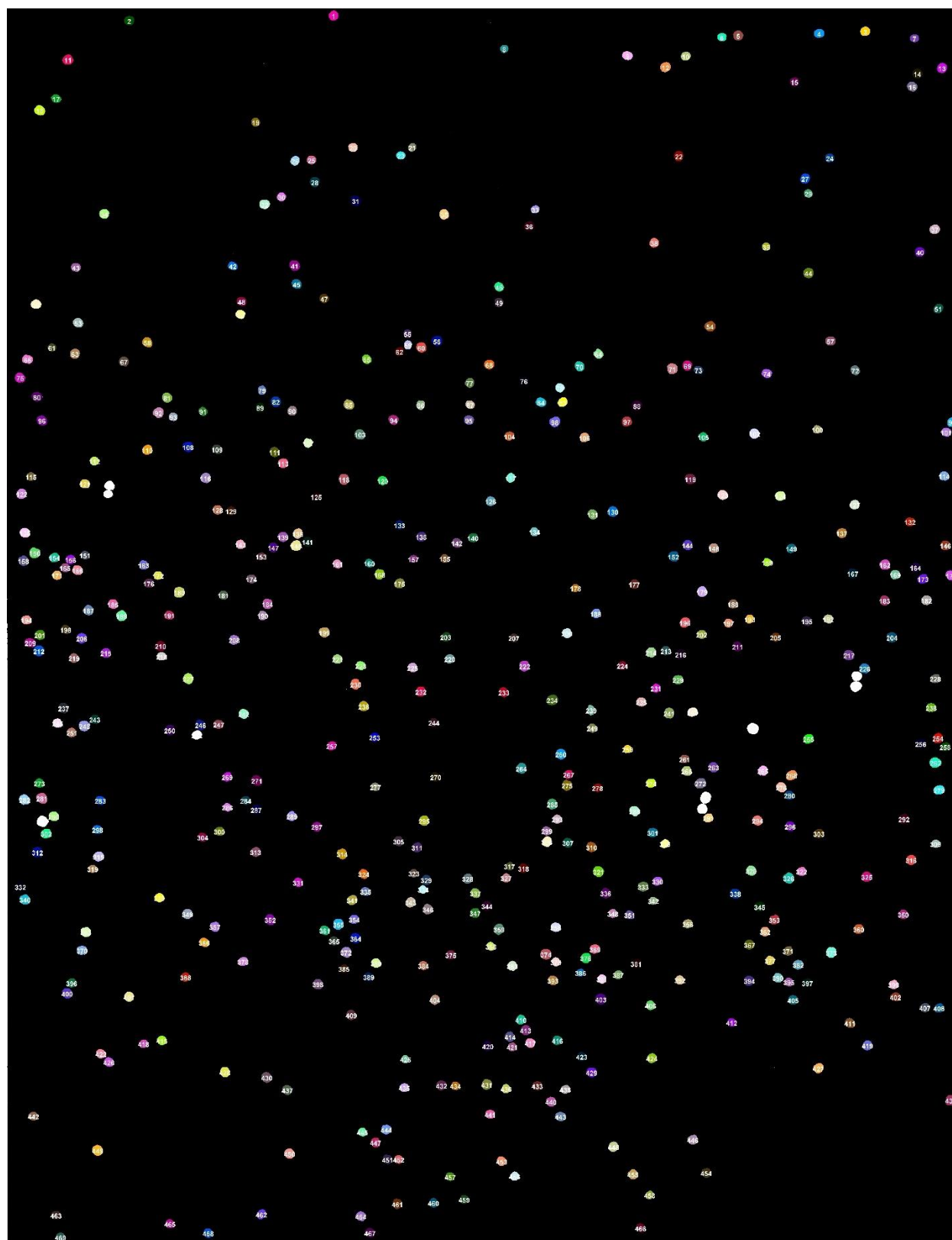
Canola 2



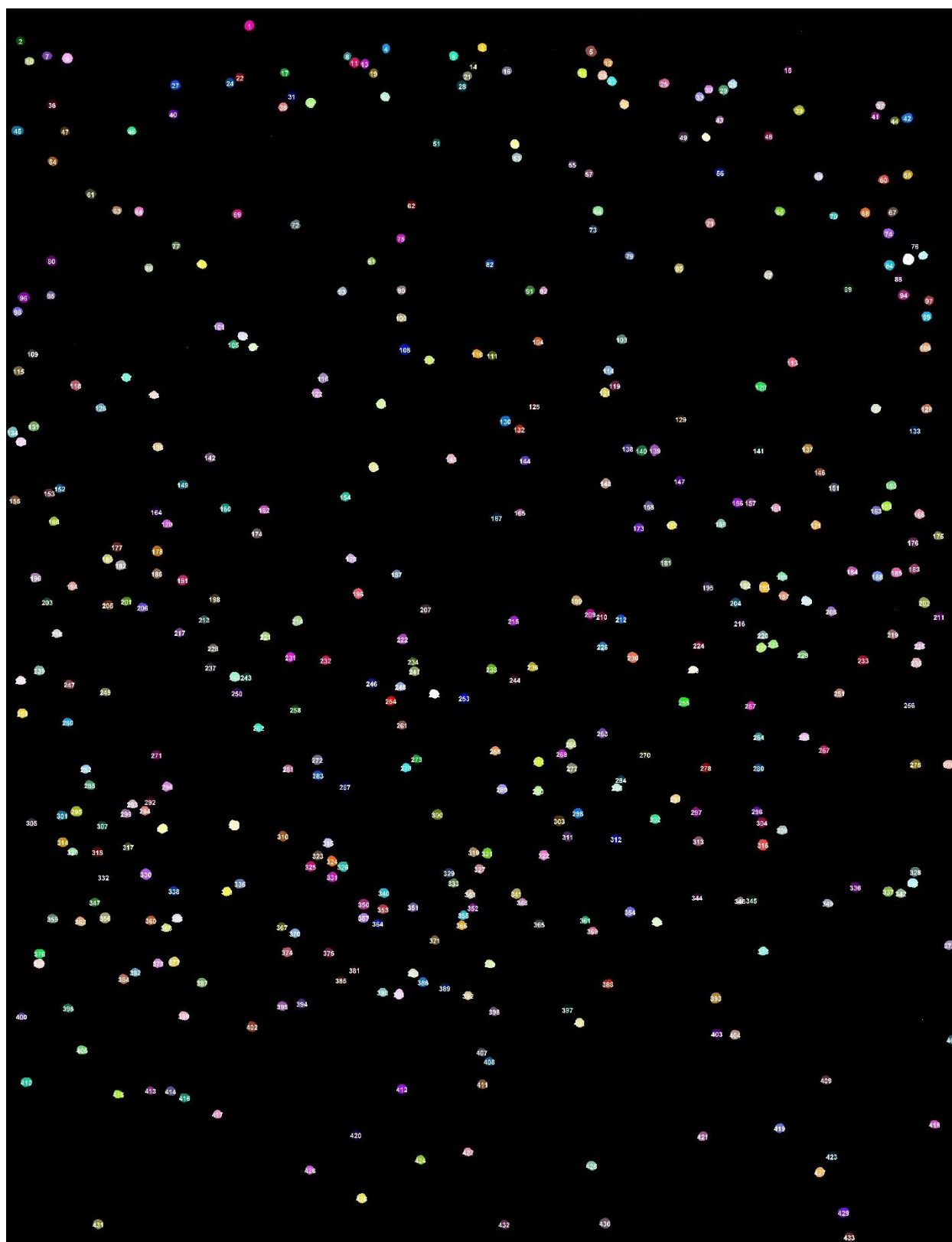
Canola 3



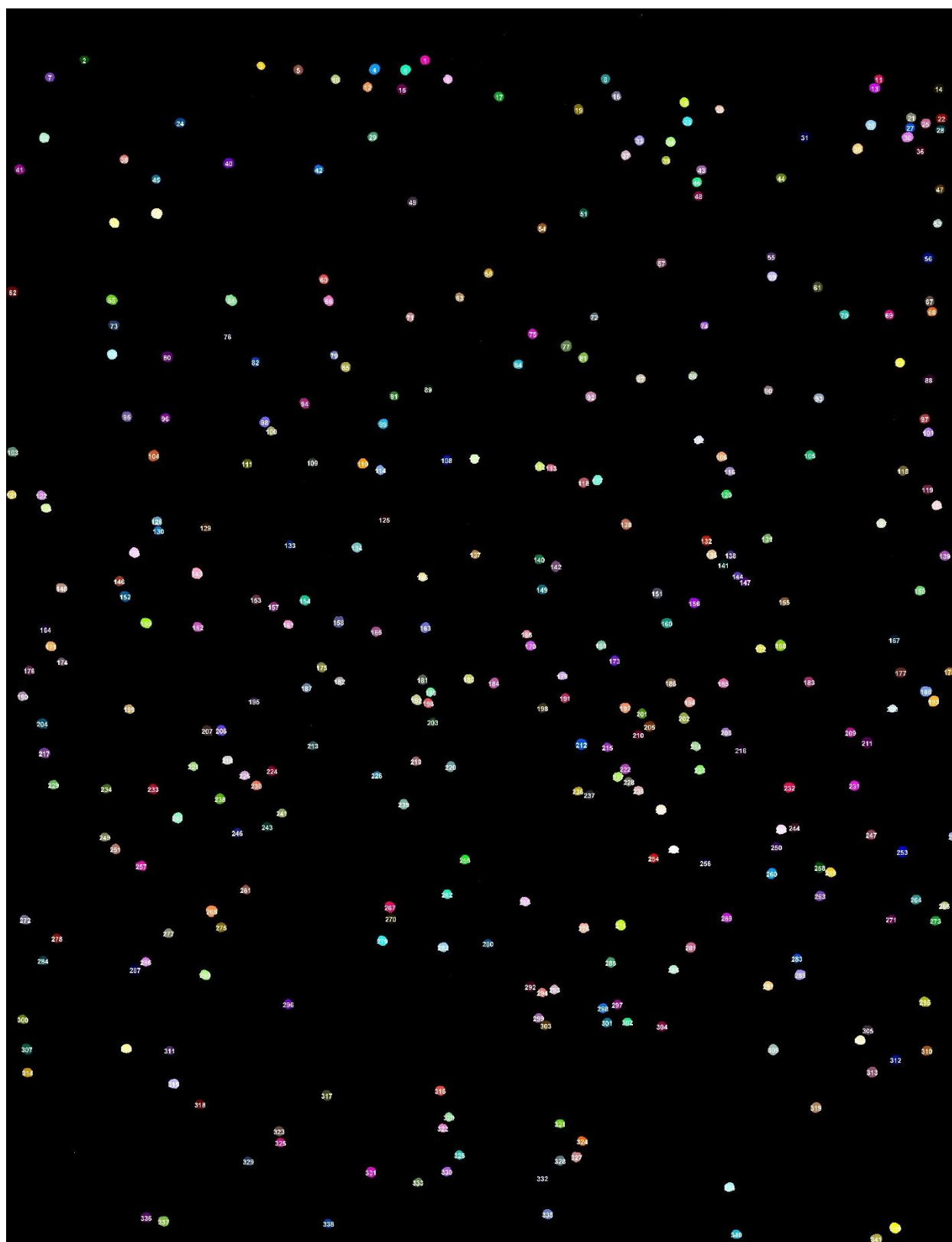
Canola 1



Canola 2



Canola 3



Anexo 13 - Resultados ImageJ Balín de Cobre

No	Balín 1		Balín 2		Balín 3	
	Area (mm2)	Diametro Feret Min (mm)	Area (mm2)	Diametro Feret Min (mm)	Area (mm2)	Diametro Feret Min (mm)
1	12.553	4.008	13.997	4.191	14.201	4.173
2	12.595	3.999	14.22	4.214	14.288	4.156
3	13.003	4.067	13.659	4.145	13.855	4.188
4	12.902	4.04	13.334	4.11	14.347	4.217
5	13.714	4.031	13.734	4.17	14.016	4.191
6	12.934	4.102	14.09	4.212	14.46	4.204
7	12.397	3.986	13.694	4.149	13.709	4.167
8	13.541	4.154	13.805	4.186	14.061	4.203
9	13.007	4.102	14.81	4.149	14.827	4.315
10	13.087	4.073	13.815	4.16	13.78	4.17
11	13.056	4.091	14.459	4.161	13.763	4.189
12	12.505	3.988	14.076	4.183	14.043	4.212
13	13.142	4.115	14.444	4.17	14.328	4.212
14	13.494	4.105	14.464	4.149	14.604	4.191
15	13.552	4.127	14.042	4.195	14.266	4.248
16	12.978	4.086	13.833	4.185	14.471	4.212
17	12.799	4.044	14.05	4.25	14.334	4.275
18	13.793	4.092	14.203	4.206	14.409	4.212
19	13.681	4.128	14.039	4.212	14.237	4.212
20	13.302	4.138	14.004	4.187	14.224	4.231
21	13.114	4.075	13.911	4.196	14.356	4.237
22	13.497	4.113	14.071	4.233	14.112	4.191
23	13.046	4.104	13.824	4.129	15.018	4.254
24	13.259	4.065	14.201	4.161	14.209	4.212
25	13.722	4.17	13.919	4.149	14.968	4.237
26	12.939	4.096	13.741	4.178	14.296	4.17
27	13.361	4.052	14.811	4.168	14.99	4.204
28	13.87	4.107	14.485	4.17	13.957	4.159
29	13.047	4.073	13.79	4.17	14.433	4.188
30	13.806	4.107	14.898	4.207	13.847	4.191
31	13.495	4.128	13.659	4.151	14.266	4.228
32	13.706	4.114	13.833	4.222	14.214	4.194
33	12.924	4.088	13.687	4.166	14.311	4.208
34	13.967	4.149	13.84	4.212	13.918	4.18
35	13.309	4.147	13.617	4.157	14.029	4.17
36	13.799	4.172	13.986	4.179	14.869	4.212
37	13.367	4.138	13.792	4.21	15.714	4.256

38	13.368	4.139	13.832	4.178	15.089	4.28
39	13.716	4.156	14.446	4.262	14.141	4.209
40	13.879	4.08	14.354	4.182	13.983	4.182
41	13.126	4.11	13.755	4.162	13.99	4.222
42	13.353	4.103	13.917	4.189	14.266	4.187
43	12.811	4.056	14.244	4.181	14.394	4.188
44	13.516	4.147	13.901	4.168	14.586	4.17
45	12.91	4.044	13.708	4.184	14.726	4.17
46	13.373	4.086	14.044	4.187	13.942	4.199
47	13.191	4.101	14.303	4.228	14.096	4.191
48	13.314	4.124	13.807	4.172	14.96	4.21
49	13.735	4.17	13.822	4.149	14.467	4.211
50	12.991	4.036	14.24	4.149	15.192	4.212
51	13.439	4.148	14.012	4.124	14.853	4.207
52	13.473	4.123	13.939	4.212	15.131	4.195
53	13.199	4.081	14.63	4.202	13.98	4.197
54	13.795	4.128	14.638	4.253	13.599	4.139
55	12.828	4.052	13.552	4.172	14.294	4.191
56	13.001	4.085	14.529	4.212	14.37	4.141
57	12.897	4.058	14.363	4.235	13.91	4.179
58	12.747	4.045	14.045	4.212	14.051	4.207
59	12.777	4.04	14.286	4.173	14.005	4.17
60	13.178	4.086	14.468	4.17	14.098	4.17
61	13.417	4.098	14.715	4.275	13.99	4.116
62	13.858	4.11	13.824	4.132	14.111	4.227
63	13.366	4.122	14.319	4.17	14.275	4.191
64	13.396	4.113	14.064	4.231	15.101	4.191
65	13.443	4.17	13.903	4.194	14.861	4.271
66	12.828	4.08	13.793	4.191	14.024	4.216
67	13.41	4.154	14.388	4.17	14.118	4.191
68	13.012	4.078	14.311	4.17	13.749	4.16
69	13.874	4.128	13.903	4.185	13.956	4.182
70	12.923	4.067	14.413	4.191	14.185	4.196
71	13.451	4.093	14.613	4.17	14.163	4.238
72	13.314	4.083	13.958	4.172	14.433	4.245
73	13.391	4.078	13.753	4.19	14.015	4.214
74	12.977	4.072	13.996	4.219	15.508	4.252
75	13.46	4.149	14.026	4.204	14.171	4.2
76	13.14	4.092	14.429	4.191	14.064	4.186
77	12.732	4.069	14.315	4.212	13.833	4.17
78	13.071	4.069	13.927	4.149	15.381	4.288
79	13.517	4.123	14.27	4.233	13.732	4.17
80	13.369	4.121	14.42	4.195	13.815	4.192

81			14.75	4.212	14.864	4.252
82			13.963	4.191	14.405	4.204
83			14.37	4.181	15.34	4.235
84			13.572	4.157	14.45	4.17
85			14.183	4.191	14.808	4.212
86			13.881	4.189	14.224	4.212
87			14.5	4.212	15.122	4.233
88			14.38	4.206	13.675	4.174
89			14.836	4.17	13.949	4.189
90			13.714	4.137	14.039	4.233
91			13.894	4.196	14.266	4.191
92			14.068	4.17	14.499	4.196
93			14.876	4.181	14.326	4.187
94			14.225	4.191	15.404	4.285
95			13.894	4.161	14.637	4.186
96			13.889	4.226	14.568	4.24
97			14.788	4.193	15.434	4.233
98			14.318	4.212	13.882	4.191
99			13.699	4.169	14.907	4.191
100			13.887	4.191	13.838	4.17
101			14.544	4.182	13.722	4.145
102			14.155	4.191	14.252	4.254
103			14.105	4.235	13.964	4.208
104			14.155	4.212	14.407	4.21
105			14.28	4.175	15.452	4.23
106			13.817	4.17	14.279	4.264
107			13.527	4.164	14.781	4.321
108			13.639	4.137	14.664	4.224
109			13.887	4.17	14.107	4.163
110			14.008	4.169	14.565	4.226
111			14.53	4.206	14.059	4.121
112			13.873	4.191	14.272	4.191
113			14.254	4.186	14.832	4.21
114			13.611	4.165	13.841	4.177
115			13.862	4.191	14.283	4.191
116			13.869	4.198	14.719	4.21
117			13.623	4.17	15.171	4.213
118			13.902	4.172	14.368	4.17
119			13.875	4.191	15.251	4.311
120			13.714	4.163	14.612	4.207
121			14.168	4.149	14.03	4.209
122			14.997	4.212	14.257	4.257
123			13.864	4.211	14.764	4.191

124			13.901	4.169	14.152	4.174
125			14.214	4.191	14.761	4.233
126					13.93	4.206
127					15.21	4.256
128					14.214	4.204
129					14.053	4.191
130					15.027	4.208
131					14.332	4.254
132					15.309	4.212
133					13.952	4.189
134					14.272	4.231
135					15.232	4.21
136					13.686	4.166
137					14.211	4.227
138					15.14	4.238
139					14.322	4.231
140					14.931	4.316
141					14.205	4.235
142					14.285	4.212
143					15.302	4.217
144					15.122	4.223
145					13.986	4.191
146					14.087	4.212
147					13.932	4.201
148					14.866	4.246
149					15.16	4.217
150					13.638	4.181
151					13.77	4.18
152					14.469	4.233
153					14.197	4.17
154					14.687	4.253
155					13.735	4.162
156					14.549	4.212
157					14.609	4.211
158					13.944	4.128
159					14.883	4.218
160					14.066	4.128
161					13.985	4.163
162					15.23	4.209
163					15.004	4.207
164					14.165	4.18
165					14.108	4.17
166					14.534	4.17

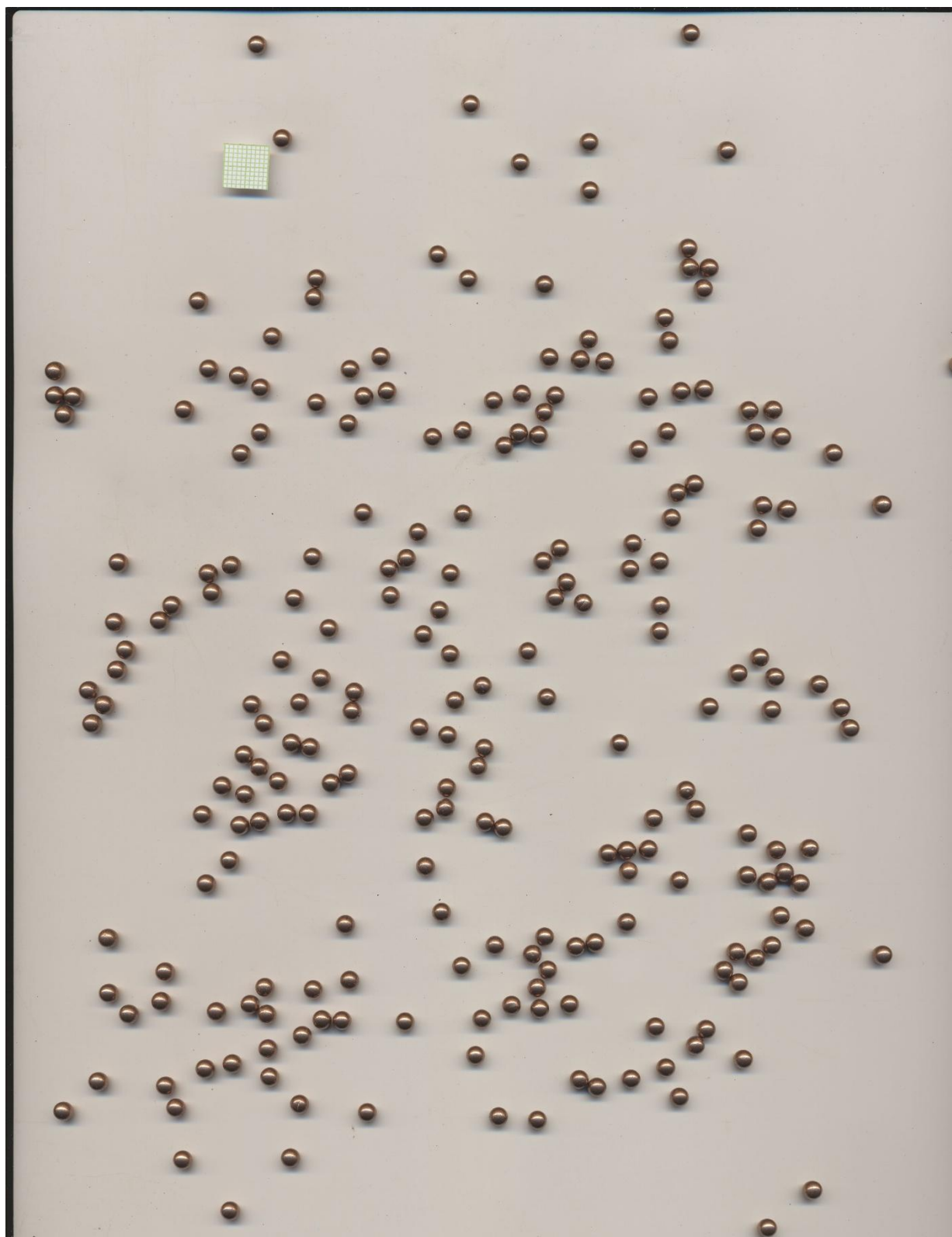
167					15.371	4.199
168					13.917	4.189
169					13.94	4.212
170					13.753	4.182
171					14.32	4.217
172					14.513	4.17
173					14.884	4.191
174					14.469	4.189
175					14.47	4.151
Promedio	13.313	4.104	14.099	4.188	14.417	4.204
Promedio Área del balín (mm ²)					13.943	
Promedio Diametro Feret del balín (mm)					4.165	

Balín 1



Balín 2

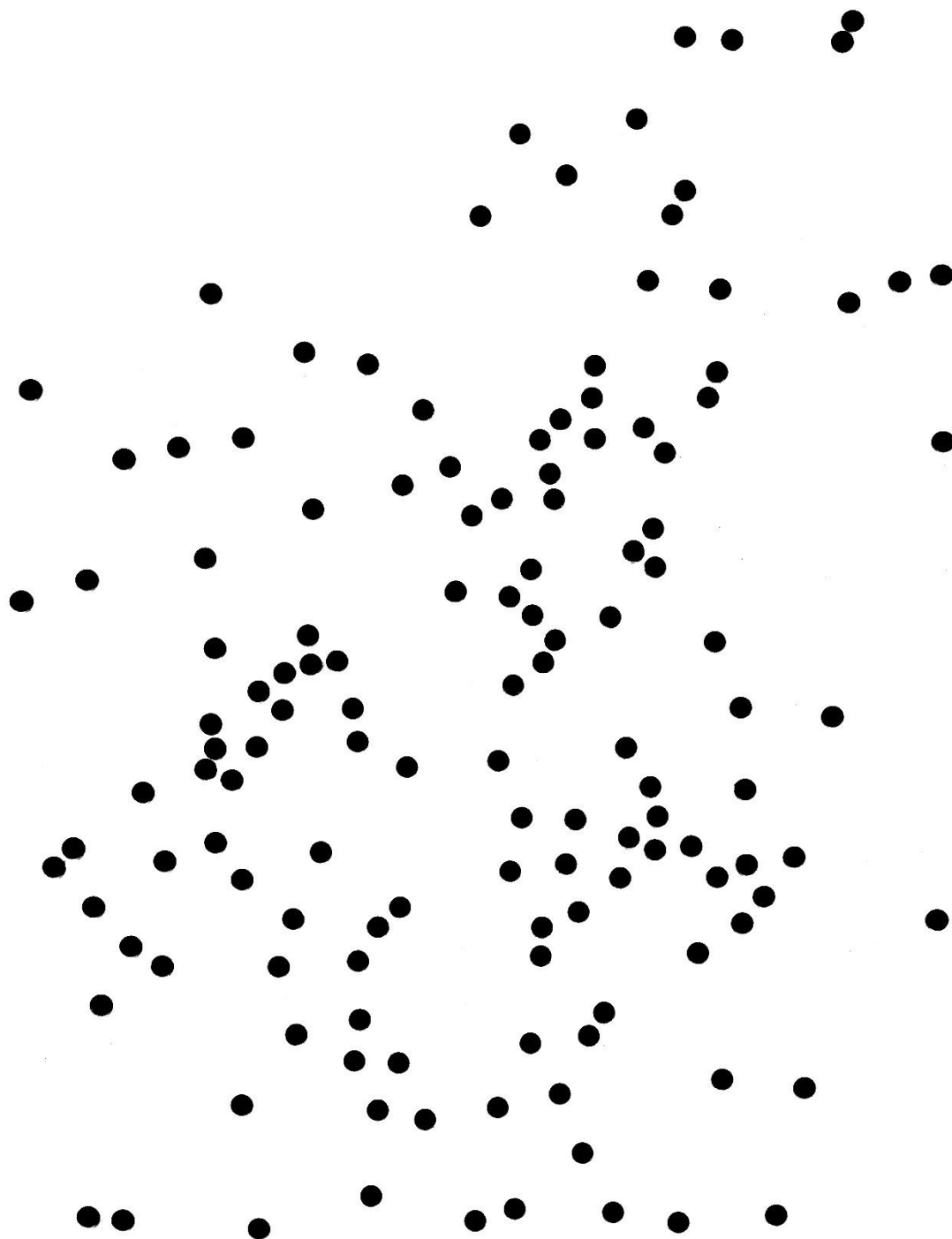
Balín 3



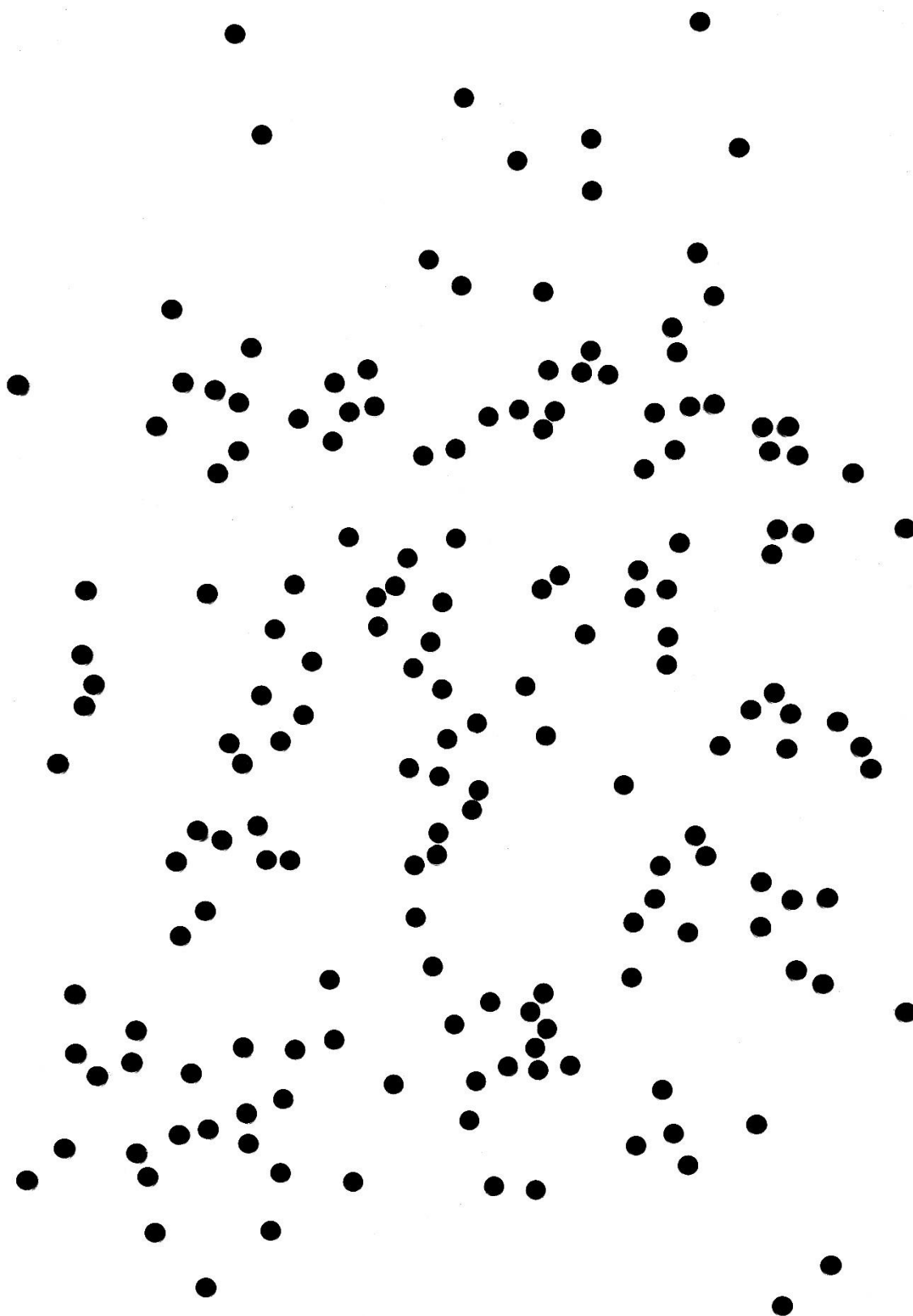
Balín 1



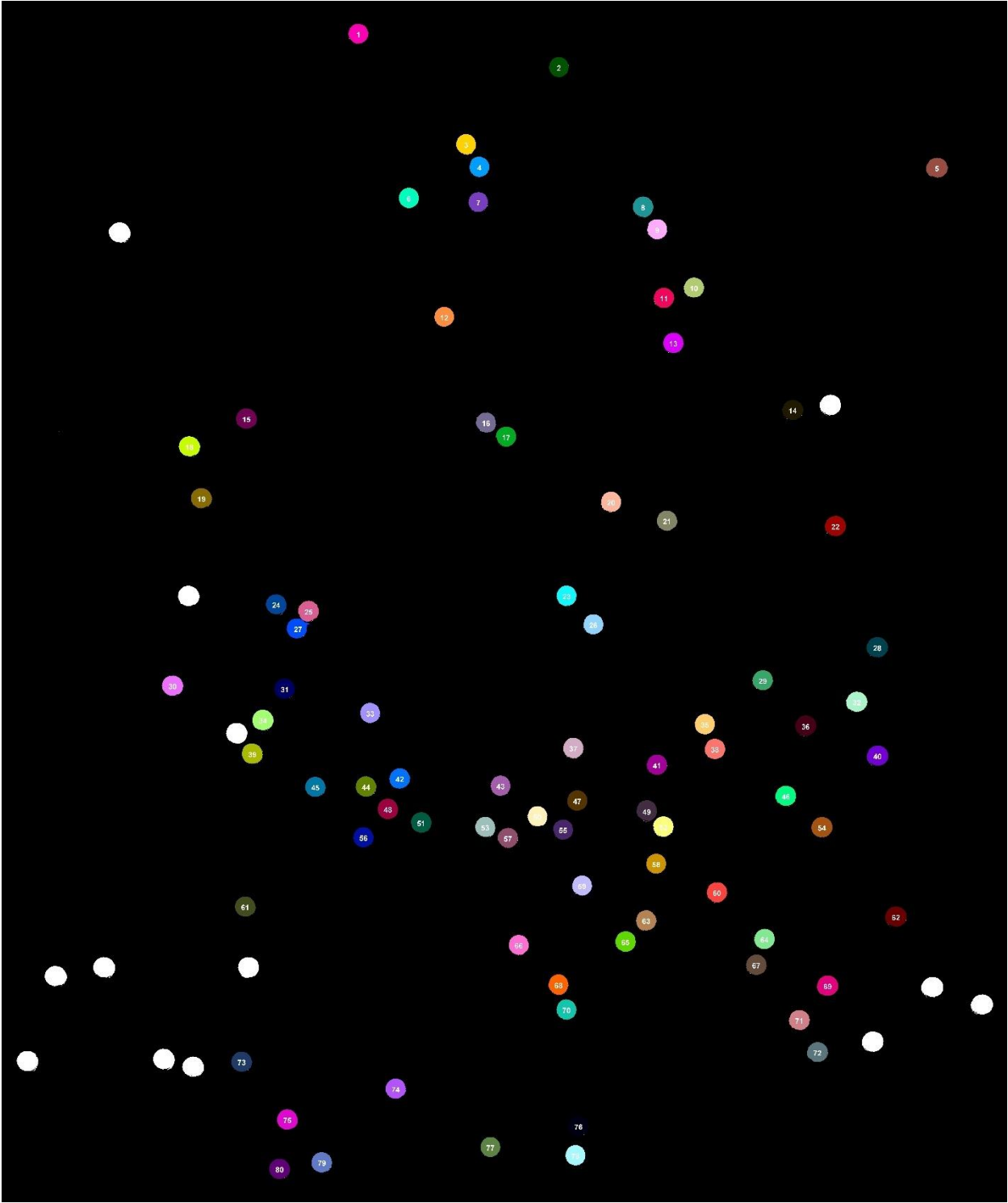
Balín 2



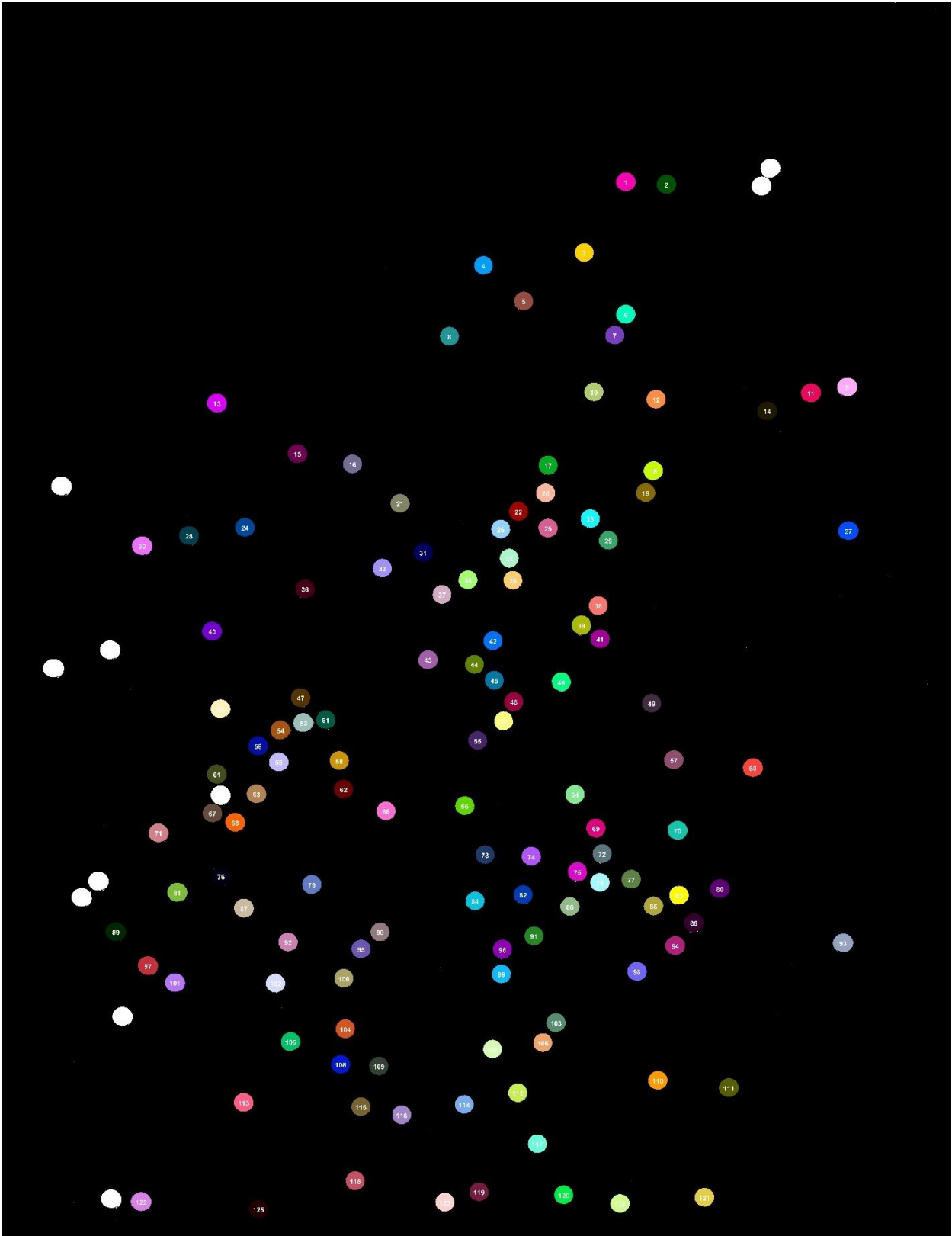
Balín 3



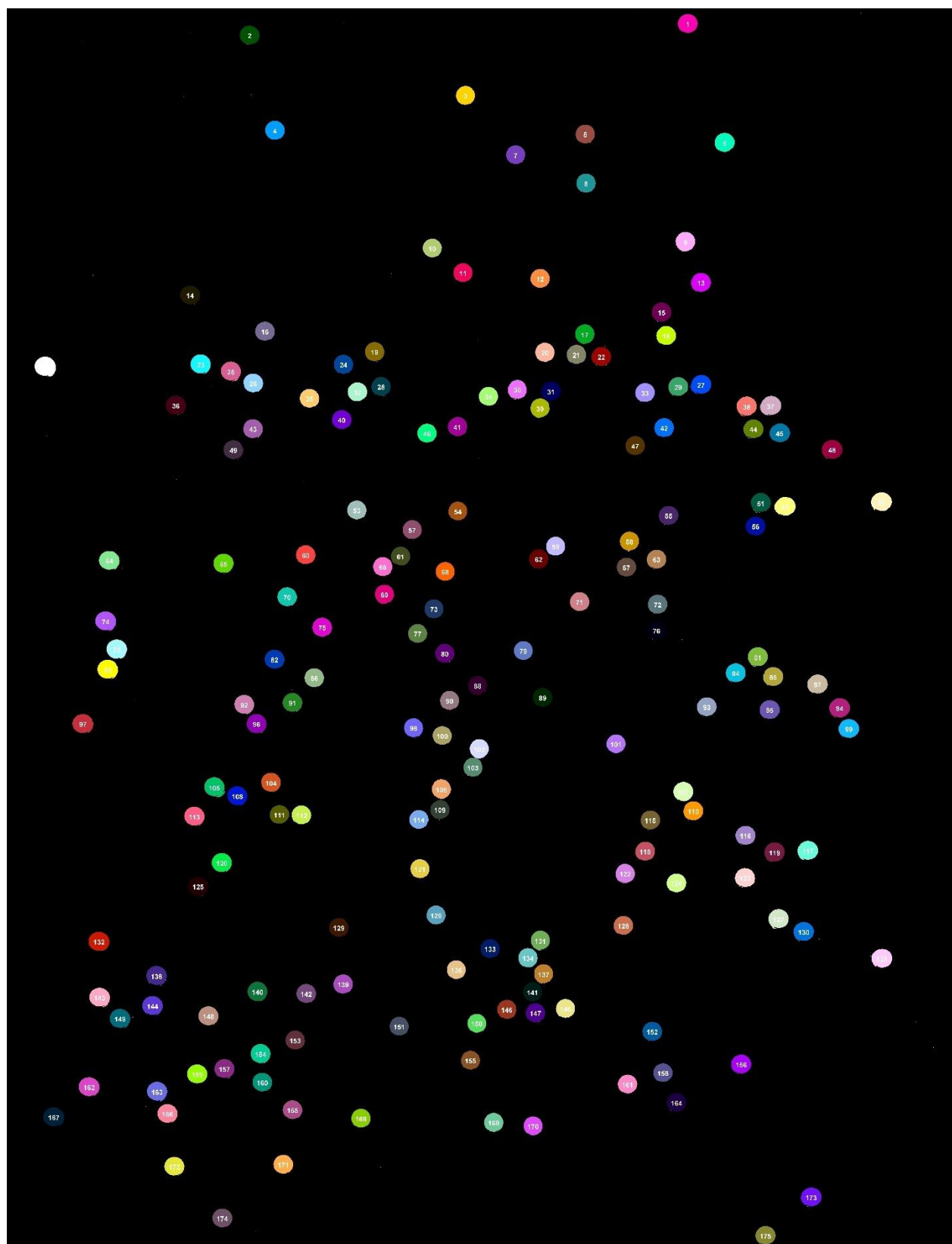
Balín 1



Balín 2



Balín 3



Anexo 14 - Resultados ImageJ Canola Cubierta

	Canola Cubierta 1		Canola Cubierta 2		Canola Cubierta 3	
No	Area (mm2)	Diametro Feret Min (mm)	Area (mm2)	Diametro Feret Min (mm)	Area (mm2)	Diametro Feret Min (mm)
1	4.08	2.183	5.14	2.426	3.843	2.169
2	4.001	2.1	4.155	2.296	3.566	2.022
3	4.484	2.281	4.35	2.232	3.757	2.068
4	4.214	2.227	4.186	2.232	4.777	2.279
5	5.613	2.484	4.358	2.258	3.994	2.144
6	4.642	2.228	3.761	2.121	3.262	1.973
7	4.629	2.265	4.261	2.237	3.663	2.032
8	3.917	2.104	4.116	2.185	5.418	2.357
9	4.024	2.127	5.035	2.381	4.567	2.314
10	4.201	2.182	3.961	2.127	3.893	2.119
11	3.446	1.927	3.93	2.204	3.942	2.169
12	4.259	2.232	3.373	2.017	4.122	2.169
13	3.779	2.064	3.584	2.111	3.232	1.968
14	4.175	2.194	4.366	2.237	3.592	1.995
15	4.734	2.381	4.501	2.27	3.78	2.056
16	3.931	2.219	3.686	2.051	3.342	1.98
17	3.695	2.088	3.719	2.007	4.414	2.176
18	4.007	2.212	4.218	2.181	3.724	2.113
19	4.241	2.226	4.161	2.197	4.329	2.291
20	3.908	2.178	4.424	2.199	4.462	2.223
21	4.084	2.074	3.73	2.079	3.923	2.065
22	3.805	2.1	3.61	2.012	4.648	2.302
23	4.301	2.292	3.539	2.01	3.994	2.117
24	3.973	2.191	3.517	1.92	3.696	2.046
25	3.9	2.208	3.979	2.119	4.889	2.335
26	3.913	2.112	4.499	2.274	3.95	2.171
27	4.284	2.262	3.631	1.982	4.35	2.185
28	4.295	2.303	5.239	2.402	4.284	2.159
29	3.894	2.127	4.481	2.235	4.208	2.257
30	3.861	2.232	3.614	1.977	4.052	2.189
31	4.083	2.194	4.135	2.166	3.921	2.085
32	3.786	2.144	4.03	2.198	3.43	1.971
33	4.97	2.395	3.71	2.098	3.739	2.108
34	4.78	2.305	4.021	2.072	3.772	2.064
35	4.469	2.224	4	2.215	3.56	2.068
36	4.516	2.26	3.929	2.038	3.88	2.128
37	4.387	2.202	3.893	2.095	4.021	2.181

38	4.16	2.115	4.344	2.253	3.956	2.1
39	3.873	2.13	3.638	2.093	4.763	2.308
40	5.039	2.391	4.476	2.313	3.654	2.044
41	4.284	2.028	3.855	2.108	3.804	2.033
42	4.392	2.227	5.262	2.505	4.395	2.259
43	4.081	2.188	3.561	2.014	4.241	2.211
44	4.425	2.226	4.288	2.112	4.104	2.185
45	4.632	2.241	4.219	2.221	4.283	2.181
46	4.335	2.138	4.442	2.135	4.197	2.164
47	4.899	2.38	3.927	2.014	4.793	2.271
48	4.124	2.174	4.403	2.296	3.562	2.063
49	4.113	2.159	4.137	2.234	3.284	2.007
50	4.436	2.174	3.579	2.021	4.524	2.345
51	4.215	2.192	4.148	2.132	3.627	2.072
52	4.215	2.241	3.874	2.022	4.809	2.359
53	4.556	2.217	4.578	2.33	3.762	2.074
54	3.867	2.169	4.385	2.232	3.912	2.174
55	3.944	2.156	3.212	2.006	4.26	2.131
56	3.911	2.084	3.323	1.968	4.28	2.195
57	4.692	2.37	3.802	2.039	4.173	2.144
58	3.889	2.085	3.895	2.121	4.825	2.434
59	4.084	2.167	3.75	2.151	4.77	2.394
60	3.651	2.001	4.106	2.106	3.88	2.127
61	4.178	2.161	5.503	2.454	4.995	2.373
62	5.034	2.343	4.182	2.189	4.528	2.286
63	4.156	2.206	4.558	2.323	3.212	1.895
64	4.844	2.38	4.906	2.317	3.659	2.091
65	4.674	2.269	4.766	2.368	4.003	2.127
66	5.545	2.51	3.506	1.981	4.382	2.179
67	4.065	2.119	3.511	2.022	3.507	1.958
68	4.11	2.1	4.83	2.399	4.293	2.296
69	3.381	1.978	3.595	2.104	4.493	2.231
70	5.262	2.374	4.388	2.231	3.766	2.1
71	4.866	2.355	3.876	2.115	4.643	2.422
72	4.892	2.264	3.17	1.874	4.692	2.233
73	4.46	2.265	4.041	2.18	3.426	2.021
74	5.256	2.43	3.871	2.161	3.658	2.07
75	4.477	2.193	4.029	2.19	3.68	1.982
76	4.908	2.357	3.847	2.058	4.444	2.138
77	3.986	2.127	3.942	2.208	4.066	2.166
78	4.125	2.253	5.066	2.294	4.117	2.233
79	4.567	2.168	5.628	2.408	4.463	2.309
80	4.128	2.158	3.379	2.034	4.489	2.303

81	4.422	2.185	4.234	2.274	4.404	2.192
82	4.322	2.105	4.311	2.232	4.962	2.445
83	3.797	2.127	4.797	2.427	3.779	2.145
84	4.159	2.173	4.676	2.278	4.022	2.114
85	4.047	2.163	3.972	2.253	4.25	2.154
86	4.816	2.365	3.912	2.087	3.619	2.119
87	4.402	2.223	3.547	1.961	4.526	2.343
88	4.863	2.323	4.204	2.159	3.778	2.106
89	3.765	2.018	4.548	2.279	3.876	2.06
90	3.636	2.1	3.889	2.127	4.273	2.19
91	4.151	2.091	3.865	2.028	3.813	2.088
92	3.825	2.127	3.949	2.15	3.407	2.036
93	4.033	2.084	4.159	2.219	3.768	2.062
94	4.055	2.169	4.42	2.315	4.595	2.359
95	4.155	2.25	4.142	2.106	4.181	2.159
96	4.525	2.341	3.713	2.066	3.98	2.041
97	3.693	2.027	4.826	2.403	3.786	2.001
98	3.895	2.091	3.789	2.101	4.579	2.321
99	3.715	1.947	4.678	2.393	4.677	2.295
100	4.294	2.218	4.006	2.15	4.01	2.118
101	4.23	2.232	3.861	2.129	4.399	2.176
102	5.16	2.424	3.828	2.033	3.58	2.043
103	4.894	2.352	3.627	2.022	4.353	2.244
104	3.784	2.07	4.22	2.264	4.701	2.354
105	4.878	2.327	4.138	2.161	3.789	2.085
106	4.002	2.16	4.096	2.241	3.571	1.98
107	4.71	2.344	3.686	2.04	4.154	2.236
108	4.874	2.36	4.24	2.183	3.994	2.147
109	4.217	2.206	3.886	2.169	4.126	1.997
110	3.903	2.144	3.858	2.045	4.846	2.242
111	3.589	1.989	3.548	2.008	4.608	2.315
112	4.544	2.255	3.543	2.03	4.787	2.37
113	3.78	2.005	4.088	2.196	4.171	2.18
114	3.965	2.122	3.997	2.124	4.708	2.401
115	5.043	2.354	5.011	2.325	4.057	2.171
116	4.601	2.323	4.13	2.151	4.233	2.22
117	3.533	2.034	3.992	2.085	3.84	2.12
118	3.941	2.14	3.611	2.048	3.884	2.112
119	3.448	2.001	3.466	2.01	4.011	2.156
120	4.422	2.232	3.75	1.958	4.01	2.15
121	4.054	2.148	4.883	2.289	3.946	2.15
122	4.363	2.229	4.721	2.303	4.751	2.32
123	3.821	2.085	5.178	2.329	3.896	2.059

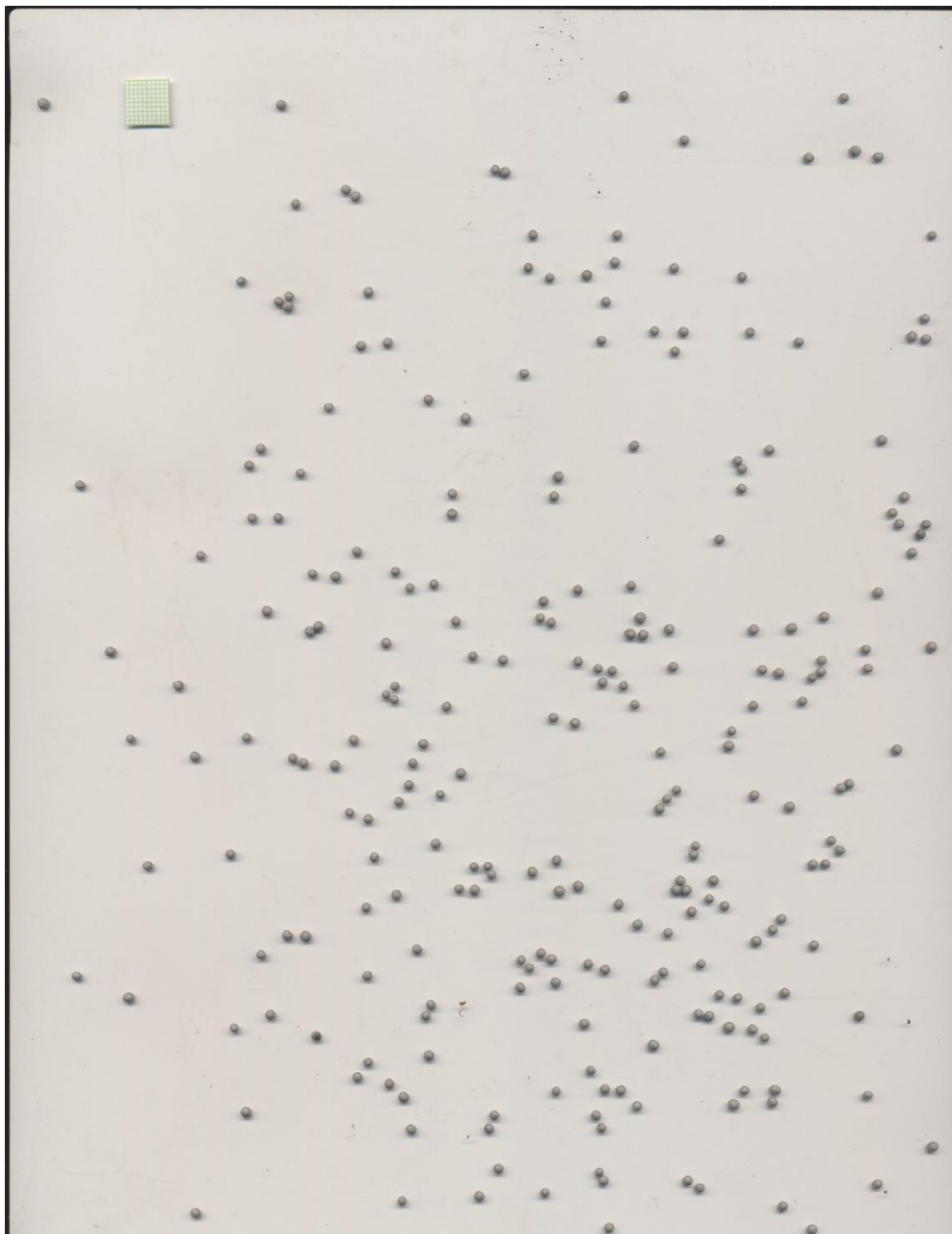
124	4.338	2.169	4.133	2.203	4.211	2.192
125	3.434	1.965	4.707	2.301	4.152	2.134
126	3.688	2.022	4.562	2.316	3.433	2.064
127	4.434	2.202	4.494	2.286	3.646	2.085
128	3.862	2.087	3.76	2.172	4.386	2.176
129	4.658	2.253	3.342	1.969	5.535	2.51
130	4.752	2.346	4.931	2.383	3.375	2.018
131	5.03	2.43	4.028	2.187	3.832	2.12
132	3.948	2.154	4.689	2.269	2.668	1.796
133	4.636	2.297	4.064	2.232	4.265	2.225
134	5.26	2.525	4.283	2.174	4.227	2.13
135	4.491	2.263	4.745	2.284	3.64	2.01
136	3.766	2.053	4.928	2.305	4.273	2.227
137	4.308	2.112	3.506	2.043	4.247	2.245
138	4.074	2.189	4.266	2.174	3.629	2.105
139	3.864	2.069	4.225	2.223	4.312	2.253
140	4.631	2.298	3.966	2.171	3.453	2.04
141	4.42	2.145	4.021	2.095	3.977	2.158
142	4.661	2.293	3.93	2.104	4.605	2.35
143	4.402	2.203	4.285	2.169	4.077	2.181
144	4.05	2.148	4.396	2.365	3.834	2.106
145	5.045	2.296	4.018	2.043	4.16	2.227
146	5.334	2.502	4.326	2.259	3.683	2.063
147	5.128	2.424	4.182	2.288	3.457	2.03
148	4.285	2.218	4.356	2.234	4.456	2.199
149	4.449	2.253	3.55	2.106	3.465	2.069
150	4.279	2.174	3.072	1.874	4.054	2.102
151	4.291	2.146	3.912	2.009	4.981	2.39
152	3.938	2.147	4.192	2.224	4.011	2.204
153	3.58	2.031	3.631	2.063	4.366	2.185
154	4.231	2.172	4.876	2.292	4.405	2.251
155	3.852	1.994	3.896	2.162	4.131	2.135
156	3.318	1.984	3.871	2.064	3.953	2.137
157	4.424	2.279	4.104	2.165	4.519	2.339
158	3.938	2.211	4.379	2.167	3.664	2.161
159	4.21	2.274	4.887	2.308	3.178	1.943
160	4.409	2.117	4.108	2.181	4.076	2.118
161	4.204	2.229	4.162	2.154	4.633	2.311
162	4.608	2.296	4.434	2.269	4.246	2.282
163	4.412	2.253	5.876	2.581	4.548	2.341
164	4.572	2.243	3.389	1.873	5.97	2.618
165	4.018	2.074	5.344	2.535	3.711	2.061
166	5.664	2.529	4.555	2.383	4.748	2.383

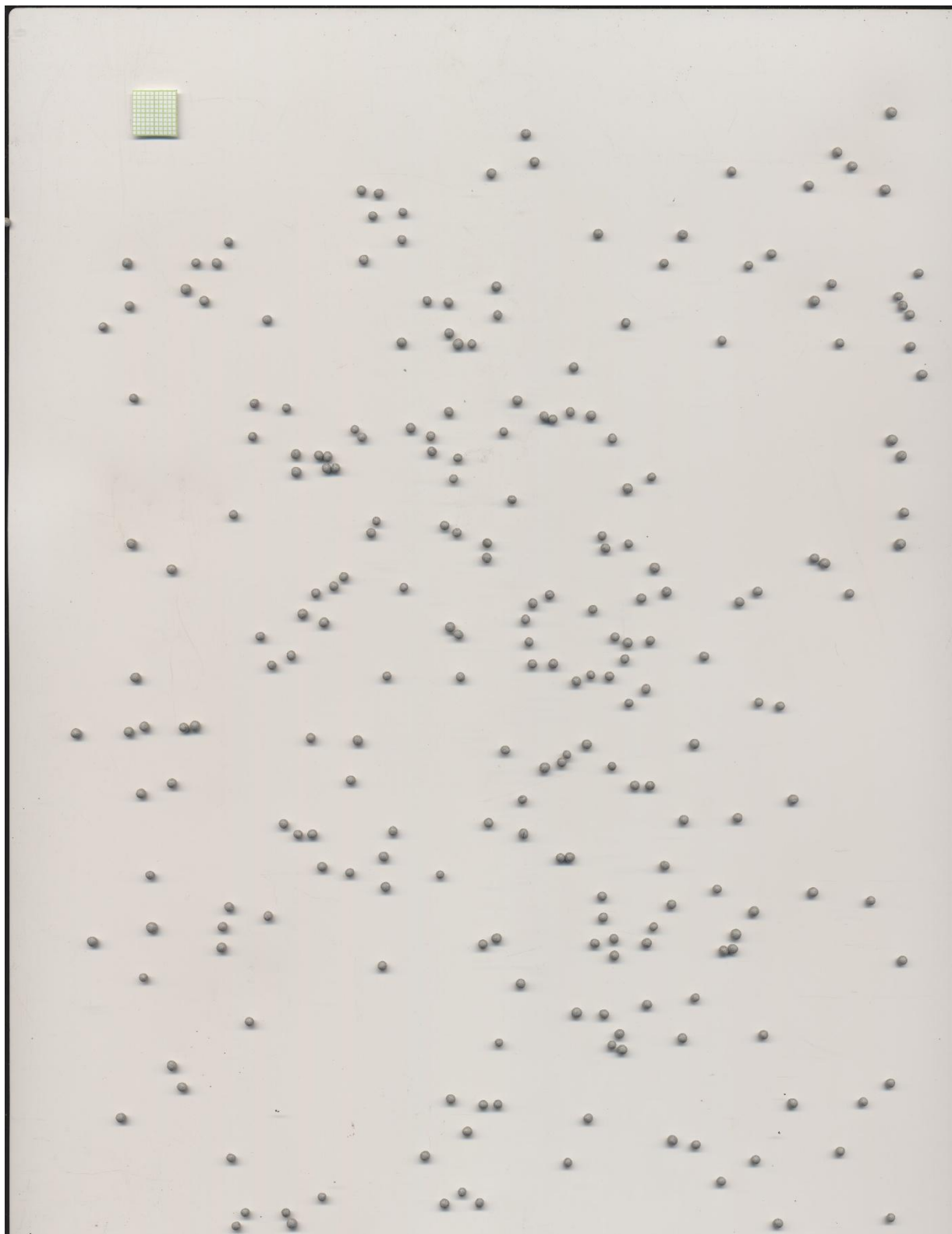
167	3.986	1.95	3.999	2.148	3.554	1.967
168	4.374	2.158	5.22	2.311	3.913	2.152
169	4.194	2.204	4.35	2.284	3.238	2.016
170	4.544	2.323	3.956	2.223	3.997	2.15
171	4.888	2.336	3.831	2.148	4.418	2.264
172	4.233	2.228	4.886	2.409	3.66	2.082
173	4.838	2.425	4.232	2.22	3.985	2.159
174	5.62	2.556	4.261	2.136	3.987	2.181
175	3.75	1.981	3.844	2.136	3.406	2.038
176	4.552	2.345	3.896	2.023	4.158	2.201
177	4.58	2.286	4.027	2.191	3.506	1.966
178	3.695	2.064	3.63	1.918	4.116	2.209
179	5.368	2.525	4.157	2.204	5.459	2.413
180	4.848	2.38	4.959	2.411	3.641	2.07
181	3.896	2.212	4.017	2.204	4.341	2.251
182	3.976	2.085	3.923	2.055	3.741	2.13
183	4.25	2.266	4.22	2.159	4.017	2.159
184	4.327	2.182	4.045	2.161	4.904	2.319
185	4.428	2.253	4.235	2.255	3.779	2.124
186	5.508	2.556	2.952	1.895	4.819	2.288
187	4.703	2.304	4.953	2.29	3.558	2.063
188	4.229	2.1	4.136	2.105	4.719	2.325
189	3.524	2.022	4.741	2.184	4.344	2.29
190	4.042	2.025	4.028	2.157	3.739	2.07
191	5.025	2.421	3.929	2.096	3.986	2.196
192	4.815	2.424	4.825	2.394	4.188	2.158
193	5.567	2.586	3.661	2.043	4.951	2.359
194	4.114	2.219	3.873	2.184	3.739	1.985
195	5.215	2.394	4.826	2.312	4.391	2.274
196	4.292	2.263	3.898	2.082	4.165	2.066
197	4.033	2.223	4.39	2.308	4.361	2.27
198	3.931	2.169	4.652	2.43	3.958	2.202
199	4.245	2.203	3.789	2.068	3.778	2.163
200	4.367	2.23	4.062	2.156	3.366	2.022
201	5.423	2.335	4.326	2.245	3.546	2.048
202	4.369	2.257	3.821	1.982	3.692	2.139
203	4.445	2.219	3.939	2.113	4.202	2.304
204	4.438	2.131	3.376	2.009	3.7	2.058
205	4.057	2.157	3.808	2.113	4.338	2.27
206	3.546	2.022	3.294	1.936	3.544	2.067
207	4.536	2.297	3.458	2.038	3.358	2.021
208	3.535	2	3.704	2.002	4.339	2.172
209	4.471	2.221	4.179	2.223	3.57	2.076

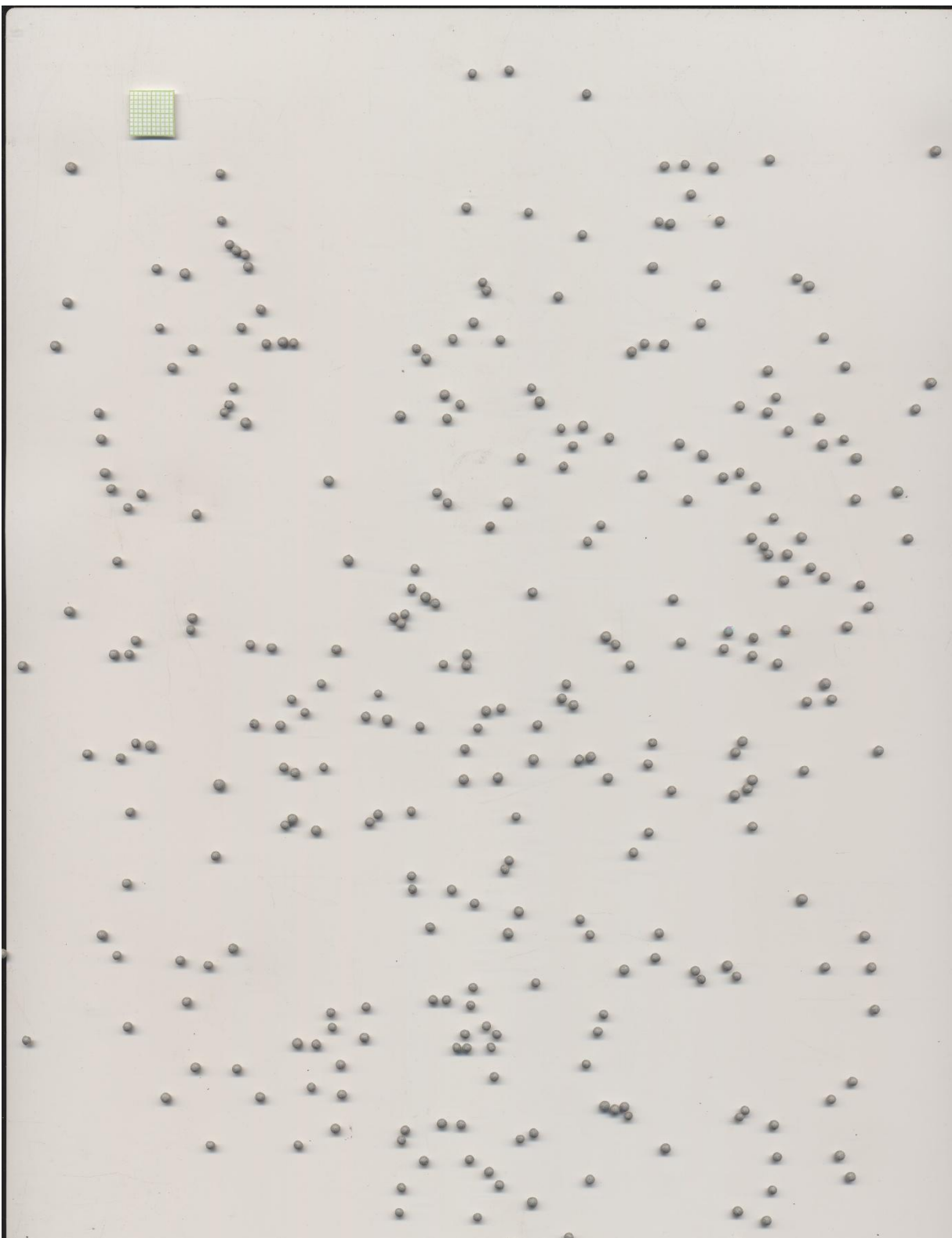
210	4.603	2.269	3.672	2.068	3.553	2.073
211	4.169	2.219	3.608	2.025	3.584	2.074
212	5.015	2.337	3.637	2.02	4.356	2.304
213			5.166	2.472	3.369	1.981
214			4.33	2.259	3.806	2.13
215			3.682	2.104	3.758	2.152
216					3.541	2.059
217					4.117	2.237
218					4.843	2.371
219					4.07	2.115
220					3.395	1.921
221					3.425	2.052
222					3.935	2.207
223					4.583	2.289
224					4.041	2.192
225					3.602	2.064
226					4.301	2.185
227					3.533	2.022
228					3.922	2.227
229					4.316	2.214
230					4.862	2.303
231					3.903	2.108
232					4.199	2.256
233					3.84	2.106
234					4.255	2.234
235					4.083	2.23
236					3.901	2.168
237					3.827	2.122
238					3.179	1.966
239					3.572	1.976
240					3.762	2.021
241					3.686	1.975
242					4.638	2.338
243					4.752	2.308
244					3.803	2.085
245					3.695	2.079
246					4.006	2.22
247					3.935	2.152
248					4.714	2.233
249					3.664	2.084
250					3.851	2.152
251					3.611	2.008
252					3.66	2.112

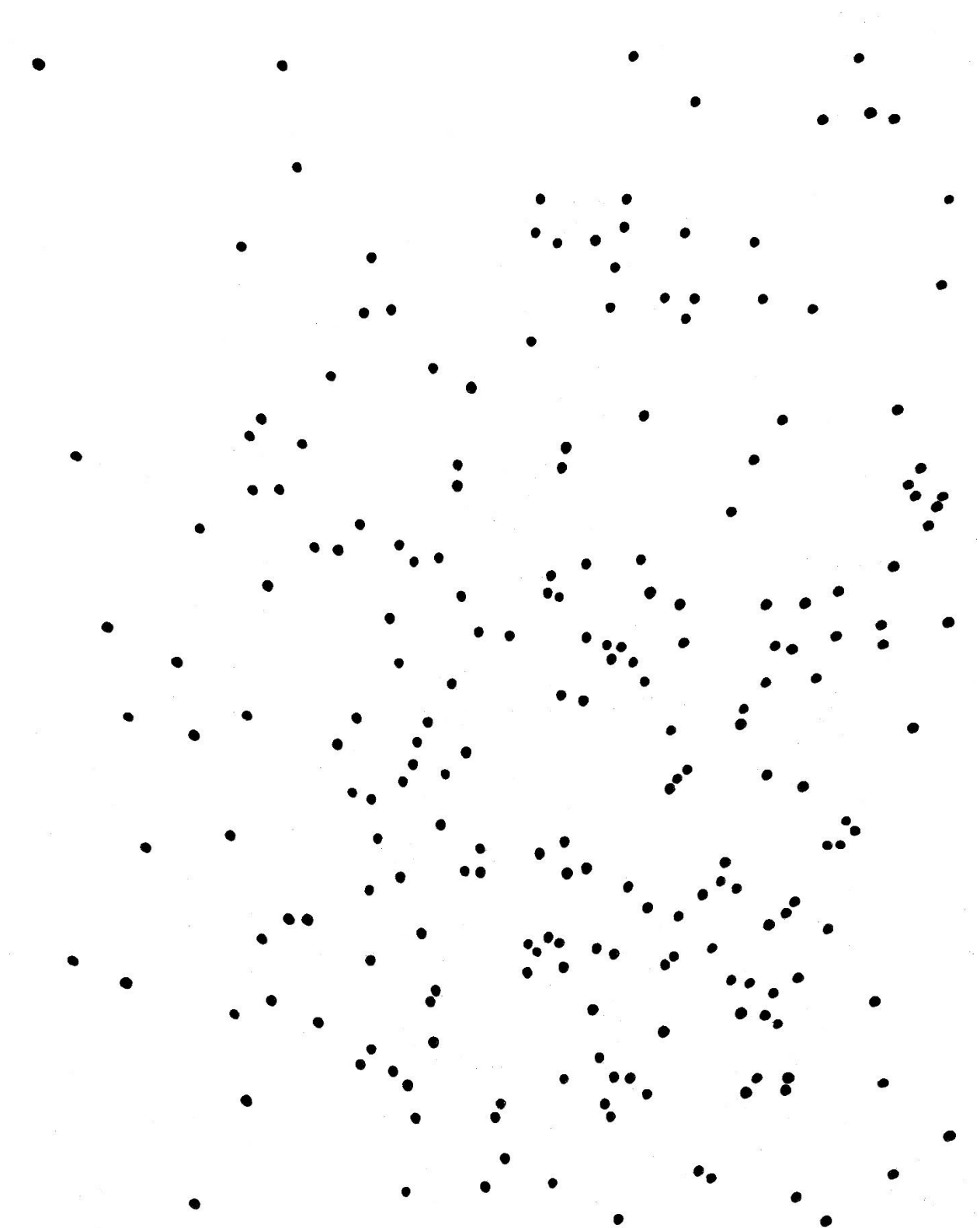
253					4.701	2.359
254					4.559	2.353
255					3.342	1.968
256					3.141	2.019
257					4.406	2.244
Promedio	4.366	2.221	4.165	2.177	4.029	2.163
Promedio Área de la canola cubierta (mm ²)					4.187	
Promedio Diámetro Feret de la canola cubierta (mm)					2.187	

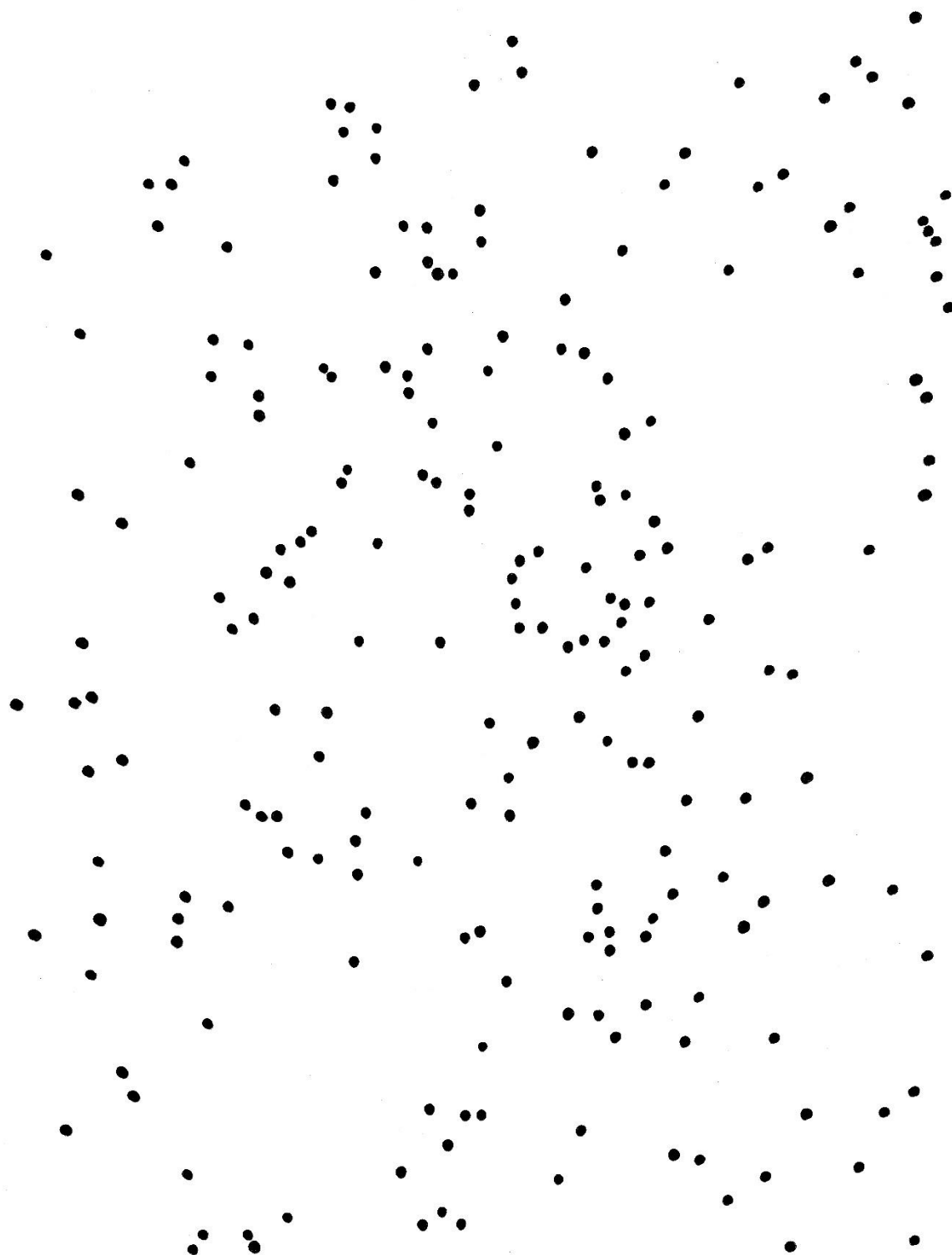
Canola Cubierta 1

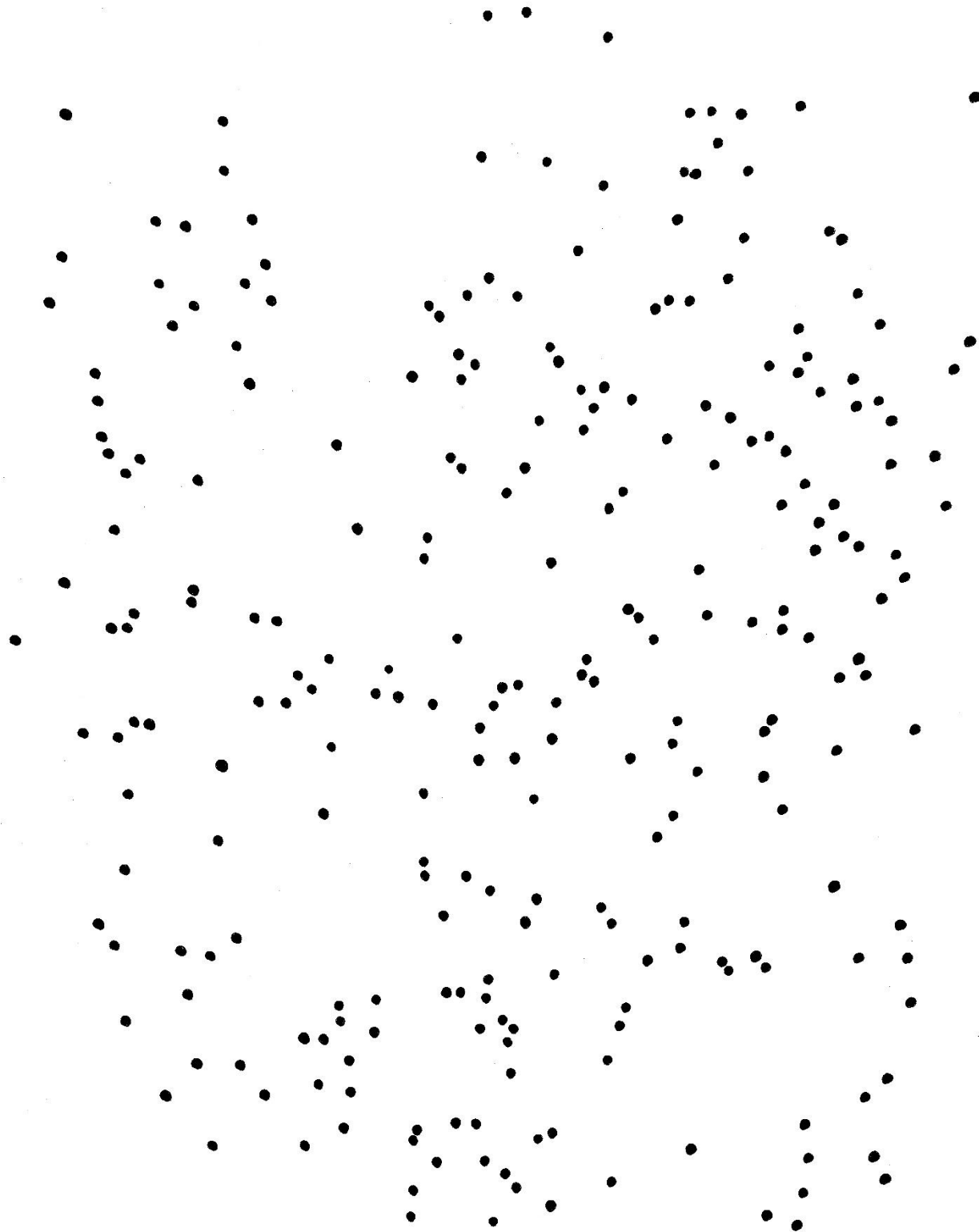


Canola Cubierta 2

Canola Cubierta 3

Canola Cubierta 1

Canola Cubierta 2

Canola Cubierta 3

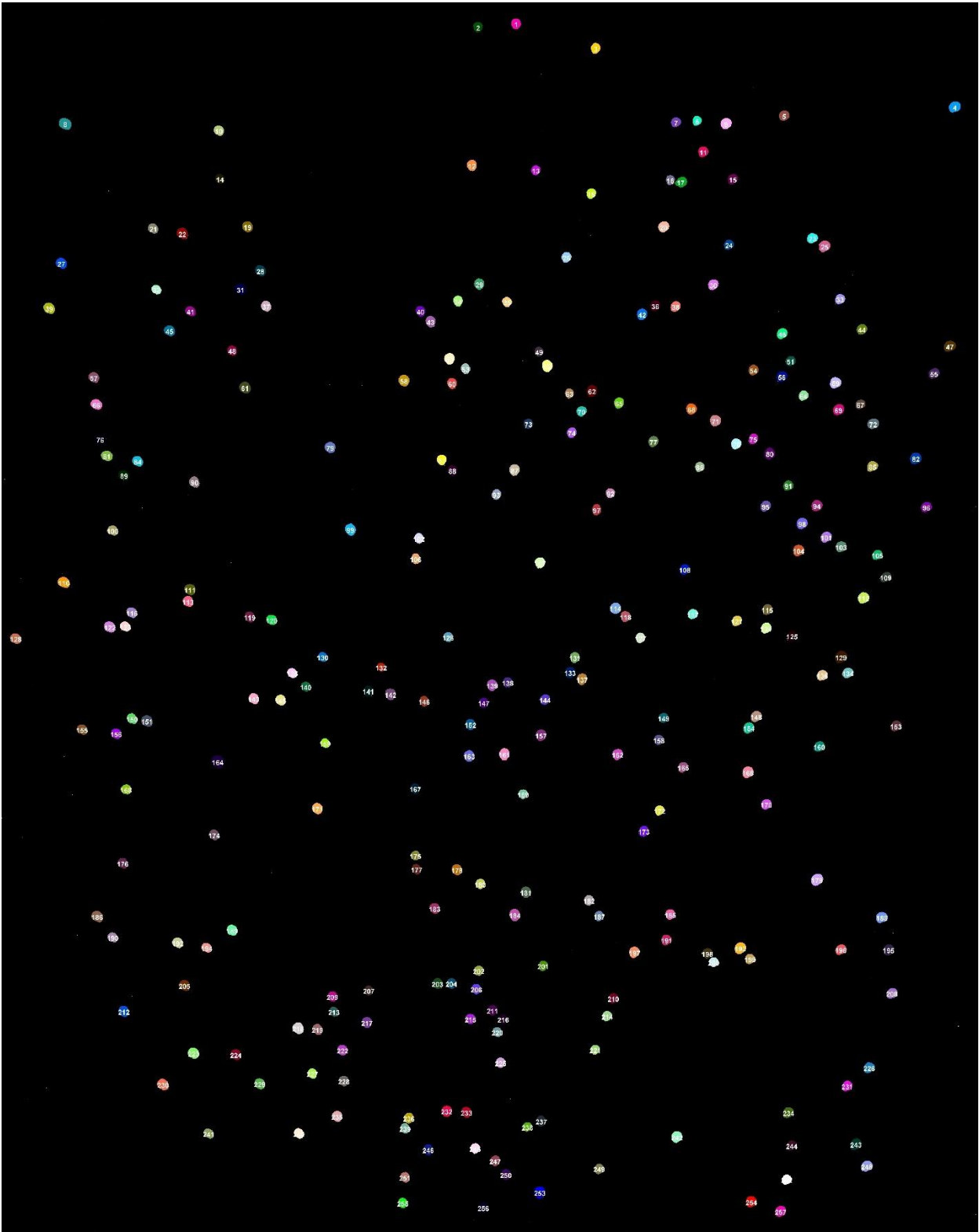
Canola Cubierta 1



Canola Cubierta 2



Canola Cubierta 3



Anexo 15 – Plantadora Maíz bajo configuración de Canola (2.0 km/h)

Semilla	No.	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Maiz	1	522,000	3.1	2,229	98.9%	0.5%	13	0.6%	15	0.13
	2	523,000	3.1	2,233	98.3%	0.7%	16	1.0%	23	0.15
	3	521,000	3.1	2,223	99.1%	0.5%	13	0.4%	11	0.12
	4	523,000	3.1	2,232	98.8%	0.5%	12	0.7%	17	0.14
	5	522,000	3.1	2,230	98.6%	0.6%	15	0.8%	20	0.15
	6	521,000	3.1	2,225	99.0%	0.5%	13	0.5%	13	0.15
	7	519,000	3.1	2,216	98.7%	0.7%	17	0.6%	14	0.16
	8	519,000	3.1	2,217	98.4%	1.0%	23	0.6%	14	0.18
	9	519,000	3.1	2,216	98.9%	0.8%	19	0.3%	7	0.16
	10	518,000	3.1	2,213	98.3%	1.1%	26	0.6%	15	0.17
Promedio		520,700	3.1	2,223.40	98.70%	0.69%	17	0.61%	15	0.15

Anexo 16 - Plantadora Maíz bajo configuración de Canola (2.5 km/h)

Planta	Run	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Maiz	1	516,000	3.1	2,202	97.0%	1.9%	44	1.1%	25	0.24
	2	518,000	3.1	2,212	96.9%	1.7%	39	1.4%	31	0.25
	3	515,000	3.1	2,200	96.1%	2.2%	49	1.7%	38	0.26
	4	515,000	3.1	2,199	95.8%	2.3%	51	1.9%	43	0.27
	5	516,000	3.1	2,205	95.5%	2.5%	56	2.0%	46	0.26
	6	513,000	3.1	2,189	96.3%	2.5%	56	1.2%	27	0.26
	7	512,000	3.2	2,186	96.3%	2.4%	54	1.3%	29	0.26
	8	514,000	3.1	2,194	95.5%	2.8%	62	1.7%	39	0.26
	9	514,000	3.1	2,194	95.3%	2.8%	62	1.9%	42	0.28
	10	514,000	3.1	2,196	95.5%	2.5%	55	2.0%	44	0.27
Promedio		514,700	3.1	2,197.70	96.02%	2.36%	52.80	1.62%	36.40	0.26

Anexo 17 - Plantadora Maíz bajo configuración de Canola (3.0 km/h)

Planta	Run	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Maiz	1	510,000	3.2	2,178	90.4%	5.6%	122	4.0%	88	0.36
	2	509,000	3.2	2,175	89.1%	6.4%	140	4.5%	100	0.38
	3	506,000	3.2	2,163	85.8%	8.1%	177	6.1%	132	0.41
	4	510,000	3.2	2,178	90.2%	5.9%	129	3.9%	87	0.36
	5	508,000	3.2	2,172	87.2%	7.4%	162	5.4%	118	0.40
	6	505,000	3.2	2,159	86.9%	7.6%	166	5.5%	120	0.40
	7	505,000	3.2	2,158	85.9%	8.6%	186	5.5%	119	0.40
	8	506,000	3.2	2,162	88.5%	7.1%	155	4.4%	96	0.38
	9	508,000	3.2	2,171	88.0%	7.0%	154	5.0%	109	0.39
	10	506,000	3.2	2,164	87.3%	7.7%	167	5.0%	110	0.39
Promedio		507,300	3.20	2,168.00	87.93%	7.14%	155.80	4.93%	107.90	0.39

Anexo 18 - Plantadora Maíz bajo configuración de Canola (4.0 km/h)

Planta	Run	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Maiz	1	483,000	3.3	2,062	65.3%	20.8%	429	13.9%	287	0.59
	2	488,000	3.3	2,087	63.6%	21.8%	456	14.6%	305	0.60
	3	486,000	3.3	2,077	67.4%	19.7%	411	12.9%	268	0.58
	4	483,000	3.3	2,063	63.1%	22.1%	457	14.8%	306	0.61
	5	492,000	3.3	2,101	64.4%	20.4%	430	15.2%	320	0.60
	6	492,000	3.3	2,102	65.3%	19.6%	413	15.1%	318	0.58
	7	489,000	3.3	2,091	68.5%	18.3%	383	13.2%	277	0.57
	8	494,000	3.3	2,110	68.9%	17.5%	371	13.6%	287	0.58
	9	492,000	3.3	2,104	67.3%	19.2%	404	13.5%	285	0.56
	10	497,000	3.3	2,122	71.0%	16.0%	340	13.0%	276	0.56
Promedio		489,600	3.30	2,091.90	66.48%	19.54%	409.40	13.98%	292.90	0.58

Anexo 19 – Plantadora Balin configuración de Canola (2.0 km/h)

Semilla	No.	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Balin	1	519,000	3.1	2,216	100.0%	0.0%	0	0.0%	0	0.16
	2	519,000	3.1	2,217	100.0%	0.0%	0	0.0%	1	0.15
	3	519,000	3.1	2,217	100.0%	0.0%	0	0.0%	0	0.15
	4	519,000	3.1	2,217	100.0%	0.0%	0	0.0%	0	0.15
	5	519,000	3.1	2,217	100.0%	0.0%	0	0.0%	0	0.15
	6	519,000	3.1	2,215	100.0%	0.0%	1	0.0%	0	0.15
	7	519,000	3.1	2,215	100.0%	0.0%	0	0.0%	1	0.16
	8	519,000	3.1	2,216	100.0%	0.0%	0	0.0%	1	0.15
	9	519,000	3.1	2,217	99.9%	0.0%	0	0.1%	3	0.15
	10	519,000	3.1	2,217	100.0%	0.0%	0	0.0%	0	0.15
Promedio		519,000	3.10	2,216.40	99.99%	0.00%	0.10	0.01%	0.60	0.15

Anexo 20 – Plantadora Balin configuración de Canola (2.5 km/h)

Semilla	No.	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Balin	1	519,000	3.1	2,217	100.0%	0.0%	1	0.0%	2	0.19
	2	519,000	3.1	2,217	99.9%	0.0%	0	0.1%	3	0.20
	3	519,000	3.1	2,217	99.8%	0.0%	1	0.2%	5	0.19
	4	519,000	3.1	2,218	99.4%	0.0%	0	0.6%	14	0.20
	5	519,000	3.1	2,215	99.9%	0.0%	2	0.1%	3	0.20
	6	519,000	3.1	2,215	99.4%	0.0%	2	0.6%	14	0.21
	7	519,000	3.1	2,217	99.9%	0.0%	0	0.1%	3	0.20
	8	519,000	3.1	2,217	100.0%	0.0%	1	0.0%	2	0.19
	9	519,000	3.1	2,215	99.9%	0.0%	2	0.1%	3	0.20
	10	519,000	3.1	2,217	99.8%	0.0%	1	0.2%	4	0.19
Promedio		519,000	3.10	2,216.50	99.80%	0.00%	1.00	0.20%	5.30	0.20

Anexo 21 – Plantadora Balin configuración de Canola (3.0 km/h)

Semilla	No.	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Balin	1	519,000	3.1	2,219	98.3%	0.4%	11	1.3%	31	0.26
	2	519,000	3.1	2,216	97.3%	1.0%	23	1.7%	39	0.28
	3	519,000	3.1	2,221	98.7%	0.3%	8	1.0%	23	0.26
	4	519,000	3.1	2,218	98.7%	0.6%	14	0.7%	16	0.26
	5	520,000	3.1	2,220	98.5%	0.4%	10	1.1%	25	0.25
	6	520,000	3.1	2,220	98.6%	0.4%	9	1.0%	24	0.26
	7	519,000	3.1	2,217	98.1%	0.5%	12	1.4%	32	0.28
	8	520,000	3.1	2,220	98.2%	0.4%	10	1.4%	32	0.26
	9	519,000	3.1	2,218	98.2%	0.5%	13	1.3%	29	0.27
	10	520,000	3.1	2,220	98.4%	0.4%	11	1.2%	26	0.25
Promedio		519,400	3.10	2,218.90	98.30%	0.49%	12.10	1.21%	27.70	0.26

Anexo 22 – Plantadora Balin configuración de Canola (3.5 km/h)

Semilla	No.	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Balin	1	519,000	3.1	2,219	89.0%	6.2%	139	4.8%	107	0.40
	2	519,000	3.1	2,219	87.4%	7.1%	159	5.5%	123	0.42
	3	517,000	3.1	2,210	85.0%	8.4%	186	6.6%	148	0.44
	4	519,000	3.1	2,216	89.6%	5.8%	130	4.6%	104	0.39
	5	519,000	3.1	2,218	89.3%	6.4%	142	4.3%	97	0.40
	6	519,000	3.1	2,219	89.8%	5.6%	126	4.6%	104	0.39
	7	518,000	3.1	2,214	89.6%	5.9%	131	4.5%	100	0.39
	8	519,000	3.1	2,219	89.9%	5.8%	129	4.3%	96	0.40
	9	519,000	3.1	2,219	87.6%	6.8%	153	5.6%	125	0.42
	10	519,000	3.1	2,220	89.0%	6.2%	138	4.8%	108	0.40
Promedio		518,700	3.10	2,217.30	88.62%	6.42%	143.30	4.96%	111.20	0.41

Anexo 23 – Plantadora Balin configuración de Canola (4.0 km/h)

Semilla	No.	Población (semillas/ha)	Espacio Promedio	Semillas Contadas	% Efectividad	Semillas Saltadas		Múltiples Semillas		CV
						%	Semillas	%	Semillas	
Balin	1	518,000	3.1	2,212	86.9%	7.9%	176	5.2%	117	0.40
	2	517,000	3.1	2,209	86.4%	8.5%	188	5.1%	113	0.40
	3	520,000	3.1	2,222	89.8%	6.4%	143	3.8%	86	0.38
	4	518,000	3.1	2,214	87.5%	7.9%	177	4.6%	102	0.41
	5	519,000	3.1	2,210	85.0%	9.5%	210	5.5%	122	0.47
	6	517,000	3.1	2,205	84.2%	10.0%	221	5.8%	128	0.49
	7	520,000	3.1	2,223	86.0%	8.6%	191	5.4%	120	0.50
	8	518,000	3.1	2,213	83.5%	11.3%	250	5.2%	115	0.48
	9	519,000	3.1	2,217	83.0%	11.0%	244	6.0%	133	0.51
	10	518,000	3.1	2,211	85.0%	9.9%	219	5.1%	113	0.46
Promedio		518,400	3.10	2,213.60	85.73%	9.10%	202	5.17%	114.90	0.45