

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**“Comparación de dos modelos
productivos de estragón
(*Artemisia dracunculoides*) bajo
criterio de indicadores agroambientales
en el Oriente Antioqueño”**

LUISA FERNANDA PELÁEZ CARMONA

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente
Medellín, Colombia
2017

**“Comparación de dos modelos
productivos de estragón
(*Artemisia dracunculoides*) bajo criterio
de indicadores agroambientales en el
Oriente Antioqueño”**

Luisa Fernanda Peláez Carmona

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Medio Ambiente y Desarrollo

Directora:

M.Sc. Luz Elena Pérez Gallego

Codirector:

D.Sc. León Darío Vélez Vargas

Grupo de Investigación:

Sistemas Agrícolas Tropicales (SAT)

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento Geociencias y Medio Ambiente

Medellín, Colombia

2017

Agradecimientos

A DIOS, a mi familia: Luz marina Carmona Montoya, Jesús Eduardo Peláez Álvarez, Alexandra Peláez Carmona, Carlos Andrés Gómez Cañas, Juana, Luna y Dulce.

A mis asesores León Darío Vélez Vargas y Luz Elena Pérez Gallego.

A los educadores que aportaron en este proceso, gran aprecio a Carlos Alberto Chica Salgado.

A mis amigos, que me acompañaron durante esta etapa. Laura Isabel Villegas Isaza muchas gracias.

Al POLI (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid) y Universidad Nacional de Colombia sede Medellín con aprecio a Patricia Arias Hincapié y María Isabel Toro Quijano

A los empleados de campo de las dos empresas

A la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y al Sistema Nacional de Regalías, por su financiamiento.

Resumen

La competitividad ambiental del sector de plantas condimentarias en el Oriente Antioqueño preocupa a los productores de estas especies. Se requiere información precisa para valorar la gestión agroambiental en procesos de producción con fines de exportación. De la producción estragón ruso (*Artemisia dracunculoides*), se evaluó como estudios de caso, dos modelos productivos, orgánico (San Vicente de Ferrer) y convencional (Rionegro). Se caracterizaron, empresas, predios, parcelas y modelos de producción. Seleccionaron, evaluaron y analizaron indicadores agroambientales de: eficiencia (rendimiento, número de plantas por libra, vida útil del cultivo, productividad energética (PE), punto de equilibrio económico (PEE) y relación costo beneficio (RCB)), calidad de suelo, calidad de agua y calidad de material vegetal. Este estudio se realizó entre enero de 2015 y marzo de 2016. Los resultados fueron: rendimiento 3 veces superior en el modelo convencional. Número de plantas para obtener libra bruta (500gr) con 5,77 plantas más en el orgánico. Vida útil del cultivo (cosechas anuales) 1,5 cosechas más en el convencional. PE (kg/100Mj) anual, 100 veces mayor convencional. PEE y RCB anual, orgánico <1 y convencional >1. Para el indicador calidad de suelo, la variable fertilidad, indico para ambos modelos, suelos FA, con alta CIC y adecuado contenido de Mo $\geq 20\%$, pH adecuado en el orgánico y 5,13 convencional tendido a acido, las concentraciones de Ca, S, Zn (orgánico) y Ca, K, P, S, Fe, Zn, B, NO₃ (convencional) superaron el rango adecuado, niveles bajos en P, Mn, Cu, B, NO₃ (orgánico) y Mn (convencional), niveles adecuados en K, Al, Mg, Fe, NH₄ (orgánico) y Al, Mg, Cu, NH₄ (convencional). Otra variable en este indicador fue, determinación de la infiltración, ambos modelos con clasificación “muy rápida”. Para la variable recuento de microorganismos por grupos funcionales en suelo, se encontraron en los dos modelos altas UFC $>10^4$, a excepción del % infección micorrizal <20% en los dos modelos, igualmente para hongos formadores de micorrizas en suelo con número de esporas <50. Indicador calidad de agua, para la variable físico-química, los parámetros evaluados en agua infiltrada fueron adecuados para los dos modelos, a excepción del O₂ <5 mg/L en los dos modelos y NO₃ muy alto para convencional (95,47 mg/L), la variable microbiológica

para agua de riego, presento contenidos altos de coliformes totales en el orgánico y bajos convencional y *E. coli* dentro de la norma para los dos. En el indicador calidad de material vegetal, para la variable inocuidad de producto, ambos modelos mesofilos y coliformes totales fuera del parámetro INVIMA, coliformes fecales no se encontraron en el orgánico y convencional fuera de la norma, mohos y levaduras orgánico no cumple y convencional cumple con la norma. En la variable calidad de producto concentraciones de N-P-K, menores a las reportadas para estragón francés (*Artemisia dracunculus*) en los dos modelos, Cu en el orgánico se halló en alta concentración. Los resultados de los indicadores agroambientales propuestos para comparar los modelos orgánico y convencional presentaron variaciones relevantes entre ellos, mostrando resultados negativos para el medio ambiente.

Palabras clave: plantas condimentarías, gestión agroambiental, productividad energética (PE).

Abstract

Producers in Eastern Antioquia are concerned by the environment competitiveness of condiment plants. Accurate information is needed to assess agro-environmental management in production processes for export purposes. From the production of Russian tarragon (*Artemisia dracunculoides*) two productivity models, organic (San Vicente de Ferrer) and conventional (Rionegro) were evaluated as case studies. Companies, sites, plots and product models were characterized. Agro-environmental indicators of efficiency (yield, number of plants per pound, lifetime of crop, energetic productivity (EP), economic break-even point (ESR) and cost benefit ratio (CBR), soil quality, water quality and quality of plant material were selected, measured and analyzed. This study was conducted between January 2015 and March 2016. The results were as follows: Yield was 3 times higher in conventional model. Number of plants to obtain gross pond (500 g) with 5.77 more plants in organic. The useful life of crop (annual crops) 1.5 more crops in conventional. PE (kg/100Mj) annual, 100 times greater in conventional. PEE and RCB annual, in organic <1 and in conventional >1. For soil quality indicator, the fertility variable indicated for both models: FA soils, with high ICC and adequate Mo content $\geq 20\%$, appropriate pH in organic and 5.13 conventional tending to acid. The concentrations of Ca, S, Zn (organic) and Ca, K, P, S, Fe, Zn, B, NO_3 (conventional) exceeded the appropriate range. Low levels in P, Mn, Cu, B, NO_3 (organic) and Mn (conventional) appropriate levels in K, Al, Mg, Fe, NH_4 (organic) and Al, Mg, Cu, NH_4 (conventional). Determination of infiltration was another variable in this indicator, both models with classification "very fast". For the variable of microorganism counts by functional groups in soil, high UFC 10×4 were found in both models, except for percentage mycorrhizal infection of <20%, also for mycorrhizal fungi in soil, spores <50 were found. Water quality indicator for physicochemical variable, infiltrated water was adequate for both models, except for O_2 <5 mg/L and very high for conventional (95,47 mg/L), microbiological variable for irrigation water presented high contents of total coliforms in organic and low in conventional and *E. coli* within the norm for both models. In

quality indicator of plant material, for product safety variable, both models mesophyll and total coliform were found outside of INVIMA parameter, fecal coliforms were not found in the organic and conventional out-of-standard. Molds and yeasts does not meet in organic, and in conventional meets the standard. Variable product quality, N-P-K concentrations lower than those reported for French tarragon (*Artemisia dracunculoides*) in both models, Cu in organic was found in high concentration. Results of agri-environmental indicators proposed to compare organic and conventional models presented relevant variations among them, showing negative results for the environment.

Keywords: condiment plants, *agri-environmental management*, *Energetic Productivity (EP)*.

Contenido

	Pág.
Introducción	1
1. Marco teórico	7
1.1 Modelos de producción agrícola	7
1.1.1 Modelos de producción agrícola convencional.....	7
1.1.2 Modelo de producción agrícola orgánico	10
1.1.3 Estudios comparativos entre agricultura convencional y orgánica	14
1.2 Indicadores	17
1.2.1 Indicadores ambientales	18
1.2.2 Indicadores agroambientales	19
1.2.3 Selección de indicadores agroambientales	20
1.3 Aspectos generales sobre hierbas condimentarias, demandas y comercialización	23
1.4 Características del sector productivo de hierbas condimentarias	24
1.4.1 Clasificación de productores	24
1.4.2 Generación de empleo	27
1.4.3 Áreas y producción.....	28
1.4.4 Costos de producción.....	28
1.4.5 Desempeño del sector.....	29
1.5 Aspectos generales sobre el cultivo de <i>A. dracunculoides</i>	31
2. Caracterización de las etapas del proceso productivo de los modelos orgánico y convencional del cultivo de estragón.	35
2.1 Localización.....	35
2.2 Metodología.....	35
2.2.1 Caracterización del modelo productivo orgánico y convencional	36
2.3 Resultados.....	39
2.3.1 Caracterización del modelo productivo orgánico.....	39
2.3.2 Caracterización del modelo productivo convencional	53
3. Evaluación de variables y análisis de indicadores	67
3.1 Metodología.....	67
3.1.1 Indicadores de eficiencia.....	67
3.1.2 Indicador calidad de suelo.....	71
3.1.3 Indicador calidad de agua	72
3.1.4 Indicador calidad de material vegetal	74
3.2 Resultados.....	76
3.2.1 Indicadores de eficiencia.....	76
3.3 Indicador calidad de suelo	89
3.3.1 Variable fertilidad de suelo	90

3.3.2	Variable determinación de la infiltración	95
3.3.3	Variable recuento de microorganismos por grupos funcionales	97
3.4	Indicador calidad de agua	101
3.4.1	Variables físico-químicas	102
3.4.2	Variable microbiológica	108
3.5	Indicador calidad de material vegetal.	110
3.5.1	Variable inocuidad de producto.....	110
3.5.2	Variable calidad de producto (Análisis foliar).....	114
4.	Conclusiones y recomendaciones	117
4.1	Conclusiones.....	117
5.	Bibliografía.....	153
Anexo 1.	Caracterización del modelo productivo orgánico	121
Anexo 2:	Caracterización del modelo productivo convencional.....	126
Anexo 3.	Comparación rendimiento y desperdicios de los modelos de producción por medio de las pruebas no paramétricas Mann-Whitney.....	131
Anexo 4.	Referencias valores de equivalencias energéticas.....	132
Anexo 5.	Ingreso energía directa (IE_d) e indirecta (IE_i) del modelo de producción orgánico	133
Anexo 6.	Ingreso energía directa (IE_d) e indirecta (IE_i) del modelo de producción convencional.....	134
Anexo 7.	Costos y gastos de la producción de <i>A. dracunculoides</i> en el modelo orgánico.....	135
Anexo 8.	Costos y gastos de la producción de <i>A. dracunculoides</i> en el modelo convencional	139
Anexo 9.	Resultados indicador calidad de suelo.	142
Anexo 10.	Resultados indicador calidad de agua	149
Anexo 11.	Resultados indicador calidad de material vegetal.....	151

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Caracterización de los sistemas de producción tradicional y tecnificado.....	27
Figura 2-1: Vista parcela de producción de especies condimentarias bajo el modelo productivo orgánico.	43
Figura 2-2: Tanques para recolección de agua de riego, agua lluvia y preparación de mezclas, modelo productivo orgánico.	44
Figura 2-3: Laguna artificial para recolección de aguas lluvias y lixiviados en el modelo productivo orgánico.	45
Figura 2-4: Detalle de la parcela sembrada con estragón ruso bajo el modelo productivo orgánico.	47
Figura 2-5: Detalle sobre la aplicación manual de riego para el modelo productivo orgánico de estragón ruso.	52
Figura 2-6: Utilización de aspiradora eléctrica de espalda para la captura de adultos de insectos en el modelo productivo orgánico.	52
Figura 2-7: Detalle del sistema de riego de riego por aspersión en el modelo productivo convencional.	56
Figura 2-8: Parcela de estragón ruso bajo el modelo productivo convencional.	57
Figura 2-9: Extracción de esquejes de camas en producción en el modelo productivo convencional.	61
Figura 2-10: Procedimiento de fertilización con gallinaza y N17-P6-K18-Mg2 en el modelo productivo convencional.	63
Figura 2-11: Procedimiento de rozar con cuchillo para eliminación de material vegetal, en el modelo productivo convencional.	64
Figura 3-1: Lisímetro artesanal para recolectar muestras de agua.	73
Figura 3-2: Media de rendimientos y desperdicios de <i>A. dracunculoides</i> g/m ² por ciclo en el modelo orgánico.	76

Figura 3-3: Media de rendimientos y desperdicios de <i>A. dracunculoides</i> g/m ² por ciclo en el modelo convencional.	77
Figura 3-4: Comparación de la media total de rendimientos y desperdicios de <i>A. dracunculoides</i> g/m ² en el modelo orgánico y convencional.	79
Figura 3-5: Planta de <i>A. dracunculoides</i> afectada por un chinche chupador del orden Hemiptera	80
Figura 3-6: Detalle de desperdicio por iniciación de floración en <i>A. dracunculoides</i> observadas en campo entre la semana 7,5 y 8 semana.	82
Figura 3-7: Detalle de estragón ruso cortado en fresco para proceso de maquillaje en sala de empaque	83
Figura 3-8: Comparación de la proyección anual de P.E.E y R.C.B por libra comercial en los modelos convencional y orgánico.....	89
Figura 3-9: Comparación de medias \pm DE para el parámetro pH.	91
Figura 3-10: Comparación de medias \pm DE para el parámetro materia orgánica (Mo%).	91
Figura 3-11: Comparación de medias \pm DE para el parámetro capacidad de intercambio catiónico (CICE).....	92
Figura 3-12: Comparación de medias \pm DE para los parámetros Al, Ca, Mg y K en cmolc kg ⁻¹	92
Figura 3-13: Comparación de medias \pm DE para los parámetros P, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, NO ₃ y NH ₄ en mg kg ⁻¹	94
Figura 3-14: Comparación de medias \pm DE para la variable determinación de la infiltración cm/hora.	96
Figura 3-15: Comparación de medias \pm DE para la variable determinación de la infiltración min/cm.....	96
Figura 3-16: Comparación de medias \pm DE para la variable recuento de microorganismos por grupo funcional: productores de fitasas, proteolíticos, fijadores de nitrógeno y celulolíticos (UFC/g suelo seco).	98
Figura 3-17: Crecimiento de microorganismos por grupo funcional para cada modelo a las 48 horas.	99
Figura 3-18: Comparación de medias \pm DE para la variable recuento de microorganismos por grupo funcional: porcentaje de infección micorrizal (%) y número de esporas de hongos formadores de micorrizas.	100

Figura 3-19: Infección de raíces de <i>A. dracunculoides</i> por hongos micorrizales. Aumento: 40X, en microscopio.	100
Figura 3-20: Comparación de medias \pm DE para el parámetro pH en agua infiltrada. ..	102
Figura 3-21: Comparación de medias \pm DE para el parámetro conductividad en agua infiltrada en μ S/cm	103
Figura 3-22: Comparación de medias \pm DE para el parámetro salinidad en agua infiltrada en (%).	104
Figura 3-23: Comparación de medias \pm DE para el parámetro sólidos disueltos en agua infiltrada en mg/L	105
Figura 3-24: Comparación de medias \pm DE para el parámetro O ₂ mg/L en agua infiltrada.	106
Figura 3-25: Comparación de medias \pm DE para el parámetro NO ₃ mg/L en agua infiltrada	107
Figura 3-26: Comparación de medias \pm DE para el parámetro NO ₂ mg/L en agua infiltrada	108
Figura 3-27: Comparación del parámetro coliformes totales (100 ml) en el agua de riego.	109
Figura 3-28: Comparación del parámetro coliformes fecales (<i>E. coli</i>) (100 ml) en el agua de riego.	109
Figura 3-29: Comparación de medias \pm DE para el parámetro recuento de mesófilos UFC/g	110
Figura 3-30: Comparación de medias \pm DE para el parámetro coliformes totales/g de material vegetal.	111
Figura 3-31: Comparación de medias \pm DE para el parámetro coliformes fecales/g de material vegetal.	111
Figura 3-32: Comparación de medias para el parámetro <i>Staphylococcus coagulasa</i> (+) UFC/g	112
Figura 3-33: Comparación de medias \pm DE para el parámetro mohos y levaduras UFC/g	113
Figura 3-34: Comparación de medias \pm DE para los parámetros N, P, S, Ca, Mg y K en %	115
Figura 3-35: Comparación de medias \pm DE para los parámetros Fe, Mn, Cu, Zn y B en μ g g ⁻¹	115

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1-1: Caracterización de productores de hierbas condimentarias en modelos productivos: convencional y orgánico.	26
Tabla 1-2: Organismos plagas en el cultivo de <i>A. dracunculoides</i> y su control.	32
Tabla 1-3: Arvenses presentes en cultivos de especies condimentarias y su control químico.....	33
Tabla 2-1: Parámetros para la descripción de empresas.....	36
Tabla 2-2: Parámetros para la descripción de predios.	37
Tabla 2-3: Parámetros para la descripción de parcelas.....	38
Tabla 2-4: Parámetros para la descripción de modelos productivos de <i>A. dracunculoides</i>	39
Tabla 2-5: Descripción infraestructura empresa con modelo de producción orgánico.....	43
Tabla 2-6: Descripción labores de propagación, preparación del terreno y siembra para <i>A. dracunculoides</i> en el modelo productivo orgánico.....	48
Tabla 2-7: Descripción de prácticas monitoreadas ciclo a ciclo en el modelo de producción orgánico.	50
Tabla 2-8: Descripción infraestructura empresa con modelo de producción convencional.	55
Tabla 2-9: Descripción labores de propagación, preparación del terreno y siembra para <i>A. dracunculoides</i> en el modelo de producción convencional.	59
Tabla 2-10: Descripción de prácticas monitoreadas ciclo a ciclo, en el modelo de producción convencional.	62
Tabla 3-1: Descripción de indicadores, variables y dimensión ambiental.	67
Tabla 3-2: Descripción de variables y dimensión ambiental correspondientes.....	71
Tabla 3-3: Descripción de variables y dimensión ambiental correspondientes.....	73
Tabla 3-4: Descripción de variables y dimensión ambiental correspondientes.....	74

Tabla 3-5: Media total de rendimientos y desperdicios de <i>A. dracunculoides</i> por m ² en gramos y libra de 500 gr y 460 g en el modelo orgánico.....	77
Tabla 3-6: Media total de rendimientos y desperdicios de <i>A. dracunculoides</i> por m ² en gramos y libra de 500 g y 480 g en el modelo convencional.....	78
Tabla 3-7: Comparación proporcional entre modelos con respecto a la media de rendimiento bruto de <i>A. dracunculoides</i> por g/m ²	78
Tabla 3-8: Número de plantas necesarias para la obtención de una libra 500 g y libra comercial en cada modelo productivo.....	83
Tabla 3-9: Duración ciclos productivos y proyecciones para el número de ciclos anuales en el cultivo de <i>A. dracunculoides</i> en ambos modelos.....	84
Tabla 3-10: Indicador de productividad energética (PE) en el modelo de producción orgánico.	85
Tabla 3-11: Indicador de productividad energética (PE) en el modelo de producción convencional.	86
Tabla 3-12: P.E.E y R.C.B por libra comercial por ciclo y proyección a un año en el modelo orgánico.	87
Tabla 3-13: P.E.E y R.C.B por libra comercial, por ciclo y proyección a un año en el modelo convencional.	88
Tabla 3-14: Elementos y rangos adecuados para interpretación de análisis de fertilidad de suelo.....	90
Tabla 3-15: Parámetros de referencia para determinar la velocidad de infiltración.	96
Tabla 3-16: Parámetros adecuados para grupos de microorganismos funcionales.	98
Tabla 3-17: Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes	106
Tabla 3-18: Composición química de <i>A. dracunculus</i>	114

Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolos

cm ³	Centímetros cúbicos
cm	Centímetros
cmolc	Centimol
gr	Gramo
ha	Hectárea
kcal	Kilocalorías
kg	Kilogramo
L	Litro
lb	Libra
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
mg	Miligramos
min	Minutos
Mj	Megajulios
ml	Mililitro
mm	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
ppm	Partes por millón
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
ton	Toneladasxix
μS	Microsiemens

Abreviaturas

PE	Productividad Energética
PEE	Punto de Equilibrio Económico

RCB	Relación Costo Beneficio
FA	Franco Arenoso
CICE	Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva
Mo	Materia orgánica
O ₂ - OD	Oxígeno disuelto
NO ₃	Nitratos
NO ₂	Nitritos
NH ₄	Amoniaco
IEd	Ingreso de energía directa
IEi	Ingreso de energía indirecta
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
PAMCyA	Plantas Aromáticas, Medicinales, Condimentarias y Afines
SADRA	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia
BPA	Buenas Prácticas Agrícolas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación
IFOAM	Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica
MAGP	Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
INVIMA	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
GEI	Gases Efecto Invernadero
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
ISO	Organización International de Normalización
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
PSM	Solubilizadores de fósforo
FBN	Bacterias fijadoras de nitrógeno
AMF	Hongos arbusculares
P+L	Producción más Limpia
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
SDT	Sólidos Disueltos Totales
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
PIAPYME	Programa Integral de Apoyo a las Pequeñas y Medianas Empresas
BANCOMEXT	Banco Nacional de Comercio Exterior

bh – MB	Bosque Húmedo Montano Bajo
bmh – MB	Bosque Muy Húmedo Montano Bajo
CORNARE	Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare
UDS	Dólares Americanos
Dr	Densidad real
Da	Densidad aparente
EE	Estabilidad Estructural
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social

Introducción

En la demanda mundial, las plantas aromáticas, medicinales y condimentarías presentan un alto crecimiento (Bedoya, 2005) siendo el segundo renglón generador de divisas dentro de las exportaciones agrícolas nacionales no tradicionales, duplicándose entre 2009 y 2013, pasando de 15,9 a 31,9 millones de dólares anuales. Para 2012 la producción nacional de hierbas frescas de uso culinario atendió demandas de mercado en Estados Unidos (73%), Canadá (13,1%), Reino Unido (10,2%) y otros (2,8%) (MADR, 2014).

En la subregión del Oriente Antioqueño la producción comercial de estas especies se distingue como un sector promisorio. Según la Cadena Productiva de Plantas Aromáticas, Medicinales, Condimentarías y Afines (PAMCyA), en el altiplano del Oriente Antioqueño se cultivan siete especies condimentarías para exportación en fresco, albahaca, menta, tomillo, romero, orégano, cebollín y estragón.

Durante la elaboración de la agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de PAMCyA se encontró que existe un alto desconocimiento de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), escasa información tecnológica e inadecuada asistencia técnica, que repercuten en la oferta del producto que no cumple estándares de calidad, inocuidad, desarrollo sostenible y protección del medio ambiente exigidos por los consumidores (López et al., 2009).

Para el fortalecimiento de este sector productivo la Gobernación de Antioquia a través de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia (SADRA), los productores, comercializadores y entidades de investigación con recursos del Fondo Nacional de Regalías para Ciencia Tecnología e Innovación (CT+i), generaron el programa “Fortalecimiento del sector de Plantas Aromáticas, Medicinales, Condimentarías y Afines en el departamento de Antioquia”. En un proceso de formulación participativa estos entes

determinaron, entre los problemas a resolver, la baja competitividad del sector de PAMCyA en el mercado nacional e internacional, entre las causas directas se encontraron, falta de modelos productivos ajustados a las condiciones agroecológicas, efectos negativos en la inocuidad e impactos ambientales y como causas indirectas fueron señaladas, la baja competitividad ambiental y escasa información técnica válida y sólida para la producción de estas especies.

En la agricultura interfieren diversos componentes, sociales, económicos, culturales, políticos y biofísicos que son parte fundamental del desarrollo de las sociedades, así mismo definen la viabilidad de los modelos de producción agrícola. Sin importar el tipo de agricultura procesos como, la organización social, producción primaria, procesamiento y comercialización, afectan directa o indirectamente los componentes del medio ambiente, son estos procesos y sus interacciones quienes determinan los impactos de la agricultura dentro de las sociedades y ecosistemas intervenidos.

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionaron como estudios de caso dos modelos productivos, convencional y orgánico, ubicados en zona rural de los municipios de San Vicente Ferrer y Rionegro altiplano del Oriente Antioqueño. Para cada caso se caracterizó empresa, predio, parcela y modelo productivo identificándolos bajo criterio de indicadores agroambientales, seleccionando para su análisis el cultivo de estragón (*A. dracunculoides*).

A pesar de que el sector productivo PAMCyA cuenta una trayectoria de 20 años exportando a mercados internacionales, se reconoce un bajo nivel tecnológico que se evidencia entre otros por la falta y establecimiento de parámetros técnicos para la producción de estas especies, se señala la necesidad de estandarización de procesos para optimizar la competitividad ambiental y el cumplimiento de la normatividad ambiental que los rige como productores de alimentos para consumo en fresco. Se espera que los indicadores agroambientales propuestos sean usados para la evaluación, selección y mejora de prácticas y sirvan como herramienta para la toma de decisiones dentro de la cadena de procesos que conforman los modelos productivos logrando así mitigar impactos negativos en el medio ambiente, la salud de los productores y consumidores finales, además que brinden una perspectiva y posibles soluciones hacia los problemas que se vienen

presentando en términos de mercado con el desarrollo de conocimientos que ayuden a fortalecer este renglón productivo emergente.

Objetivos

Objetivo general

Identificar bajo criterio de indicadores agroambientales, como estudio de caso dos modelos productivos convencional y orgánico de plantas condimentarias análisis en el cultivo de estragón (*Artemisia dracunculoides*).

Objetivos específicos

- Caracterizar las etapas del proceso productivo de los modelos orgánico y convencional del cultivo estragón.
- Evaluar las variables seleccionadas de los indicadores agroambientales en los dos modelos productivos del cultivo estragón.
- Analizar los indicadores generados para la comparación de los dos modelos productivos del cultivo estragón.

1. Marco teórico

1.1 Modelos de producción agrícola

La agricultura es esencialmente una actividad ambiental y de artificialización del ecosistema natural para canalizar la energía en forma de alimento, modificando el medio ambiente mediante la adición de energía y recursos (Altieri, 1990).

Los modelos de producción agrícola son el desarrollo de un proceso productivo para la obtención de alimentos y materias primas, con el fin de satisfacer necesidades humanas y demandas de mercados. Presentan particularidades definidas, algunas de gran complejidad para poder ser viables en cada región o localidad; con características de orden social, económico, ecológico y cultural que, determinan su viabilidad (Sachs, 1989).

Para Gonzáles (2005); Álvarez, Gómez, y Schwentesius (2013) los modelos productivos se pueden caracterizar por los procesos que los conforman, disposición de recursos, su tamaño (área), ubicación, producción (cantidad), calidad, incluso el tipo de tenencia sobre ellos, así mismo, el tipo de prácticas que se realizan para, la siembra, control plagas y enfermedades, para incrementar el rendimiento como la fertilización, eliminar arvenses, durante la cosecha, poscosecha y comercialización.

1.1.1 Modelos de producción agrícola convencional

Según Gómez (2000) a principios del siglo XX, la agricultura convencional, basada en la química, la mecánica y la genética comenzó a consolidarse a partir de alcances científicos como fertilizantes químicos, selección de plantas de alta producción y desarrollo de motores de combustión.

Este mismo autor señala que, la fertilidad de los suelos se mantuvo con la rotación de cultivos y la integración de la producción animal y vegetal; la intensificación de los sistemas productivos por la introducción de fertilizantes químicos, agrotóxicos, híbridos de alto rendimiento y mecanización, motivaron el abandono de los sistemas de rotación separado la producción animal y vegetal, dando paso al monocultivo.

Estos modelos son una mezcla de elementos remanentes de la agricultura tradicional y de elementos científicos que buscan mayores rendimientos a través de inyección de energía, estimulada por el aporte de recursos económicos en forma de créditos asequibles y subsidios contemplados en políticas agrícolas concentradas en impulsar la agricultura de grandes productores, lo que requiere extensiones considerables de tierra fértil y pendiente suave, irrigación, disponibilidad de maquinaria, insumos químicos, recursos económicos propios, capacitación técnica, alta eficiencia productiva, investigaciones, entre otras herramientas, que el Estado pone a disposición de este modelo productivo (Álvarez, Gómez y Schwentesius, 2013).

También comentaron que, este tipo de producción, como parte de un desarrollo capitalista tiende a homogenizar a los genotipos de plantas, de animales, a los agroecosistemas, a multiplicar los procesos degradantes, dado su objetivo de máximas ganancias en la producción en el tiempo más corto posible.

Ramón y Rodas (2007) afirmaron que, este tipo de agricultura se caracteriza por el monocultivo de variedades vegetales resistentes, apoyadas por el uso de una gama de productos químicos de síntesis artificial y alta tecnología, que por lo general no están al alcance de la mayoría de los agricultores y han ocasionado la pérdida de la capa fértil de los suelos, disminución de la biodiversidad, contaminación de los ecosistemas y reducción de la mano de obra.

Los autores citados en el párrafo anterior señalaron, el uso irracional de agroquímicos en este tipo de agricultura puede presentar alteraciones genéticas, intoxicaciones, esterilidad y muerte en humanos; generar plagas, enfermedades, arvenses más abundantes y resistentes, disminución de la producción en cultivos debido al incremento de la salinidad y agotamiento del suelo.

Dinham y Malik (2003) mencionaron, anualmente se pueden presentar entre 1 y 5 millones de envenenamientos con plaguicidas, con muerte de unas 20.000 personas y pronosticaron que cada año 3 millones se intoxicarán y 750.000 nuevas personas sufrirán efectos crónicos por la exposición a los plaguicidas

Un ejemplo de lo anterior es el impacto del control de un insecto plaga *Trips palmi* (Thysanoptera: Thripidae). Vergara (2011) para 1998 señaló que con el tiempo las poblaciones de este insecto podrían estabilizarse, siempre y cuando se redujera el uso indiscriminado de plaguicidas y se recuperara el control natural; sin embargo, esto no ha sucedido. El autor señala que para el 2010 este insecto fue una de las plagas de mayor incidencia en cultivos de aromáticas del Oriente Antioqueño, debido a su control basado en el uso de insecticidas de origen sintético varios municipios declararon emergencia hospitalaria por intoxicación de agricultores, esto sin considerar otros impactos.

Para resumir lo anterior Barg y Queiros (2007) referencian las características de la agricultura convencional:

- Utilización intensiva de fertilizantes químicos de alta solubilidad (nitrógeno, fósforo y potasio) funguicidas, herbicidas e insecticidas sintéticos.
- Utilización de semillas híbridas y transgénicas.
- Visión del suelo desde el aspecto puramente físico (soporte de las plantas) y químico (nutrientes), descartando la vida que hay en él.
- Uso intensivo de insumos externos al predio.
- Mecanización intensa.
- Reducción de mano de obra.
- Masivo uso de productos químicos basados en energía fósil no renovable (petróleo y rocas fosfatadas, etc.).
- Monocultivo y reducción de la biodiversidad.

Dentro de este mismo contexto los autores mencionan sus consecuencias:

- Mayor inestabilidad, pérdida de la biodiversidad
- Pérdida del potencial productivo de los suelos (afectando propiedades físicas, químicas y biológicas)
- Emigración rural
- Contaminación de alimentos (agrotóxicos), del ambiente (ríos, suelos, atmósfera) y de los trabajadores rurales
- Absorción desequilibrada de nutrientes
- Aumento de los costos de producción
- Aumento de la resistencia de malezas e insectos por el uso indiscriminado de herbicidas e insecticidas
- Disminución de la productividad del suelo por pérdida de materia orgánica y nutrientes debido a la erosión
- Destrucción de la vida silvestre, insectos benéficos y polinizadores

1.1.2 Modelo de producción agrícola orgánico

Sánchez (2002) comentó que en Colombia la estrategia de desarrollo en la segunda mitad del siglo XX y hasta la década de los noventa, se caracterizó por una política proteccionista, generando crecimiento del mercado interno, una estructura reguladora débil, monopolios y oligopolios y un consumo ambientalmente costoso que llevó a altos niveles de contaminación, uso inadecuado del medio ambiente y los recursos naturales por el vertimiento acelerado de aguas residuales, emisiones atmosféricas y generación de residuos altamente tóxicos. La reactivación de los acuerdos comerciales y las reformas legales e institucionales introducidas principalmente por la Constitución de 1991 y por la Ley 99 de 1993, obligaron a reducir los niveles de contaminación, lo que favoreció al medio ambiente y a los recursos naturales. Bajo este modelo, los sectores exportadores deben reducir sus niveles de contaminación si quieren competir en el mercado.

Este tipo de modelo de producción surge como una alternativa para el sector agropecuario, según la FAO (2013) *“La agricultura orgánica es un sistema de producción que mantiene la salud de los suelos, ecosistemas y las personas. Se basa en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos se adaptan a las condiciones locales, en lugar de la utilización de insumos con efectos adversos. La agricultura orgánica combina la tradición, la innovación y la ciencia en beneficio del ambiente y promueve relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los involucrados”*.

Según la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) (2012), la agricultura orgánica y agroecológica es un segmento productivo, que representa el 0,9% del total del área agrícola mundial de la siguiente manera: Oceanía 33%, Europa 27%, América Latina 23%, Asia 7%, América del Norte 7% y África 3% y el porcentaje de distribución de productores orgánicos en las mismas regiones fue: África 34%, Asia 29%, Europa 18%, América Latina 17%, América del Norte 1% y Oceanía 1%.

En un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay (2012), mencionan, a nivel mundial este tipo de agricultura mantiene porcentaje de ventas en permanente crecimiento: 17,9% en 2000; 25,5% en 2003; 40,2% en 2006; y 59,1% en 2010

Algunas características de la producción orgánica según varios autores son:

Este modelo productivo propone evitar e incluso excluir totalmente los fertilizantes y pesticidas sintéticos, sustituir sustancias químicas y combustibles adquiridos comercialmente por recursos que se obtienen dentro del mismo predio o en sus alrededores. Optimizar la energía solar y eólica, el control biológico de las plagas, el nitrógeno fijado biológicamente y otros nutrientes que se liberan a partir de la materia orgánica o de las reservas del suelo (Altieri, 1999).

Busca mejorar la relación entre el ser humano y la tierra, donde el punto de vista productivo, conservación de la biodiversidad, salud, disfrute de los paisajes y la naturaleza son aspectos fundamentales (Ramón y Rodas, 2007).

La principal finalidad es la producción de alimentos de máxima calidad, conservando y mejorando la fertilidad del suelo, preservando el medio ambiente y evitando el empleo de

productos de síntesis química, tanto en la producción como en la transformación (Martínez, Díez y Briz, 2000).

Otras de características fundamentales de esta agricultura según Altieri (1999) son: máxima utilización de la rotación de cultivos, rastrojos vegetales, abono animal, leguminosas, abonos verdes, desechos orgánicos externos al predio, rocas fosfóricas, y aspectos del control biológico de plagas con miras a la mantener la fertilidad del suelo y su estructura; suministro de nutrientes vegetales y el control de los insectos, arvenses y otras plagas. Como resultado de ello, los sistemas de agricultura orgánica se pueden diferenciar considerablemente uno de otros, puesto que cada uno adapta sus prácticas para satisfacer necesidades ambientales y económicas específicas.

El autor también comentó que se acepta ampliamente que la agricultura orgánica no representa un retorno a los métodos previos a la revolución industrial, sino más bien combina las técnicas agrícolas conservacionistas tradicionales con tecnologías modernas. Los agricultores que aplican este sistema usan equipos modernos, semillas certificadas, prácticas de conservación del suelo y agua y las últimas innovaciones relacionadas con la alimentación y cría de ganado.

Según IFOAM (sf.), la agricultura orgánica consta de cuatro principios:

- Salud, que mantiene y mejora la salud de suelo, planta, animal, persona y planeta como una sola e indivisible.
- Ecología, se basa en sistemas ecológicos vivos ya que emulan los ciclos y ayuda a sostenerlos.
- Equidad, basada en relaciones que aseguren equidad con respecto al ambiente común y a las oportunidades de vida.
- Atención, gestiona de manera responsable la protección de la salud y el bienestar de las actuales y futuras generaciones y el medio ambiente.

Algunos requisitos generales que debe cumplir la producción orgánica son: el período de transición de la finca (tiempo que la finca debe utilizar métodos de producción orgánicos antes de que pueda certificarse, generalmente de 2 a 3 años), selección de semillas y

materiales vegetales, el método de mejoramiento de las plantas, mantenimiento de la fertilidad del suelo, reciclaje de materias orgánicas, método de labranza, la conservación del agua y el control de plagas, enfermedades y arvenses (FAO, 2003).

Según Soto (2003), la normatividad que rige la agricultura orgánica consta de tres áreas: producción, procesado de alimentos y comercialización. Las normas de producción se dividen a su vez en ganadería y cultivos, estas son generalizadas para todos los cultivos. Aunque existen variaciones, hay conceptos básicos comunes para todas las agencias y legislaciones que son:

Protección del suelo y visión de su manejo a largo plazo; favorecer la biodiversidad dentro del sistema productivo y su alrededor; proveer a los animales de la finca con óptimas condiciones de alimentación y habitación; reciclar materiales de origen vegetal o animal para devolver los nutrientes a la tierra y minimizar el uso de materiales no-renovables; promover el uso responsable del suelo, agua y aire y minimizar la contaminación agrícola; evitar riesgos de contaminación por aplicaciones de agroquímicos en predios convencionales vecinos con el uso de barreras vivas y zonas de amortiguamiento; manejo del agua y su procedencia; el proceso productivo y el procesado no contaminar el ambiente y por último se debe tener la documentación necesaria que permita garantizar las actividades de la finca o la planta de proceso.

Esta autora señala que, las empresas certificadoras privadas recopilan el manejo actual de la finca y su historia. Se encargan de las inspecciones necesarias para la recolección de datos y seguimiento sobre las instalaciones físicas y áreas de siembra, para que el comité de certificación tome la decisión de certificar o no.

Para agricultores que basan su producción en autosubsistencia o comercio local, se recurre a la asociación y certificación entre ellos mismos, con el aval de sus clientes, quienes les reconocen y compran sin exigir sellos ni reglamentos (Pino, 2005).

Para Colombia rige la siguiente normatividad:

La Resolución 0187 de 2006 expedida por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), donde sincronizada con las normas internacionales, adopta el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento,

certificación, importación - comercialización, y establece el sistema de control de productos agropecuarios ecológicos u orgánicos (MADR, 2006).

Resolución 00375 (27 de febrero de 2004) del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en la cual se dictan las disposiciones sobre registro y control de bioinsumos y extractos vegetales de uso agrícola en Colombia (ICA, 2004).

La política nacional de producción y consumo sostenible del 2011 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) que busca cambiar los patrones insostenibles de producción y consumo por parte de los diferentes actores de la sociedad nacional, reducir la contaminación, conservar los recursos, favorecer la integridad ambiental de los bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, como fuentes de competitividad empresarial y de calidad de vida (MAVDT, 2011).

Respecto a implicaciones socio-culturales, económicas y ambientales de producir alimentos orgánicos y agroecológicos su aceptación cada vez es mayor. Ha tenido un efecto positivo en el crecimiento sostenido de la superficie; rubros y mercados de estos productos se caracterizan por fuerte tendencia a la industrialización, agregación de valor, precios diferenciados y nuevas formas de alianzas comerciales entre organizaciones de productores y empresas transformadoras (MAGP, 2012)

1.1.3 Estudios comparativos entre agricultura convencional y orgánica

Pimentel et al. (2005), en una investigación realizada durante 22 años en el Instituto Rodale, documentaron en cultivos de maíz y soya, aumentos de materia orgánica en el suelo, significativamente mayores en sistemas orgánicos fertilizados con estiércol de animales y abonos verdes, donde el carbono en el suelo fue de 27,9% y 15,1% respectivamente, en comparación con el sistema convencional que tuvo un aumento del 8,6%.

En esta misma investigación para 1999, la sequía fue extrema (precipitaciones de 224 mm en comparación con el promedio normal de 500 mm), el sistema orgánico fertilizado con estiércol tuvo rendimientos significativamente más altos para el maíz con 1,511 kg por

hectárea, mientras que el sistema fertilizado con abonos verdes produjo 421 kg por hectárea y el sistema convencional 1,100 kg por hectárea (ha).

También evaluaron entradas de energía en los tres diferentes sistemas de producción de maíz, incluyeron los combustibles fósiles para la maquinaria agrícola, fertilizantes, semillas y herbicidas, los resultados arrojaron que cerca de 5,2 millones de kilocalorías (Kcal) de energía se invirtieron por ha en la producción de maíz convencional. La energía para los sistemas de fertilización orgánica con abonos verdes y de origen animal fueron respectivamente 28% y 32% menos que el sistema convencional. Los fertilizantes comerciales para el sistema convencional se produjeron empleando energía fósil, mientras que el nitrógeno para los sistemas orgánicos se obtuvo a partir de material vegetal, estiércol de ganado, o ambos. Los autores anotaron que la intensiva dependencia de energía de combustibles fósiles en el sistema convencional es la razón por la que requiere más insumos de energía global que los sistemas de producción orgánica.

Autores como Capellesso y Cazella (2013), evaluaron como indicador de eficiencia las entradas de energía en sistemas convencionales y orgánicos de producción de maíz en el estado de Santa Catarina, Brasil. Los resultados del estudio de caso mostraron que la producción de los híbridos transgénicos y convencionales tienen una intensiva demanda de insumos, logrando mayor productividad que el sistema orgánico. Con diferentes niveles de mecanización y adopción de la tecnología, el principal factor responsable de las entradas de energía fue, el uso de fertilizantes nitrogenados de síntesis de química. Las áreas con sistemas de producción orgánica a pequeña escala tuvieron menos entradas de energía y una menor productividad.

Drinkwater, Wagoner y Sarrantonio (1998) recopilaron resultados de más de 150 años de estudios en la Estación Experimental de Rothamsted en Reino Unido, registraron rendimientos de trigo con un promedio de 3,45 toneladas por hectárea (ton/ha.) en parcelas orgánicas fertilizadas con estiércol, en comparación con 3,40 toneladas por hectárea en parcelas que recibieron fertilización completa con nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K). La materia orgánica y los niveles de nitrógeno total del suelo se incrementaron en aproximadamente un 120% más en las parcelas orgánicas fertilizadas con estiércol y 20% en las parcelas fertilizadas con N, P, K.

En un experimento de 8 años en el Valle de Sacramento California, Clark et al. (1998), encontraron que la transición de agricultura convencional a agricultura orgánica mejoró la fertilidad del suelo mediante el aumento del carbono (C) orgánico del suelo, así como también los niveles de P, K, Calcio (Ca) y magnesio (Mg) fueron mayores en los sistemas orgánicos estudiados y los niveles estables de la conductividad eléctrica del suelo, indicaron que el estiércol utilizado para la fertilización no aumentó la salinidad del suelo.

Fliessbach et al. (2007) en un estudio que duró 21 años, analizaron el comportamiento agronómico y ecológico de sistemas de agricultura orgánica, biodinámica y convencional de Suiza, los autores encontraron que la estabilidad de los agregados y la percolación del suelo de los sistemas orgánicos y biodinámicos eran un 10% a 60% más altos que en las parcelas cultivadas convencionalmente. El potencial de retención de agua de los sistemas orgánicos y biodinámicos fue mayor, reduciendo su susceptibilidad a la erosión, la estabilidad de los agregados del suelo fue fuertemente correlacionada con la lombriz de tierra y altos índices de biomasa microbial, importantes indicadores de la fertilidad del suelo.

Los fertilizantes nitrogenados son de gran importancia en la agricultura convencional, para Robertson y Vitousek (2009) la principal fuente de N proviene de fertilizantes agrícolas, una de las principales fuente de contaminación del medio ambiente. Gran cantidad de N soluble se filtra en aguas subterráneas, mientras que otra parte se volatiliza incrementando los gases efecto invernadero (GEI).

Kramer et al. (2006) durante 9 años en Washington, EE.UU, llevaron a cabo un estudio en cultivos comerciales de manzanos. Los autores encontraron que la lixiviación anual del nitrato fue 4.4 a 5.6 veces más alta en parcelas convencionales que en parcelas orgánicas, donde la actividad microbiana se mejoró a través de las entradas de C por fertilizantes orgánicos, residuos de cosechas, o exudados de las raíces de los cultivos de cobertura.

En la agricultura se han propuesto diferentes prácticas para reducir el consumo de agua y evitar su evaporación, muchas prácticas agrícolas utilizadas en la agricultura orgánica pueden ser eficaces a la hora de dar un uso eficiente al recurso hídrico. Mader et al. (2002), registraron que la retención de agua en suelos manejados orgánicamente puede ser 20% a 40% mayor, si se compara con la de suelos manejados de manera convencional, además

las prácticas orgánicas pueden mejorar la biodiversidad y fertilidad de los suelos, aunque en este estudio los rendimientos se redujeron 20% más en los sistemas orgánicos.

Crowder et al. (2010) demostraron que los insecticidas pueden interrumpir las comunidades de enemigos naturales disminuyendo la eficacia del control de plagas. Según los autores los métodos usados en la agricultura orgánica pueden mitigar este daño ecológico, promoviendo la uniformidad entre enemigos naturales, lo que lleva al rejuvenecimiento del funcionamiento del ecosistema, restaurando la equitatividad de las especies, en lugar de la riqueza.

En un estudio comparativo entre plaguicidas sintéticos y orgánicos Bahlai et al. (2010), mencionaron que los pesticidas orgánicos son más amigables con el medio ambiente que los sintéticos aunque, todos los pesticidas deben ser valorados mediante una evaluación de riesgos con base empírica.

Raigón et al. (2012) realizaron un estudio comparativo de costos de producción en agricultura orgánica y convencional en cultivos de brócoli, lechuga, papa y naranja, concluyeron que los sistemas de agricultura orgánica son en general menos productivos que los sistemas de agricultura convencional. Los valores promedio de los costos de producción, presentaron variaciones según el cultivo estudiado, siendo los costos de materia prima superiores en la agricultura convencional y la mano de obra en la ecológica. Un valor añadido que varía entre el 10 y el 20% en función del cultivo, del costo total por kilogramo (Kg) de producto ecológico compensaría la ligera diferencia de rentabilidad frente a la agricultura convencional, para obtener un producto bruto comparable.

Benbrook et al. (2008) realizaron una comparación de nutrientes entre alimentos orgánicos y convencionales, confirmando que los orgánicos son superiores nutricionalmente en un 25% aproximadamente.

1.2 Indicadores

Son estadísticas seleccionadas por su capacidad de mostrar un fenómeno importante. A menudo resultan de procesar series estadísticas en forma de agregación, proporción, tasa de crecimiento, para poder mostrar el estado, la evolución y las tendencias de un fenómeno (Martínez, 2009).

Según este mismo autor, un indicador corresponde a una o más variables combinadas que adquieren distintos valores en el tiempo, el espacio y entregan señales acerca de aspectos fundamentales o prioritarios en el proceso de desarrollo, en particular respecto a las variables que afectan la sostenibilidad de dichas dinámicas. Algunos ejemplos de variables podrían ser: calidad de agua, carga de un contaminante en suelo o agua, cantidad de agua lluvia anual, entre otras.

Los indicadores pueden ser cuantitativos y cualitativos. Los primeros son una representación numérica de la realidad, con valores diferentes se ordenan de forma ascendente o descendente. Los cualitativos, permiten tener en cuenta la heterogeneidad, amenazas y oportunidades del entorno organizacional y/o territorial. Además, contribuyen a evaluar, con un enfoque de planeación estratégica la capacidad de gestión de la dirección y demás niveles de la organización. Su característica principal es que su resultado se refiere a una escala de cualidades. Los indicadores cualitativos pueden expresarse como: categóricos (bueno, aceptable, regular o malo) o binarios (sí, no) (DANE, 2013).

1.2.1 Indicadores ambientales

El desarrollo de indicadores ambientales, ha sido abordado en el mundo a partir de 1987, cuando la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo sostenible, presentó su informe originalmente denominado “Nuestro Futuro Común”, mejor conocido como “Informe Brundtland” (Martínez, 2009).

Este mismo autor mencionó que los indicadores, constituyen un sistema de señales claras y oportunas sobre un proceso ambiental, permiten evaluar el progreso de una organización en cuanto a metas, o con respecto a los niveles observados en un año base; constituyen una buena inversión para generar evidencias críticas dentro de los procesos de monitoreo, decisión e intervención, allí donde los problemas sean mayores, críticos o más urgentes

También señala que deben describir los estados y las principales dinámicas ambientales, es decir el estatus y la tendencia, por ejemplo: la biota y biodiversidad, cantidad y calidad de agua, calidad del aire respirable, carga contaminante y renovabilidad de la oferta energética, disponibilidad y extracción recursos naturales (bosques, pesca, agricultura), contaminación urbana, producción de desechos sólidos, uso de agrotóxicos, frecuencia e intensidad de los desastres naturales, entre otros.

La norma ISO 14031 – 2000, menciona algunas recomendaciones generales para la selección de indicadores ambientales. Estos deberán ser seleccionados como un medio para presentar información o datos cuantitativos o cualitativos de una manera más comprensible y útil. Ayudan a convertir los datos pertinentes en información concisa sobre los esfuerzos de la dirección para influir en el desempeño ambiental de la organización y en sus operaciones, o en la condición ambiental. Su número debe ser suficiente, pertinente y comprensible para evaluar el desempeño de una organización. El número de indicadores seleccionados deberá reflejar la naturaleza y magnitud de las operaciones de la organización. La selección de los indicadores determinará qué datos deberían utilizarse. Se pueden utilizar datos ya disponibles y recopilados por las empresas o por otros y expresarse como medidas directas, relativas o como índices.

1.2.2 Indicadores agroambientales

La agricultura hace parte de las actividades humanas que se ven como fuente posible de injusticia social y amenaza para el medio ambiente y los recursos naturales (Caliman et al., 2007).

Los parámetros a tener en cuenta en la calidad ambiental de un producto agrícola son: consumo de recursos bióticos y abióticos, consumo de energía, uso del suelo, emisiones nocivas al aire, agua y suelo y toxicidad potencial para los seres humanos y ecosistemas. Esto supone aceptar que la calidad ambiental de un producto no se puede definir con un solo parámetro, sino con una serie de valores que se deben priorizar (Antón, 2004).

Es necesario desarrollar herramientas para la evaluación del impacto de la producción agrícola en el medio ambiente, la cual debe ser científicamente sólida para que sea creíble, pero al mismo tiempo ser simple y fácil de entender para todos, desde cultivadores hasta consumidores. Por tanto, podría ser usada para hacer diagnósticos y monitorear avances, y también como herramienta de toma de decisiones para seleccionar la mejor opción en términos de prácticas (Caliman et al., 2007)

Para los autores, la solución más apropiada es el desarrollo de variables específicas basadas en conocimiento experto, o en la observación de registros y comparación de resultados con un parámetro de referencia determinado por una norma, un experto o

cualquier otra forma apropiada. Esta variable y su valor de referencia, se le llama indicador agroambiental.

Estos indicadores proporcionan información sobre la situación y las tendencias del medio ambiente y los recursos naturales en la agricultura, contribuyen a mejorar la comprensión de los procesos agroambientales y del impacto de las políticas agrarias en el medio ambiente, y hacer posible su seguimiento y evaluación. Para ello, han de captar la relación entre actividad agraria y medio ambiente y responder a las preguntas adecuadas para los diferentes métodos de producción agraria, según sus características geográficas y agroclimáticas (Martínez, Diez y Briz, 2000).

1.2.3 Selección de indicadores agroambientales

Martínez, Diez y Briz (2000) recomiendan que la eficiencia de la dimensión ambiental se mide, por ejemplo, mediante indicadores de conservación de especies o hábitats; para la dimensión económica, mediante indicadores de outputs (cantidad y calidad), competitividad y viabilidad y la dimensión social, indicadores de empleo y eficiencia institucional.

Otros indicadores a tener en cuenta son: aire, cambio climático, energía, consumo de fertilizantes, tierra, plaguicidas, suelo y agua (FAO, sf a), biodiversidad y paisaje (Caliman et al., 2007) número de ejemplares de una determinada especie, cantidades de agroquímicos utilizados, número de empleos generados, accesibilidad a los recursos, servicios e igualdad de oportunidades y condición de trabajo (Martínez, Diez y Briz, 2000).

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1999) los indicadores de calidad del suelo deben ser seleccionados para evaluar su calidad agrícola y abarcar componentes físicos, químicos y biológicos y sus interacciones. Por esto, para captar la naturaleza holística de la calidad, o salud del suelo, deberán ser medidos diferentes parámetros y el conjunto será usado como un instrumento de análisis para detectar la tendencia o dirección general de su calidad y si los métodos de manejo, conservan, mejoran o degradan el suelo.

El autor señala dos formas básicas para evaluar la calidad del suelo, la primera consiste en hacer mediciones periódicamente, para monitorear cambios o tendencias en la calidad

del suelo y la segunda comparar valores medidos con los de una condición del suelo estándar o de referencia. Empleando estas dos formas de evaluación del suelo, el conjunto de indicadores puede ser usado para:

Realizar comparaciones entre distintos sistemas de manejo para determinar sus respectivos efectos. Realizar mediciones en un mismo lote a lo largo del tiempo para monitorear las tendencias de la calidad del suelo, determinadas por el uso y manejo del suelo. Comparar áreas problema dentro de un predio, con áreas sin problema. Comparar valores medidos con condiciones edáficas de referencia o con el ecosistema natural.

Para Herrick (2000) la calidad del suelo está determinada por funciones simultáneas tales como sostener la productividad de los cultivos, mantener la calidad del agua y del aire y proporcionar condiciones saludables para plantas, animales y el hombre. Por lo tanto la relación entre calidad de suelo y sostenibilidad agrícola es la producción de alimentos en un suelo con capacidad para funcionar, en un proceso de producción económicamente viable, ambientalmente seguro y socialmente aceptable. En este contexto, la calidad del suelo se convierte en un indicador de manejo del suelo.

Vélez, Rivera y Tobón (2009) para determinar el estado de agroecosistemas ganaderos en el bosque seco tropical, evaluaron indicadores de la condición del suelo, mediante variables como: densidad aparente y real, infiltración, porosidad, estabilidad estructural, textura, estructura, análisis de fertilidad y materia orgánica. Analizaron grupos de microorganismos funcionales encontrando altas Unidades Formadoras de Colonias (UFC): proteolíticos (1.6×10^4 a 5.5×10^4), celulolíticos (3.8×10^4 a 5.00×10^5), solubilizadores de fósforo (PSM) (1.5×10^4 a 6.2×10^3), bacterias fijadoras de nitrógeno (FBN) (1.20×10^5 a 11.6×10^4) y hongos arbusculares (AMF) (80 a 166). También evaluaron coberturas vegetales mediante composición botánica y biomasa seca total y el manejo de los agroecosistemas con entrevistas a empleados.

Según Sims y McGranth (2011) el análisis de la composición química del tejido foliar es una muy buena forma de evaluar la fertilidad del suelo. Havlin et al. (1999) mencionaron que el análisis foliar es un indicador de la fertilidad ya que se parte de la premisa que la concentración de elementos en el material vegetal es proporcional a la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Sobre la composición química de tejido foliar en especies condimentarias se han realizado muy pocos estudios, la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, dentro del proyecto de investigación en hierbas aromáticas reportan el promedio del contenido mineral del tejido vegetal de estragón francés (*A. dracunculus*) de: porcentaje N 4.48, P 0.57, K 5.81, Ca 1.09 y Mg 0.29 y mg/kg materia seca para cobre (Cu) 10.92, hierro (Fe) 117.0, manganeso (Mn) 94.4, zinc (Zn) 50.3 y boro (B) 20.7 (Henao, 2006).

Garcés (2011) luego de caracterizar los tres agroecosistemas de su análisis de caso los evaluó con indicador de calidad de suelos, con variables como: porcentaje de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, azufre, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico; también evaluó indicador de calidad de agua, con variables físico – químicas y microbiológicas como: temperatura, pH, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, coliformes fecales, coliformes totales, nitritos, nitratos, salinidad y conductividad.

También evaluó las entradas de energía de los sistemas que, según Funes (2009), la energía está disponible para los agroecosistemas a partir de dos fuentes: primera, energía ecológica, es la que proviene directamente del sol e interviene en la producción de biomasa a través de organismos fotosintéticos y segunda, energía cultural la que suministran los seres humanos a fin de optimizar la producción de biomasa en los agroecosistemas. A su vez, se identifican dos fuentes: energía cultural biológica se origina por el trabajo animal o humano y la energía cultural industrial proviene de fuentes como electricidad, gasolina, petróleo, gas natural, fertilizantes y maquinaria. Para el autor la clave radica en cómo los agroecosistemas utilizan mejor la energía cultural para transformar con más eficiencia la energía ecológica en alimentos u otras producciones agropecuarias.

Caliman et al., (2007) para la producción sostenible de palma, desarrollaron dos indicadores, uno relacionado con el manejo de nitrógeno (IN) y otro con el uso de pesticidas (Iphy-Palm).

Dentro del convenio de producción más limpia (P+L) en el subsector floricultor del Oriente Antioqueño se midieron indicadores como: producción de flor, ahorro de agua, reporte de aguas contaminantes a la cuenca del Río Negro, aprovechamiento de aguas lluvias, ingrediente activo por hectárea, cantidad de residuos sólidos aprovechables, cantidad de envases y empaques de residuos especiales recolectados y dispuestos ambientalmente (Mejía, 2010).

Los resultados de este programa fueron: la producción de flor aumentó de 18 millones a 38 millones de flor, se disminuyó en un 20% el consumo de agua, así mismo se redujo las cargas contaminantes de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Solidos Disueltos Totales (SDT) a la cuenca del Rio Negro, se pasó de 31.200 m³ de agua lluvia aprovechada a 320.000 m³, la cantidad de ingrediente activo por hectárea pasó de 128 toneladas a 97 toneladas, la cantidad de envases y empaques dispuestos ambientalmente pasó de 2.608 a 77.624.

Aranda y Sánchez (2007) analizaron indicadores económicos como relación costo beneficio (RCB) y punto de equilibrio en modelos de producción de especies aromáticas de economía campesina en Cundinamarca, encontrando para cultivos de estragón francés una RCB 1,2 y punto de equilibrio 14, 825 kg.

Herrera (2007) mencionó que, para determinar la calidad de especies aromáticas se deben tener en cuenta indicadores sensoriales, microbiológicos y ausencia de pesticidas y contaminantes que puedan poner en riesgo a consumidores. Algunos de estos son: apariencia, color, textura, sabor, aroma, aspectos higiénicos y contaminantes químicos.

1.3 Aspectos generales sobre hierbas condimentarías, demandas y comercialización

Según la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), se calcula que 2/3 partes de la población de nuestro planeta (4 mil millones de personas) recurre a las hierbas aromáticas, condimentarías y medicinales para su alimentación y para curar dolencias sicofísicas (Sánchez, 2008). La mayoría de plantas aromáticas son también plantas condimentarías y hay especies que pertenecen a los tres grupos ejemplo la menta (*Mentha* sp.) (García, 2007).

López et al., (2009) mencionaron que en 2006 los principales países exportadores a nivel mundial fueron China, India y México y en América Latina los principales exportadores fueron México, Chile, seguidos de Perú, Argentina, Brasil y Colombia.

La tasa de crecimiento promedio mundial de cultivo de estas especies se ubica en torno al 4% anual, con 5,5 millones de hectáreas sembradas y un volumen de producción mundial estimado en los 4,5 millones de toneladas. El intercambio comercial mundial de hierbas

aromáticas ronda las 310 mil toneladas con un valor de 1.500 millones de dólares y las especies condimentarias registran operaciones de 650 mil toneladas con un valor de 2.500 millones de dólares (Suárez, 2013).

En Colombia las hierbas aromáticas se comenzaron a producir y comercializar en la década de 1990 convirtiéndose en una nueva fuente de divisas (Gómez, 2012). El área sembrada en 2012 fue 41% Antioquia y Cundinamarca, seguido por Valle del Cauca y Putumayo con 32%, Guajira y Chocó 18% restante (MADR, 2014).

En el departamento de Antioquia se destaca la producción de cardamomo en los municipios de Jericó, Tarso, Valparaiso, Támesis y Pueblo Rico y la producción de hierbas aromáticas y condimentarias para exportación en sistemas tecnificados concentrada en el Oriente Antioqueño en municipios como Rionegro, La Ceja, Guarne y San Vicente, principalmente y en Cundinamarca está ubicada en los municipios de Chía, Cajicá, Tenjo y El Rosal y para el mercado local la producción de hierbas aromáticas y medicinales se localiza en sistemas pequeños y tradicionales en los municipios de Chipaque, Ubaque y Choachí (MADR, 2014).

El destino de esta producción en el mercado interno con especies como manzanilla, hierbabuena, cilantro, limonaria, cidrón, albahaca y tomillo; y el mercado de exportación con especies, albahaca (23%), romero (16%), menta (14%), tomillo (11%), estragón (7%), mejorana (7%), laurel (6%) y eneldo (5%) (López, et al., 2009). Siendo los principales destinos de exportación Estados Unidos 76%, Canadá 10%, Inglaterra 8% y la Comunidad Europea con un 5% (Clavijo, 2005; Cuervo, 2012).

1.4 Características del sector productivo de hierbas condimentarias

1.4.1 Clasificación de productores

Para Rodríguez y Posso (2006) los productores se pueden clasificar según el área sembrada en: pequeños, con áreas inferiores a 0,5 ha., economía campesina, donde el trabajo familiar es el mayor componente, pueden estar asociados o no; medianos, áreas entre 0,5 y 2 ha., cultivos a libre exposición o semicubierto y con equipos de riego y

grandes, productores con más de 2 ha., con inversiones significativas en sistemas de riego, invernaderos y salas de poscosecha.

López et al. (2009) según el modelo de producción y área sembrada identifican dos tipos así:

- Productores convencionales. Con altos costos de producción, las áreas de producción pueden ser medianas a grandes, utilizan fertilización química, control fitosanitario con agroquímicos, altos rendimientos para competir en mercados especializados. En cuanto área de producción poseen en promedio 1,2 ha para mercado nacional y 1,8 ha, con fines de exportación (Tabla 1-1).

- Productores orgánicos. Pequeñas y medianas áreas de producción 0,5 ha., con algún grado de asociatividad; cultivos a libre exposición, intensivos en mano de obra y empleo de insumos orgánicos para control fitosanitario preventivo, biofertilización, manejo de labores culturales no convencionales orientadas a la protección del suelo y el ciclaje de nutrientes, ahorro de agua, asociación y rotación de cultivos y especies. El valor agregado del producto está en la diferenciación de ofrecer un producto saludable, amigable con el medio ambiente y con respeto a los acuerdos laborales (Tabla 1-1).

Para 2009 se relacionaron 69 ha en agricultura orgánica en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Guaviare, con procesos de certificación participativa o de confianza y 30 ha para el departamento de Antioquia con cultivos de caléndula, achiote, cola de caballo, tomillo, orégano, ruda y citronela (López et al., 2009).

Bedoya (2005) indicó que la demanda de hierbas orgánicas puede crecer hasta en un 20% anual y tiene un sobre costo de hasta 35% sobre la producción en agricultura tradicional química.

Tabla 1-1: Caracterización de productores de hierbas condimentarias en modelos productivos: convencional y orgánico.

Criterio	Tipo de productor	
	Convencional	Orgánico
Procedencia de las plantas	Cultivos tradicionales	Cultivos orgánicos
Participación en el mercado	Local y exportación	Local y exportación
Tamaño área producción	Grandes productores	Medianos y pequeños productores
Capital de exportación	Alto, con inversiones significativas en adecuación de infraestructura	Poco capital (en su mayoría recursos propios), cultivos a libre exposición, la mayoría de los insumos se obtienen de la misma unidad productiva, intensivo en mano de obra
Manejo	Tienden al monocultivo, utilizan riego por goteo y aspersión, realizan prácticas preventivas de control sanitario, empleando método integrado y abono químico. Se consideran afectados por falta de semilla, la cual importan y por escasez de información sobre la agroecología de cultivos a escala industrial.	Poca o nula asistencia técnica, introducción de tecnologías sostenibles con recursos de la unidad a bajo costo (adecuación de suelos, biofertilización, control orgánico y biológico de insectos y enfermedades), cultivos asociados y rotados, ahorro de agua y plantulación propia, insuficiente transferencia y validación tecnológica institucional, insuficiencia de fuentes bibliográficas.

Fuente: (López et al., 2009).

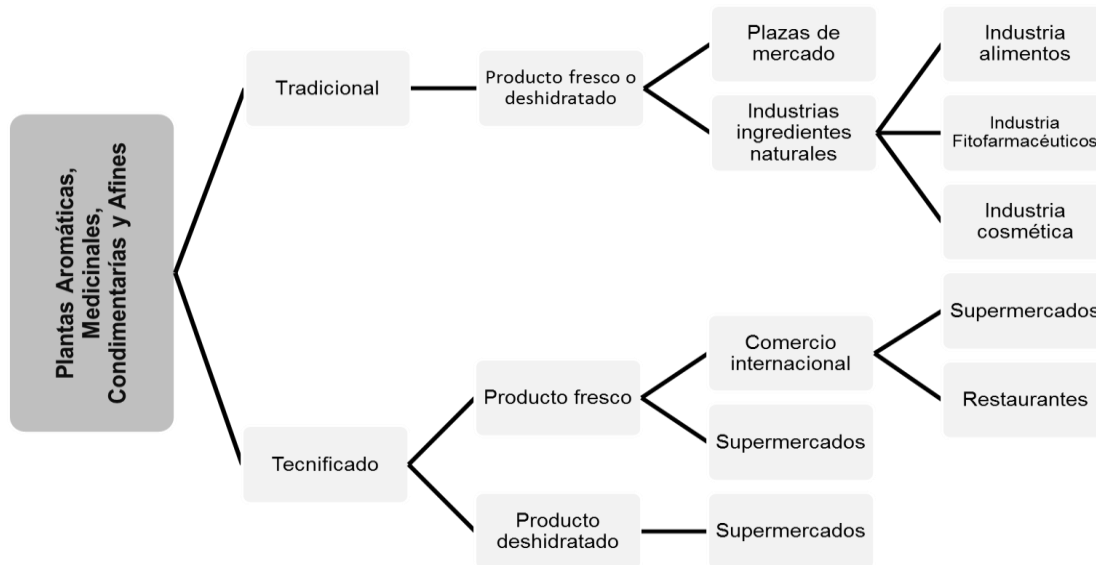
Según MADR (2014) en estudios de la Universidad Nacional de Colombia en 2008, se hacen referencia a dos sistemas de producción de aromáticas en el país:

- Sistema tradicional. Caracterizado por minifundios y microfundios, inferiores a 0,5 ha, basados en cultivos pequeños combinados con otros productos o en recolección de producto silvestre. No cuentan con equipos de riego y manejo técnico del cultivo. Están vinculados al mercado interno, con destino directo a las plazas de mercado, a los hogares y las industrias (Figura 1-1). Bajo este esquema se producen principalmente las plantas medicinales y algunas condimentarias de uso culinario, producidas principalmente en el Oriente de Cundinamarca y Valle del Cauca.

- Sistemas tecnificados. Cultivos con orientación comercial definida, de alta inversión por hectárea, que utilizan equipos de riego, invernaderos, plántulas, insumos agrícolas,

semillas de proveedores especializados y con asistencia técnica. Están vinculados directamente a los mercados de exportación de hierbas culinarias y en menor medida, a los canales de industrias de alimentos, fitofarmacéutica, cosmética, supermercado y restaurante (Figura 1-1). Bajo este esquema se producen las plantas aromáticas y condimentarias para uso gastronómico, principalmente en la Sabana de Cundinamarca, Oriente Antioqueño y Nororiente del Tolima.

Figura 1-1: Caracterización de los sistemas de producción tradicional y tecnificado.



Fuente: Elaboración Helen J. Mier, Secretaría Técnica Nacional de Cadena (2014).

1.4.2 Generación de empleo

No se tienen datos sobre estadísticas de empleo en este subsector, debido a la cantidad de productos que se manejan y en muchos casos al tamaño tan pequeño de las unidades productivas. Sin embargo, dado que las labores culturales (desyerbe, aporques, cosecha, etc.) son tan delicadas por tratarse en la mayoría de los casos de plantas herbáceas, se calcula que se generan más de 1080 jornales/ha/año equivalentes a 4 empleos directos ha/año. Es difícil calcular los empleos indirectos generados, pero se puede estimar que el renglón puede generar 8 empleos indirectos en transporte, intermediación, empaque y mercadeo por ha/año (MADR, 2014).

1.4.3 Áreas y producción.

Las hierbas aromáticas, medicinales y condimentarías presentan un crecimiento en la demanda mundial, convirtiéndose en uno de los mayores mercados (Bedoya, 2005; Grueso, 2015). Son requeridas en las industrias de fármacos, fitomedicinas, aromaterapias, homeopatía, dermofarmacia, alimentaria, perfumería, higiene personal y de antioxidantes (Moré et al., 2010).

En Colombia las áreas comerciales sembradas en cultivos de plantas aromáticas, medicinales, condimentarías y afines son pequeñas (menos del 1%), si se comparan con el área agrícola total sembrada en el país. Se destaca que estos cultivos son por lo general intensivos y rentables en pequeñas extensiones y generan cosechas durante todo el año. Antioquia en el 2013 encabezó la lista en área sembrada 471 ha, seguido por Cundinamarca con área sembrada de 419 ha, para el 2014 el área sembrada a nivel nacional fue 2606,7 ha, incrementando según estadísticas 10% anual (MADR, 2014). En 2017 según el ICA se registraron 90 predios de especies aromáticas para exportación en Antioquia.

1.4.4 Costos de producción

Correa (2014) comenta, en lo que respeta a la relación egresos e ingresos por hectárea, que estos cultivos son de una alta rentabilidad y el mayor costo de producción se da en la mano de obra, porque se requiere que sea calificada, lo que implica un gran esfuerzo en la formación del personal de campo y sala. Se deben tener en cuenta los siguientes parámetros para un manejo ideal del negocio de producción y comercialización:

- Manejo óptimo de los cultivos, con sus respectivos programas y controles que garanticen la cantidad y calidad del producto a exportar.
- Minimizar tiempo de cosecha, transporte, selección y empaque.
- Contar con el personal suficiente y bien capacitado.
- Buena planeación de las labores de campo, Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), y control de las acciones mediante la anotación en los registros y su posterior análisis, lo cual ayuda a la toma de decisiones para una mejor administración y trazabilidad.

- Manejo técnico y administrativo de todas las áreas de trabajo, desde el cultivo hasta la poscosecha y una buena planeación de actividades.
- Excelente programación de mercados, que garanticen la optimización de producto y el tiempo.
- Contar con un programa de logística para el manejo, transporte y entrega de las exportaciones
- Cumplir con las BPA y con las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

En lo que respecta MADR (2014) menciona que, en promedio, cubrir una hectárea con un invernadero como los utilizados por las flores de exportación, tiene un costo actual entre 10 y 12 mil pesos por metro cuadrado. Los sistemas de riego tienen entre 2 y 3 mil pesos metro cuadrado, de manera que la inversión inicial de un invernadero oscila entre 120 y 150 millones de pesos por hectárea. En sistemas abiertos el costo promedio de establecimiento de un cultivo es de 30 millones de pesos por hectárea.

1.4.5 Desempeño del sector

López et al., (2009) en lo que compete al rendimiento, se ve afectado por la calidad de la semilla, las condiciones edafoclimáticas, la disponibilidad y aplicación de paquetes agroecológicos, los autores proponen como aspectos de evaluación los siguientes:

- Desconocimiento de la planta ofertada. Ausencia de información de los productores sobre la clasificación taxonómica de la especie, la variedad y las propiedades de las plantas ofertadas.
- Calidad de la semilla. En la mayoría de los casos se trabaja con semilla suministrada por otros productores que no siempre cumple con todos los parámetros de calidad.
- Asistencia técnica. Para pequeños productores es esporádica y depende de la continuidad o no de programas institucionales, de esta forma el cultivo se termina desarrollando de manera empírica de acuerdo al conocimiento de los productores.

- Aplicación de BPA. Son pocos los productores que están aplicando buenas prácticas de agrícolas, elemento que sumado a la ausencia de conocimiento técnico del cultivo, lleva a que gran parte del material vegetal sea rechazado en el mercado por problemas de tipo sanitario.
- Diversificación en los sistemas productivos. El 76% de los productores de PAMCyA utilizan cultivos asociados y es la tendencia de las comunidades y de los pequeños productores privados, mientras que el 27% tiene monocultivos para exportación, exclusivamente.
- Uso de insumos orgánicos. Por lo general, los cultivadores utilizan simultáneamente varios métodos de abonamiento, cerca el 89% utilizan abonos orgánicos, mientras que el 12% practican abono integrado (químico y biológico) y solo un 9% reconoce utilizar abonos químicos.

Estos autores también señalan como oportunidades para sector productivo de PAMCyA: propagación y reproducción de especies nativas bajo estándares de calidad altos para satisfacer una alta demanda. Disponibilidad de los agricultores a capacitarse y aplicar BPA y agricultura orgánica. Desarrollo de agricultura orgánica, constituye una oportunidad diferenciadora para el mercado nacional e internacional.

Así mismo, señalan como limitaciones: en general los productores no aplican BPA, hay desconocimiento de las técnicas de producción orgánica y ausencia de asistencia técnica, llevando a la implementación de prácticas inadecuadas en el cultivo. No se realizan actividades de manejo de cosecha y post-cosecha, no se clasifica el producto y esto afecta la calidad y aumenta la contaminación del material entregado. Falta conciencia en los cultivadores sobre la importancia de entregar un buen producto a su cliente y mejorar la competitividad del sector, en general, se desarrollan pocas actividades para mejorar la calidad de sus productos y existe un alto desconocimiento de la demanda del mercado y de los canales de comercialización. La oferta no cumple con altos estándares de calidad.

El mercado Europeo según el Programa Integral de Apoyo a las Pequeñas y Medianas Empresas (PIAPYME) y el Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEXT) (2006) determinaron que estos productos deben cumplir con información técnica en términos de

seguridad y salud, además información sobre desarrollo sostenible, orgánicos y de comercio justo, pautas que apenas inician su implementación en este sector.

1.5 Aspectos generales sobre el cultivo de *A. dracunculoides*

Planta perenne, de tallos erguidos, delgados y aislados, hojas lineares y lanceoladas, ligeramente dentadas de color verde claro. En Colombia se cultivan dos variedades: estragón ruso (*A. dracunculoides*) de sabor fuerte y estragón francés (*A. dracunculus*) de sabor anisado (Bareño, 2005), pertenecen a la clase de las dicotiledóneas (Muñoz, 2002) familia Asteraceae (Bareño, 2005) su lugar de origen Rusia y Siberia (Correa, 2014).

Se puede desarrollar en clima templado 0 - 2200 a frío-seco entre los y 2200 - 2800 msnm, con precipitaciones anuales de 1500 - 2000 mm, temperatura entre 14 y 25 °C, puede ser cultivado tanto a campo abierto como bajo invernadero (Correa, 2014).

Según Bareño y Clavijo (2005) y Bareño (2006) se adapta a diferentes tipos de suelos. Muñoz (2002) comentó que se adapta a suelos fértiles, permeables, sueltos y frescos y no prospera en terrenos demasiado arcillosos, fríos y húmedos. Se desarrolla en suelo arenoso, más o menos seco, con pH 6,0 a 7,5 y rico en humus, se debe evitar suelos mal drenados, arcillosos o muy compactados (Arvy y Gallouin, 2007). Para Correa (2014) el cultivo exige suelos fértil-humífero, suelto, rico en materia orgánica mayor al 20% y se desarrolla en pH 5,7 – 7,0.

Correa (2014) describe algunas características del cultivo de *A. dracunculoides*:

- La distancia de siembra recomendada es de 25 x 30 surco/planta, densidad de siembra de 145,000 plantas por hectárea y un total de 208 eras de 36 m² por hectárea. En Oriente Antioqueño se reportan distancias de siembra 20 x 20 surco/planta, la siembra se realiza por esqueje y hasta 3 esquejes por sitio.
- Los cortes se hacen a ras de suelo. En Oriente Antioqueño se registran producciones de 60 kg o 120 lb por era de 36 m² durante el primer año de establecimiento del cultivo, con un total de 8 cortes y entre 60 y 70 días para realizar el primer corte. A partir del

segundo año la producción sigue siendo la misma, con 30 días entre cortes y de 10 a 12 cosechas al año.

- Un promedio de producción en distintas zonas del país es de 800 g por metro cuadrado por corte y el número de cortes anuales son 8.

El autor comentó que las especificaciones para el corte están dadas por el largo del corte que exige el cliente, también dependen de variables como la nutrición, clima, calidad de suelo y manejo del cultivo, la longitud máxima de altura de la planta es de 30 – 35 cm y la longitud del corte es de 18 – 25 cm.

Según Bareño y Clavijo (2005) de este cultivo se exportan los tallos apicales y es considerado el rey de las hierbas culinarias por su exquisito sabor y sus múltiples propiedades. Sus hojas pueden tener efecto antiespasmódico y se usa como condimento de salsas, ensaladas, embutidos. Según Muñoz (2002) su esencia es utilizada en perfumería, licorería y como aromatizante de conservantes de alimentos.

En las tablas 1-2 y 1-3 se describe el control para organismos plagas registrados en el cultivo de estragón y arvenses presentes en los cultivos de condimentarías de Oriente Antioqueño descritos por Correa (2014).

En lo que respecta a enfermedades Gaetan y Madia (1995) relacionan a *Sclerotinia minor* como patógeno para *A. dracunculoides*.

Tabla 1-2: Organismos plagas en el cultivo de *A. dracunculoides* y su control.

Artrópodo plaga	Control
<i>Copitarsia consueta</i> <i>Spodoptera frugiperda</i>	Extracto de Neem (sin dosis descrita) <i>Bacillus thuringiensis</i> (sin dosis descrita) Cipermetrina: 0,5 cc/L Lufenuron 0,8 cc/L. Requiere monitoreo permanente.
<i>Heliothis armígera</i> <i>Heliothis peltigera</i> <i>Spodoptera exigua</i>	Metarhizium (sin dosis descrita) Beauveria (sin dosis descrita) Cypermetrina: 0,5 cc/L Lifenuron: 0,8 cc/L Requiere monitoreo permanente.
<i>Meloidodogyne</i> sp.	Nematicidas aprobados. <i>Trichoderma harzianum</i> y demás hongos antagonistas. Uso de material vegetal certificado. Monitoreo radicular.

No existe suficiente información técnica y científica sobre el componente fitosanitario de *A. dracunculoides* para las condiciones de la subregión.

Por la experiencia local, se sabe que dicho componente impacta el rendimiento y afecta la calidad; la presencia y daño de estos organismos en los procesos de inspecciones cuarentenarias en los mercados con fines de exportación origina interceptaciones que generan sobrecostos y en ocasiones pérdida de producto y también este componente impacta la inocuidad por el efecto del uso de insumos agroquímicos.

Tabla 1-3: Arvenses presentes en cultivos de especies condimentarias y su control químico

Arvenses		Control
Familia Polygonaceae <i>Rumex crispus</i> <i>Polygonum nepalense</i>	Familia Asteraceae <i>Absinthium vulgare</i> <i>Ambrosia elatior</i>	Luego de la siembra, con suelo húmedo, Linuron (1 kg/ha), Lenacilo, luego del corte (1 kg/ha), si las arvenses siguen afectando el cultivo, aplicar un herbicida de contacto como Dicuat (2 a 3 L/ha)
Familia Poaceae <i>Pannisetum clandestinum</i>	Familia Amaranthaceae <i>Amaranthus incomptus</i> <i>Amaranthus tristis</i> <i>Amaranthus viridis</i> <i>Amaranthus espinosus</i>	
Familia Oxalidaceae <i>Oxalis stricta</i> <i>Oxalis repens</i> <i>Oxalis purpurea</i>	Familia Convolvulaceae <i>Cuscuta</i> spp.	
Familia Cyperaceae <i>Cyperus densiflorus</i> <i>Cyperus cephalophorus</i> <i>Cyperus odoratus</i>		

2. Caracterización de las etapas del proceso productivo de los modelos orgánico y convencional del cultivo de estragón.

2.1 Localización

Los modelos de producción se eligieron con la participación de integrantes de la cadena de Plantas Aromáticas, Medicinales, Condimentarias y Afines, ambos modelos debían tener características que permitieran su comparación; teniendo en cuenta: ubicación en Oriente Antioqueño, la misma especie condimentaria y similitud entre predios. Se eligieron dos empresas productoras descritas como exitosas en la producción de especies condimentarias, siendo la empresa orgánica la única con este tipo de modelo de producción en la zona.

El modelo de producción orgánico, se encuentra en zona rural del municipio de San Vicente Ferrer, con temperatura promedio de 17,00 °C, altura sobre el nivel del mar entre 2233 - 2251 metros (m) (datos tomados con sensor y GPS). Humedad relativa 80%, promedio de lluvia anual entre 2,000 y 4,000 mm y ubicado en zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh – MB) (CORNARE, 2012 a).

El modelo convencional está localizado en zona rural del municipio de Rionegro, temperatura media entre los 17,14 °C, altura que oscila entre 2123 - 2131 msnm (datos tomados con sensor y GPS). En la zona, la humedad relativa (HR) es del 75%, pertenece a la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo (bh – MB), promedio anual de lluvias entre los 2,000 y 4,000 mm (CORNARE, 2012 b).

2.2 Metodología

Se describieron las empresas, predios, parcelas, así como labores de campo desde la siembra hasta la cosecha, incluyendo la clasificación en sala de empaque.

El proceso del modelo orgánico esta unificado en un solo predio. El proceso del modelo convencional cuenta con dos predios, donde se realizó la investigación se desarrollan labores de producción y el segundo predio actividades administrativas, producción y sala de empaque.

2.2.1 Caracterización del modelo productivo orgánico y convencional

La caracterización del proceso en los dos modelos incluye: descripción general de la empresa donde se realizó breve análisis de la comercialización, descripción del predio, parcela y modelo productivo.

Para la descripción de las empresas se recurrió al uso de entrevistas semi- estructuradas, información secundaria como página de internet y conversaciones telefónicas, en la tabla 2-1 se observa los parámetros utilizados para la descripción.

Tabla 2-1: Parámetros para la descripción de empresas.

Características	Descriptor
Estructura de propiedad	Empresa familiar: Número de socios:
Metas, visión, misión y objetivos:	No Aplica (NA)
Número de empleados: administrativos y personal de campo.	Cargo: Formación: Empleados fijos si/no:
Tipo de contratación:	Vinculación con la empresa
Horario (semana y fines de semana):	NA
Capacitación a empleados	Nombre de la capacitación: Número de empleados capacitados: Ultimo año de capacitación:
Canales de comercialización	Comercio nacional: Comercio internacional: Intermediarios:
Productos comercializados	Número de especies comercializadas:
Ventas en libras anuales (nacional y exportación)	Del total de productos comercializados:
Destino de ventas (nacional y exportación):	NA

Tabla 2-1: (Continuación)

Características	Descriptor
Certificaciones	Año de certificación: Actualización:
Comercialización del estragón ruso	
Características comercio nacional y exportación	Producto comercializado: Tipo de empaque: Longitud del producto: Peso: Precio de venta:
Ventas en libras anuales	Nacional y exportación:
Comercialización nacional y exportación de estragón con respecto a otros productos:	No aplica
Trazabilidad interna del producto (formatos/registro)	Siembra, labores culturales, manejo fitosanitario, cosecha, labores de sala y transporte:

La descripción del predio y parcela se realizó mediante observación, toma de registros, reconocimiento, medición de áreas, revisión de información de la empresa (archivos, mapas, bases de datos de cultivos y áreas) y registros fotográficos. En las tablas 2-2 y 2-3 se observan los parámetros para realizar esta actividad.

Tabla 2-2: Parámetros para la descripción de predios.

Características	Descriptor
Áreas ha	Cultivada: Infraestructura: Rastrojo: Monte: Afluentes de agua: Bosque: Huerta:
Huerta	Especies:
Bosque	Especies:
Cultivos ha	Cada cultivo:
Infraestructura	Bodegas: Zona de recepción producto de campo: Sala de empaque: Baños: Oficinas: Instalaciones para empleados: Caminos:

Tabla 2-2: (Continuación)

Características	Descriptor
Infraestructura	Zona de preparación de mezclas: Zona de lavado de herramientas de campo: Otros...
Fuentes de agua	Distancia a los cultivos: Perímetro dentro de la empresa: Conservación: Otros...
Vías de acceso	Estado:
Zona de influencia	Alrededor del predio:

Tabla 2-3: Parámetros para la descripción de parcelas

Características	Descriptor
Área ha:	NA
Antecedentes e historia:	NA
Pendiente:	NA
Clase de suelo:	NA
Tenencia de la propiedad (alquiler, propia):	NA
Alrededor/perímetro	Zonas de conservación y protección (bosque): Cultivos: Infraestructura: Afluentes de agua: Vías de acceso: Zona de influencia fuera del predio (vecinos):

Por último la descripción del modelo productivo se realizó a través de visitas a los cultivos seleccionados, se documentaron las etapas del proceso y/o subprocesos de cada modelo productivo convencional y orgánico. El área seleccionada para realizar dicha descripción fue, el área de una cama de siembra en cada empresa.

Mediante revisión de literatura, fuentes de información secundarias, entrevistas semi - estructuradas, revisión de registros de campo, registros fotográficos, mediciones en campo, monitoreo de prácticas de manejo y toma de notas; se describieron actividades desde la preparación del terreno, hasta los procesos de siembra, fertilización, labores culturales, manejo fitosanitario y cosecha (Tabla 2-4). Teniendo en cuenta para cada actividad el tipo de práctica, herramientas utilizadas, periodicidad, tiempo de mano de obra, preparación, cantidad, tipo de insumo y su precio.

Tabla 2-4: Parámetros para la descripción de modelos productivos de *A. dracunculoides*.

1. Propagación	5. Labores culturales
Tipo de propagación (Sexual o asexual):	Manejo de arvenses:
Obtención de semilla:	Riego:
Preparación de semilla para la siembra:	Aporque:
Otros...	Roza:
2. Preparación del terreno	Podas:
Labranza:	Otros...
Aplicación de enmiendas:	6. Manejo fitosanitario
Otros...	Monitoreo de plagas y enfermedades:
3. Siembra	Insumos control de plagas y enfermedades: dosis y aplicación.
Procedimiento	Otros...
Densidades de siembra:	7. Corte/Cosecha
Renovación del cultivo:	Procedimiento y especificaciones
Otros...	Otros...
4. Fertilización	-
Insumos, dosis y aplicación	-
Otros...	-

2.3 Resultados

En la siguiente información se detalla, la caracterización de empresas, predios, parcelas y los modelos productivos orgánico y convencional.

2.3.1 Caracterización del modelo productivo orgánico

Consecuente a lo establecido en la metodología, a continuación se describen los parámetros para la caracterización de empresa, predio, parcela y descripción del modelo productivo orgánico.

2.3.1.1 Descripción de la empresa. Se entrevistó directamente a uno de los socios, la información faltante no se obtuvo porque no contaban con ésta. Se mencionan las características de dicha empresa:

Estructura de propiedad. Empresa familiar, cuenta con tres socios.

Visión. “A corto plazo”: ser una empresa modelo de gestión rural, mejorando el entorno laboral, renovando y expandiendo los cultivos. Crear un espacio donde se desarrolle la actividad humana sin afectar el ambiente manteniendo una relación respetuosa de interdependencia natural, incorporando energías y tecnologías alternativas amigables con el ambiente para ser sostenibles y mantenernos en el tiempo. “A mediano plazo”: convertirnos en una empresa líder en el sector agrícola, ser un centro de investigación experimental piloto para promover el retorno al campo, el desarrollo sostenible y dignificar el trabajo agrícola. “A largo plazo”: constituirnos en un centro docente, de investigación e innovación aplicada al agro y al desarrollo humano; una escuela que genere y transfiera su experiencia y conocimiento y promover la unión, la paz y el amor”.

Misión. “Producir alimentos, hortalizas y plantas medicinales, condimentarías y aromáticas sin agroquímicos, de forma natural, con un adecuado balance de nutrientes en nuestro ecosistema productivo. Dar valor agregado y enseñar a los demás que la agricultura orgánica más que una necesidad es un modo de vida sana y necesaria; debido a los niveles altos de contaminación de suelos y aguas en la agricultura convencional por el uso abusivo de pesticidas, herbicidas, compuestos sintéticos y transgénicos que no sólo afectan al ecosistema sino que dañan la trama vital del planeta y pone en peligro nuestra salud. Nuestro deber es " producir alimentos sanos" son afectar las cadenas tróficas, la biodiversidad, ni el agotamiento, degradación o deterioro del ambiente. Producir sin contaminar es el lema que nos identifica: "sabor y salud con calidad natural" indica esos atributos”

Metas y objetivos. No se obtuvieron debido a que en la empresa no los tienen socializados.

Número de empleados. En la administración, dos personas encargadas de la gerencia y las finanzas, formados en técnica administrativa e ingeniería mecánica y un director o presidente, con formación en salud.

El personal de campo está conformado por un agrónomo, quien realiza visitas semanalmente se encarga de hacer recomendaciones y monitoreo de plagas y enfermedades. Siete empleados fijos, cuatro de ellos mujeres que desarrollan actividades

en sala de empaque y en campo, tres hombres desarrollan labores de campo y tres mujeres temporales que realizan actividades de campo y sala. Este personal cuenta con formación básica. Las mujeres distribuyen el tiempo en su empleo y labores domésticas cuentan con poca experiencia en este tipo de cultivos.

Tipo de contratación. La empresa no tiene vínculo de contratación con los empleados paga por día laborado u hora labor. La visita del agrónomo tiene un costo de \$75,000. Al personal de sala de empaque se paga la hora a \$3,500 y personal de campo \$30,000 el día.

Horario. En sala lunes a viernes, la hora de llegada y salida depende de las ventas (despachos), por esto se paga por hora. En campo de lunes a sábado de 7:00 am a 5:00 pm. Ambos con una hora y media de descanso al día.

Capacitación a empleados. En 2015, tres empleados de campo se capacitaron en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), para 2014 se capacitaron en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) cuatro empleadas de sala y este mismo año cuatro empleados de campo y sala de empaque o poscosecha fueron capacitados en el curso “Emprendedor de producción ecológica de plantas medicinales y aromáticas”.

Canales de comercialización. La empresa no es comercializadora internacional, pero distribuye su producto directamente a sus clientes.

Productos comercializados. Ofrece estragón ruso, romero, tomillo, menta, cebollín y orégano.

Ventas anuales (libras). Promedio de 23,280 libras (lb) netas. No diferencia ventas nacionales y exportación.

Destino de ventas. Principal destino de ventas Estados Unidos (EEUU), también distribuye al mercado local y venden a comercializadoras internacionales.

Certificaciones. Certificados en BPA y Certification of Environmental Standards GmbH (CERES) en la norma National Organic Program del USDA (NOP).

Características comercio nacional y exportación de estragón ruso. Venden libra comercial de 460 g del producto en fresco. Las especificaciones de empaque varían según parámetros determinados por cliente.

La libra comercial (460 g) se comercializa entre 3,50 a 3,80 dólares (USD) para el mercado nacional y de 3,50 y 4,00 UDS para el mercado de exportación. Esta variación del precio de venta depende de las condiciones en que se realice la negociación, si el pago es de contado o a crédito, la fiabilidad del cliente, si es nuevo, si garantiza compra durante todo el año y según el volumen demandado por el cliente.

Ventas anuales (libras) de estragón ruso. Promedio de 13,339 lb/neta de estragón ruso.

Comercialización nacional y exportación de estragón ruso con respecto a otros productos. La empresa en 2015 contaba con tres clientes nacionales y en 2016 con cuatro clientes. Para exportación con un cliente en 2015 y tres en 2016. El productor menciona “El estragón es el producto más vendido y el de mayor importancia para la empresa”.

Trazabilidad interna del producto estragón ruso. Llevan registro de labores de siembra, manejo del cultivo, sala y transporte, exceptuando costos de producción y riego.

2.3.1.2 Descripción del predio. Se observa a continuación las características evaluadas para la descripción del predio orgánico:

Áreas. Cultivada 2,42 ha. Infraestructura 0,23 ha incluyendo estructura lombricultivo. Rastrojos 2,1 ha. Monte 0,52 ha. Ciénaga 0,25 ha. Bosque 0,08 ha. Sin huerta. En la figura 2-1 se aprecia una de las parcelas de producción de la empresa.

Bosque (especies). Coníferas, se aprecian en linderos. Siete cueros (*Tibouchina lepidota*), punta de lanza (*Vismia guianensis*), carate (*Vismia baccifera*), chilca (*Ageratina popayanensis*), espadero (*Myrsine coriácea*), chagualo (*Clusa multiflora*), nigüito (*Miconia* sp.), carbonero (*Calliandra* sp.), cargagua (*Clethra fagifolia*), manzanillo (*Hippomane mancinella*) y caunce (*Godoya antioquiensis*) y mortiño (*Vaccinium* sp.), conforman un bosque que protege el afluente de agua.

Cultivos. Estragón ruso (*Artemisia dracunculoides*) 0,9 ha, romero (*Rosmarinus officinalis*) 0,4 ha, tomillo (*Thymus vulgaris*) 0,3 ha, orégano (*Origanum vulgare*) 0,3 ha, cebollín (*Allium*

schoenoprasum) 0,1 ha, menta (*Mentha spicata*) 0,03 ha y 0,37 ha en varias especies como: mejorana (*Origanum majorana*), sábila (*Aloe vera*), laurel (*Laurus nobilis*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y alcachofa (*Cynara scolymus*).

Infraestructura. Se define las instalaciones con las que cuenta el predio de la empresa para su funcionamiento (Tabla 2-5).

Figura 2-1: Vista parcela de producción de especies condimentarias bajo el modelo productivo orgánico.



Tabla 2-5: Descripción infraestructura empresa con modelo de producción orgánico.

Infraestructura - Instalaciones	Descripción
Bodegas	Tres bodegas. 1) Bodega de herramientas e insumos agrícolas. 2) Bodega para insumos de la sala de empaque. 3) Bodega para almacenar canastas donde se pone el producto que llega de campo. Todas en buen estado y adecuadas para su uso.
Zona de recepción producto de campo	Corredor donde el producto es pesado, para luego ser puesto en la sala de empaque. Es al aire libre, no cuenta con refrigeración y especificaciones técnicas para tal fin
Sala de empaque	Luego de ser pesado, en esta se almacena el producto cuando llega de campo. Se realizan labores de clasificación o maquillaje y empaque. Sin control de temperatura, se puede o no utilizar el aire acondicionado, la puerta puede o no estar cerrada. Dentro de esta se encuentra el cuarto frío para el acopio del producto luego de ser empacado.
Baños	Dos, separados por género. En buenas condiciones, pero se puede o no encontrar implementos de aseo como jabón, desinfectantes y toallas para secado de manos

Tabla 2-5: (Continuación)

Infraestructura - Instalaciones	Descripción
Oficinas	Ubicadas en un casa destinada a labores administrativas
Instalaciones para empleados	Ubicadas en una casa destinada para la alimentación del personal, adecuadas para su fin
Caminos	Se encuentra caminos entre lotes en buen estado y un camino principal que sirve de corredor para vecinos.
Zona de preparación de mezclas y lavado de herramientas de campo	Lugar al aire libre con techo, piso en cemento y adecuado desagüe, en ocasiones las mezclas son preparadas directamente en campo y el lavado muchas veces no se realiza en la zona dispuesta para esto.
Lombricultivo	Construido por anteriores dueños del predio, con parámetros técnicos, en funcionamiento.
Bocashi	Es preparado dentro de los lotes. No posee infraestructura, se encuentra montículos al aire libre y es tapado con plásticos.
Sistema de riego (tanques recolección agua de riego)	Ubicados cerca al lote de estudio, se recolecta agua lluvia y agua de riego traída del afluente por medio de motobomba, dentro de estos también se preparan mezclas (Figura 2-2). No se observó aseo a los tanques ni tratamiento previo a la aplicación de riego. El agua es bombeada al cultivo por medio de bombas eléctricas y un sistema de manguera tipo jardinera.
Laguna artificial para recolección agua	Ubicada dentro de una de las parcelas, se recarga de agua lluvia y lixiviados. Cuando está en buenas condiciones de esta se toma el agua para el riego de esta parcela (Figura 2-3).

Figura 2-2: Tanques para recolección de agua de riego, agua lluvia y preparación de mezclas, modelo productivo orgánico.



Figura 2-3: Laguna artificial para recolección de aguas lluvias y lixiviados en el modelo productivo orgánico.



Fuentes de agua. El agua que se filtra del bosque forma una ciénaga que baña el afluente de agua principal, este recorre dentro del perímetro de la empresa 336,67 m, de allí se toma el agua para riego. El cultivo más cercano está a 46,41 m. Hacia el lindero del predio se encuentra protegido de bosque nativo y monte alto. Hacia el lindero vecino se comienzan a ver algunos potreros.

Vías de acceso. La vía principal pavimentada y la carretera veredal sin pavimentar pero en buen estado. Ubicada cerca al aeropuerto José María Córdoba (Rionegro- Antioquia) y a clientes locales.

Zona de influencia. A los alrededores se observa viviendas de campesinos, desarrollo de actividad agrícola principalmente maíz, papa y hortalizas. Son cultivos de pancoger y también distribuidos en mercado local y mayorista.

Es notable el cambio en los usos del suelo, se comienza a ver desplazamiento de personas de la ciudad, observándose casas de recreo. La demanda de mano de obra en la zona es escasa, las grandes industrias están alejadas.

Cerca hay una arenera, los habitantes de la vereda se han visto afectados por el polvo y el constante transitar de volquetas, esto puede estar afectando parámetros físicos y biológicos de la producción que se desarrolla cerca de la carretera.

2.3.1.3 Descripción de la parcela (área sembrada). Siguiendo los parámetros establecidos para la descripción de parcela donde se desarrolló la investigación, se presenta a continuación la información obtenida:

Área de la parcela. 0,1023 ha.

Antecedentes e historia. La parcela estuvo en descanso durante seis años antes que se sembrara el cultivo de estragón ruso en 2014. Al momento de la siembra se removió el suelo con maquinaria, incorporándose abonos verdes y gallinaza.

Pendiente. Varía entre 5%-10%

Clase de suelo. Textura franco arenosa (FA).

Tenencia de la propiedad (alquiler, propia). El predio de producción es propio.

Alrededor/perímetro. Hacia el este a 26 metros (m) y 13 m hacia el sur se encuentra una franja de coníferas. 85 m hacia el oeste de la parcela comienza un bosque de especies nativas.

Hacia el norte se encontró dos parcelas, sembradas de estragón ruso y orégano. En el sur se observa una parcela con otro cultivo de estragón ruso. Al este se observó una parcela trazada pero sin sembrar. En el oeste un cultivo de tomillo. Todos los cultivos que rodean la parcela de estragón en estudio son manejados de forma similar a esta.

Hacia el norte a 17 m, un cultivo de maíz y a 30 m sobre esta misma dirección se registró un arboles de aguacate, propiedad de un vecino, ambos cultivos bajo sistema orgánico. 153 m al suroeste se observa un cultivo vecino de pancoger principalmente leguminosas, papa y maíz, cultivados de forma convencional, este se encuentra separado con barreras vivas.

En dirección oeste a 40 m de la parcela en estudio están instalados la bomba eléctrica y los tanques para recolección de agua para riego. El afluente de agua principal donde se toma el agua para riego se encuentra a 212 m noroeste de la parcela.

Ubicado a 2 m hacia el sur, se encuentra un montículo de bocashi y 9 m al oeste otro preparado de bocashi.

50 m noroeste una casa vecina, allí se preparan algunas mezclas para los cultivos ubicados en el lote donde está la parcela de estragón. En el oeste a 406 m de la parcela de estragón, se encuentran las instalaciones principales, donde se localiza el lombricultivo, zona de preparación de mezclas, bodegas, sala poscosecha, oficinas y zonas de bienestar para empleados. Del cultivo evaluado a la entrada principal de la empresa son 512 m suroeste.

A continuación se aprecia (Figura 2-4) la parcela de estragón ruso bajo el modelo de producción orgánico.

Figura 2-4: Detalle de la parcela sembrada con estragón ruso bajo el modelo productivo orgánico.



2.3.1.4 Descripción del modelo productivo orgánico. Siguiendo los parámetros para la caracterización del modelo productivo, a través de entrevistas, se describen las labores por etapa de proceso de producción mencionadas por empleados y se detallan los procedimientos por labor monitoreada.

En el anexo 1 se definen los cálculos y mediciones de las diferentes labores y se especifican los registros para 4 de 5 ciclos de producción monitoreados durante 56,2 semanas (06 de enero de 2015 y 05 de febrero de 2016) así:

Al iniciar el monitoreo, había un ciclo en pie (06 de enero al 05 de marzo/2015), las labores que se realizaron no fueron descritas por personal de la empresa, a este ciclo se le midió rendimiento y corresponde al ciclo 1.

El ciclo de producción número 2 duró 8,6 semanas (05 de marzo al 04 de mayo/2015).

El ciclo número 3 fue monitoreado durante el 04 de mayo al 04 de septiembre de 2015 y duró 17,5 semanas. Durante este ciclo la demanda comercial del estragón cayó y no se realizó comercialización, se rozó y desecho el producto. Lo anterior se evidenció y se constató en conversaciones con diferentes productores y empleados, de allí la importancia de manejar diferentes cultivos en sus empresas. Una vez restablecida la demanda del mercado, la empresa no tenía como suplirla, ya que no hizo una adecuada planificación. En el 2016 esta tendencia se repitió.

El monitoreo del ciclo de producción número 4 se realizó durante el 04 de septiembre al 04 de noviembre de 2015 y su duración fue de 8,7 semanas.

El ciclo número 5 tuvo una duración de 13,2 semanas, monitoreado durante el 04 de noviembre a la semana 02-05 febrero de 2016. En este ciclo de producción según los empleados, hubo factores que provocaron bajo rendimiento, calor en el día y muy bajas temperaturas durante la noche, daño severo causado por insectos plagas. Para el ciclo en la semana 9,8 se realizó corte del producto que cumplía con mínimas condiciones para su cosecha y en la semana del 13,2 se rozó y descarto el producto.

Descripción de labores por etapa de proceso de producción descritas por empleados:

En la tabla 2-6 siguiendo los parámetros descritos en la tabla 2-4 se presenta la información obtenida de entrevistas realizadas al personal de la empresa.

Tabla 2-6: Descripción labores de propagación, preparación del terreno y siembra para *A. dracunculoides* en el modelo productivo orgánico.

Propagación	
Tipo de propagación	Asexual. Por esquejes o ramas.
Obtención de la semilla	Se usan plantas de cultivos establecidos, fisiológicamente adultas, sanas, pueden ser florecidas y con tallos lignificados, de estas se toman ramas sin raíz, se les eliminan hojas grandes, flores y puntas; dejando hojas pequeñas y las que apenas estén brotando. Puede existir riesgo de propagación de plagas y enfermedades
Preparación de la semilla	Antes de la siembra se incuba durante 48 horas con 250 g de un entomopatógeno comercial (<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Lecanicillium lecanii</i> y <i>Bacillus thuringiensis</i>) con 20 L de suero de leche, pasado el tiempo de incubación se disuelve en 40 L de agua.

Tabla 2-6: (Continuación)

Propagación	
Preparación de la semilla	Para la siembra de una cama se toman 2L de la mezcla (concentración de 12,5 g del entomopatógeno y 1L de suero de leche), las ramas se sumergen e inmediatamente se siembran.
Preparación del terreno	
Labranza	<p>Para armar una cama se realiza el trazado con hilo, posterior a esto se comienza a hacer el camino de 50 cm de ancho con azadón y el suelo que se saca se pone sobre la cama, se pasa a nivelarla con un tronco. Con pala hoyadora se realizan hoyos de 20 cm de profundidad para la siembra. La longitud de la cama depende de factores del terreno como, pendiente y área. En este caso las camas tienen un promedio 22,12 m² así, 1,20 m de ancho por 18,43 m promedio de largo.</p> <p>En esta parcela las camas no están soportadas por plásticos y tampoco cumplen con un alto específico, un promedio de alto 30 cm.</p> <p>Dos jornales pueden armar de 4 a 5 camas al día, es decir 2 a 2,5 camas jornal de 8.5 horas y 1 cama en 3,4 horas.</p>
Aplicación de enmiendas	<p>Antes de la siembra, en cada hoyo se aplica en promedio 400 g bocashi preparado en la empresa, sus ingredientes básicos son aserrín, gallinaza comercial, sobras de cosecha y arvenses.</p> <p>En total se aplica promedio de 240 kg de bocashi por cama en proporciones de 30 kg de aserrín y 60 kg de gallinaza comercial y 150 kg de otros.</p> <p>El mantenimiento del bocashi llevado al área de una cama se reduce a 2,33 min/persona al mes y la aplicación de este puede tomar 57,00 min cama/persona.</p> <p>No se realiza desinfección al suelo.</p> <p>No se utilizan elementos de protección personal para la ejecución de esta labor.</p>
Siembra	
Procedimiento de siembra	<p>Las condiciones para sembrar dependen de la disponibilidad de tiempo, demanda comercial, fases de la luna y el clima, preferiblemente temporada de lluvia. Por hoyo se puede sembrar esquejes o conjunto de ramas de 6 cm de diámetro. No establecen número determinado de estos, Correa (2014), comenta un promedio de tres esquejes por hoyo.</p> <p>La siembra conlleva un promedio de 2 horas cama/persona, este tiempo depende de la distancia donde se toma el material a propagar y la cama a sembrar.</p>
Densidad de siembra	La parcela en estudio está sembrado 20x20 cm, esto da una densidad 25 plantas por 1 m ² , en la literatura mencionan densidades de 25x25 (Bareño, 2005) y 25x30 cm (Correa, 2014).
Renovación del cultivo	A la fecha no existen datos ciertos sobre cada cuanto se debe renovar el cultivo, constantemente realizan resiembra debido a que en las camas algunas plantas pierden su vigor, se secan y mueren, esto se le atribuye a problemas fitosanitarios, nutricionales o climáticos. En campo los agricultores comentan que la renovación depende de la productividad y del estado fitosanitario del cultivo y puede hacerse a los 4 o 5 años. Bareño (2005) menciona que, en Colombia existen registros de 8 años de cultivos en producción.

Las labores de fertilización, labores culturales, manejo fitosanitario y corte o cosecha no fueron descritas debido a que los empleados no tenían socializada dicha información.

Descripción de los procedimientos por labor monitoreada

En la tabla 2-7 se detalla la descripción de las actividades monitoreadas durante los 4 ciclos de producción anteriormente descritos para el modelo de producción orgánico y los datos calculados y verificados para este modelo están resumidos en el anexo 1.

Tabla 2-7. Descripción de prácticas monitoreadas ciclo a ciclo en el modelo de producción orgánico.

Actividad monitoreada	Procedimiento en el modelo orgánico
Fertilización	<p>Preparación y aplicación de bocashi. Preparado con aserrín, gallinaza comercial, desechos de cosecha y arvenses, para el mantenimiento del cultivo su composición consta de cada 200 kg, 50 kg son de aserrín, 50 kg gallinaza y 100 kg de desechos de cosecha y arvenses. A una cama se aplica 200 kg. Por cama la mano de obra mes incluyendo preparación, seguimiento a la temperatura y revolver es 2,33 min/hombre y la aplicación estimada es 54,37 min/hombre.</p> <p>No se observó criterios técnicos y estandarización de procesos para su preparación.</p> <p>No se recurre al uso de equipos de protección personal para su aplicación.</p> <p>No cuentan con plan de fertilización estandarizado.</p> <p>No existen estudios sobre demandas nutricionales del cultivo</p>
	<p>Preparación y aplicación de humus líquido de lombriz más melaza comercial. La empresa cuenta con un lombricultivo establecido, la mano de obra mensual para el mantenimiento llevado al área de una cama es en promedio 0,47 min/hombre.</p> <p>El humus líquido con melaza se prepara agregando a 1000 L de agua, 100 L de humus líquido de lombriz y 20 kg de melaza. De la mezcla a una cama se aplica 6,7 L, concentración promedio de 134 g de melaza y 670 ml de humus líquido.</p> <p>La aplicación se realiza con el mismo sistema con que se hace el riego. Preparar la mezcla y aplicarla por cama lleva un tiempo estimado de 8,36 min/hombre.</p> <p>No se identificaron criterios técnicos y estandarización de procesos para su preparación y aplicación.</p> <p>No se recurre al uso de equipos de protección personal para su aplicación</p> <p>No existen estudios sobre demandas nutricionales del cultivo</p>
Labores culturales	<p>Deshierba. Se realiza manual y con azadón, se hace por modulo (cama y camino) a una persona le toma en promedio 52,50 min. Posteriormente una persona recoge el desecho que queda en los caminos para arrojarlos al bocashi.</p> <p>No se recurre al uso de equipos de protección personal para la ejecución de esta práctica.</p>
	<p>Riego. Se realiza una vez por semana, si es una época muy seca se puede hacer hasta dos veces por semana, el agua es traída con motobomba eléctrica desde el afluente de agua y contenida en tanques de agua de 1000 lt. No se realiza ningún tratamiento previo antes de aplicarla, tampoco se observó lavado de los tanques.</p>

Tabla 2-7: (Continuación)

Actividad monitoreada	Procedimiento en el modelo orgánico
Labores culturales	El riego se realiza manual con un sistema de manguera tipo jardinera el cual es conectado a los tanques e impulsado por bomba eléctrica (Figura 2-5), por cada cama el tiempo de recorrido de una persona en promedio es de 7,52 min. No se tiene información sobre la demanda hídrica del cultivo.
	Aporque. No se evidenció.
	Roza / guadañada. Esta actividad generalmente es realizada con guadañadora, las plantas son cortadas desde su base. Una persona puede realizar esta labor promedio en 8 min por cama. Posterior a esto las sobras son recogidas y arrojadas al bocashi. No se recurre al uso de equipos de protección personal para la ejecución de esta práctica.
	Podas. No se evidenció.
	Aspiración de camas. Se realiza con una aspiradora eléctrica para Manejo Integrado de Plagas (MIP), tal como se ilustra en la figura 2-6. Cada lote se aspira una vez por semana, es decir, cada cama. En ocasiones cuando se tiene alta incidencia de artrópodos plaga se puede aspirar hasta dos veces por semana. El recorrido por cama es de 1,29 min/hombre.
	Monitoreo de plagas y enfermedades. Lo realiza semanalmente un agrónomo, tomando camas al azar y 3 puntos por cama. El tiempo de recorrido puede variar, en promedio toma 4 min por cama.
Manejo fitosanitario	Preparación y aplicación de caldo sulfuro - cálcico. Utilizado para el control de insectos plaga, también tiene propiedades fúngicas. Se prepara utilizando 30 L de agua por 1 kg de azufre (Az) y 4 kg de cal, de la mezcla se toma 120 cm ³ por bomba de 20 L de agua, aplicando 6,7 L del preparado por cama. En promedio la concentración de Az y cal puede ser de 1,34 g y 5,36 g respectivamente, su preparación de 6,7 min/hombre y aplicación de 5,83 min/hombre por cama. No se recurre al uso de equipos de protección personal para su aplicación
	Aplicación de ajo – ají. Insecticida comercial se agregan 2 cm ³ por 1 litro de agua. De la mezcla se aplica en promedio 6,7 L por cama con concentración del producto comercial de 13,4 cm ³ . Su aplicación se realiza con bomba de espalda, la preparación y aplicación 5,83 min/hombre por cama. No se recurre al uso de equipos de protección personal para su aplicación
	Aplicación caldo bordelés (Sulfato Cobre y Sulfato de Calcio). Fungicida y bactericida comercial, de este se aplica 5 g por 1 L de agua. En promedio de la mezcla a una cama se le puede aplicar 6,7 L, con una concentración de 33,5 g y el tiempo en preparar y aplicar con bomba de espalda es de 5,83 min/hombre por cama. No se recurre al uso de equipos de protección personal para su aplicación.
	Aplicación de jabón potásico: insecticida- fungicida comercial. Se prepara usando 60 cm ³ por bomba de espalda de 20 L, de esta solución en promedio se aplica por cama 4,81 L con concentración del jabón potásico de 14,43 cm ³ . Es aplicado inmediatamente después del corte y el tiempo de aplicación y preparación por cama es de 6 min/hombre. No se recurre al uso de equipos de protección personal para su aplicación

Tabla 2-7: (Continuación)

Actividad monitoreada	Procedimiento en el modelo orgánico
Corte – Cosecha	<p>El corte o cosecha es realizado con tijera podadora, la planta es cortada desde la base y el producto es puesto en canastas hasta completar en promedio 14 libras por canasta, luego es llevado a sala, donde es pesado, maquillado, empacado y distribuido. La labor de cosechar o cortar 1 m² en promedio toma 7,58 min/hombre, para un total de 167,64 min por cama. El producto es llevado a sala ubicada en la empresa en carro, cargar, descargar y pesar el producto puede demorar 15 min por persona.</p> <p>En campo parte de la producción es desechada al momento del corte por no cumplir con parámetros de calidad, en sala de poscosecha se revisa nuevamente el producto, eliminando, hojas, ramas y tallos que no cumplan con especificaciones de calidad.</p> <p>Se realiza, sin guantes, no hay adecuado lavado de manos y herramientas tanto para el corte como para las canastillas que soportar el producto, no se utiliza bolsa canastillera.</p>

Durante el tiempo en que se monitoreó el modelo productivo, no se presenciaron prácticas de propagación, preparación de terreno y siembra en la parcela de estudio. Sin embargo, estas prácticas fueron corroboradas durante el establecimiento del cultivo de estragón ruso en otras parcelas del predio.

Figura 2-5. Detalle sobre la aplicación manual de riego para el modelo productivo orgánico de estragón ruso.



Figura 2-6: Utilización de aspiradora eléctrica de espalda para la captura de adultos de insectos en el modelo productivo orgánico.



2.3.2 Caracterización del modelo productivo convencional

Consecuente a lo establecido en la metodología, a continuación se describen los parámetros para la caracterización de empresa, predio, parcela y descripción del modelo productivo convencional.

2.3.2.1 Descripción de la empresa. Para realizar la descripción de la empresa convencional se debió recurrir a su página de internet, llamadas telefónicas, observaciones en campo y conversaciones con empleados. Alguna información no fue suministrada.

Estructura de propiedad. Empresa familiar, no se cuenta con datos sobre el número de socios, la información no fue suministrada.

Metas, visión, misión y objetivos. Dicha información no fue suministrada.

Número de empleados. Según su página de internet cuenta con personal administrativo conformado por: un asistente de gerencia, una tecnóloga en producción, un gerente de producción, un gerente general, un auxiliar de producción y una auxiliar administrativa. No se tiene información sobre su formación académica.

La empresa cuenta con asesoría técnica que realiza visitas periódicas. En el predio donde se realizó la investigación se observó entre 5 y 7 empleados hombres dedicados a las labores de campo, con formación básica y amplia experiencia en agricultura en cultivos de este tipo, flores, hortalizas y ganadería.

En la página de internet mencionan que cuentan con 12 empleados en el área de comercialización y 11 empleados en el área de campo, esto para sus dos sedes. Durante las visitas realizadas a la sede donde se encuentra el área de comercialización y sala de postcosecha se observó que todo el personal contratado era femenino.

Tipo de contratación. Pagan un salario mínimo con todas las prestaciones sociales reglamentadas por la ley.

Horario. Personal de campo de lunes a viernes de 6:00 am a 3:00 pm y sábados de 6:00 am a 12:00 m con media hora de descanso.

Capacitación a empleados. Según su página de internet todo el personal de campo está certificado en BPA, todo el personal de sala en BPM y todo el personal en primeros auxilios, no se tiene información de las últimas actualizaciones.

Canales de comercialización. Comercializadora internacional y comercializa directamente sus productos. Se evidenciaron ventas a otras comercializadoras de la zona.

Productos comercializados. Menta, tomillo, romero, eneldo, estragón ruso, estragón francés, orégano, cebollín y albahaca.

Ventas anuales (libras). En su página de internet mencionan ventas de 35,000 lb/anuales producidas en sus dos predios.

Destino de ventas. Un 80% de su producción es destinada para exportación y 20% comercio local y venta a otras comercializadoras, su principal destino de exportación es Estados Unidos (Fuente: Pagina web de la empresa).

Certificaciones. Certificada en Primus GFS Versión 2.1 en postcosecha y comercializadora (Fuente: Pagina web de la empresa).

Características comercio nacional y exportación de estragón ruso. En reuniones y llamadas telefónicas con personal administrativo de la empresa se mencionó un promedio de precio de venta 2,5 USD por libra de 480 g.

Ventas anuales (libras) de estragón ruso. En conversaciones con personal administrativo se mencionó que no tienen registro de ventas de estragón ruso.

Comercialización nacional y exportación de estragón ruso con respecto a otros productos. Esta información no fue suministrada.

Trazabilidad interna del producto estragón ruso. La información no fue socializada. En campo se evidenció, que el empleado encargado del predio de producción, donde se desarrolló la investigación, llevaba un diario y tomaba nota de los rendimientos.

2.3.2.2 Descripción del predio. La información obtenida se redacta a continuación:

Áreas. Cultivada es de 2,16 ha, en infraestructura 0,02 ha, rastrojos 0,13 ha, huerta 0,02 ha y en bosque 0,43 ha.

Huerta. Se cultiva lechuga, cebolla de rama, col, repollo, para consumo de los empleados.

Bosque (especies). No tiene una conformación propia de un bosque o rastrojo el predio cuenta con varias especies arbóreas como: Coníferas, eucaliptos (*Eucalyptus* sp.), camargo (*Verbesina* sp.) sauce (*Salix* sp.), siete cueros (*Tibouchina lepidota*), guadua (*Guadua* sp.) y sarro (*Cyathea* sp.)

Cultivos. Tomillo 1,08 ha, menta 0,51 ha, orégano 0,8 ha, estragón ruso 0,05 ha, romero 0,05 ha, eneldo 0,2 ha (*Anethum graveolens*) y ají 0,2 ha (*Capsicum* spp.) estos dos últimos son transitorios.

Infraestructura. Se describe a continuación (Tabla 2-8).

Tabla 2-8: Descripción infraestructura empresa con modelo de producción convencional.

Infraestructura - Instalaciones	Descripción
Casa	Dentro del predio se encuentra una casa, allí vive un empleado con su familia.
Bodega	La bodega se encuentra en un cuarto de la casa con entrada independiente, se deposita insumos que vienen en bulto y se almacena herramientas, no está adecuada para su fin.
Zona de recepción producto de campo	El producto es puesto en un cuarto de la casa con entrada independiente, no tiene refrigeración. Allí es pesado y luego transportado a sala de empaque de la empresa ubicada en otra sede o es llevado a empresas clientes.

Tabla 2-8: (Continuación)

Infraestructura - Instalaciones	Descripción
Sala de empaque	Ubicada en otra sede de la empresa. Certificada, en lo que se pudo apreciar con procesos estandarizados.
Baño	Ubicado en la parte trasera de la casa. Se encuentra en muy mal estado, sin implementos necesarios para el aseo de personal.
Oficina	Ubicada en un cuarto con entrada independiente de la casa. En ocasiones el encargado de campo la usa para recibir visitas y guardar documentos.
Instalaciones para empleados	Para esto se destinó un cuarto ubicado en la parte trasera de la casa, con entrada independiente, allí los empleados guardan sus objetos personales y se alimentan. Dentro de este se encuentra el baño. Se apreció que en ocasiones los implementos para realizar fumigaciones fueron puestos allí.
Caminos	Se encuentra caminos entre lotes en buen estado.
Zona de preparación de mezclas y lavado	Las mezclas se preparan en los corredores de la casa y en campo. No existe una zona adecuada para el lavado de los utensilios de campo, se realiza en la poceta de la casa.
Cuarto de almacenamiento de agroquímicos	Es un cuarto pequeño, se encuentra dentro de la oficina separado por una puerta, no es adecuado para dicho uso.
Compost	Se encuentra dentro de las parcelas de producción y no cumple con las características de un compostaje. Se observa un montículo de desechos, no se evidencio funcionamiento.
Sistema de riego	Funciona con una hidrobomba, sistema de aspersion tipo pájaro (Figura 2-7) con redes de manguera distribuidas en las parcelas. El agua es tomada directamente del afluente, no se realiza ningún tratamiento previo a su aplicación.

Figura 2-7. Detalle del sistema de riego de riego por aspersion en el modelo productivo convencional.

Fuentes de agua. Dentro del predio hay dos afluentes, el primero ubicado al oeste recorre dentro del perímetro de la empresa de 190 m, tiene poco caudal y el cultivo más cercano está a 5,47 m, desemboca en otra fuente de agua ubicada en el sur, tiene una longitud dentro del perímetro de la empresa de 147 m, el cultivo más cercano está a 21,48 m y de este se toma el agua para riego. No se respetan las zonas de protección de aguas.

Vías de acceso. La vía principal pavimentada y un tramo para entrar a la vereda sin pavimentar pero muy buen estado. Cerca al aeropuerto José María Córdoba (Rionegro-Antioquia), a la sala de poscosecha de la empresa y a otras comercializadoras donde distribuyen su producto.

Zona de influencia. Con alta influencia residencial, fincas de recreo, en los alrededores se aprecia un poco de ganadería de leche y cerca un cultivo de flores bajo invernadero, en la zona se encuentran grandes industrias por ende existe alta demanda de mano de obra.

2.3.2.3 Descripción de la parcela. Los parámetros establecidos son descritos a continuación.

Área de la parcela. Tiene un área de 0,0555 ha (Figura 2-8).

Figura 2-8. Parcela de estragón ruso bajo el modelo productivo convencional.



Antecedentes e historia. Anteriormente había sembrado un cultivo de tomillo y el estragón fue sembrado en el 2014. Son suelos en constante uso, antes de establecer especies condimentarías se sembraba hortalizas.

Pendiente. Varía entre 7%-15%

Clase de suelo. De textura franco arenosa (FA)

Tenencia de la propiedad (alquiler, propia). El predio donde se desarrolla la investigación es alquilado.

Alrededor/perímetro. En dirección sur a 99 m se observa una franja de árboles nativos y algunos eucaliptos y guaduas. En el oeste a 45 m eucaliptos, pinos, árboles nativos y pastos altos. Al norte un cultivo de menta, al sur ají, este tomillo y oeste Menta. Al oeste a 49 m se ubica un afluente que desemboca en otro ubicado al sur a 117 m de la parcela en estudio, de éste se toma el agua para riego. La casa está ubicada 30 m al noroeste, allí también se encuentra la bodega, oficina, instalaciones para bienestar de empleados. La entrada principal está ubicada a 46 m del cultivo y en los alrededores se aprecia fincas de recreo.

2.3.2.4 Descripción del modelo productivo convencional. Siguiendo los parámetros para la caracterización del modelo productivo, a través de entrevistas se detallan las labores por etapa de proceso de producción descritas por empleados. Se describen los procedimientos por labor monitoreada, en el anexo 2 están detallados los cálculos y mediciones de las diferentes labores y se presentan los registros para 6 ciclos de producción monitoreados durante 48,5 semanas (30 de enero de 2015 a 09 de enero de 2016) así:

El ciclo de producción número 1 tuvo una duración de 7,6 semanas entre el 30 enero al 24 de marzo de 2015.

El ciclo número 2 entre los días 24 de marzo al 01 de junio de 2015, fue de 10 semanas con 2,4 semanas más que el ciclo anterior, la producción fue desechada, se le atribuye a la baja en la demanda comercial del estragón para esta temporada del año.

La duración del ciclo productivo número 3 fue de 7,1 semanas, durante 01 de junio al 21 de julio de 2015.

El ciclo de producción número 4 con duración de 7,4 semanas del 21 de julio a 11 de septiembre de 2015.

Durante el 11 de septiembre al 06 de noviembre de 2015 se monitoreo el ciclo productivo número 5 que tuvo una duración de 7,9 semanas.

El ciclo de producción número 6 para el modelo convencional tuvo una duración de 8,1 semanas entre 06 de noviembre de 2015 y 09 de enero de 2016.

Descripción de las labores por etapa de proceso de producción mencionadas por empleados

En la tabla 2-9 siguiendo los parámetros definidos se presenta la información obtenida de entrevistas realizadas al personal de la empresa.

Tabla 2-9: Descripción labores de propagación, preparación del terreno y siembra para *A. dracunculoides* en el modelo de producción convencional.

Propagación	
Tipo de propagación	Asexual.
Obtención de la semilla	Se toman plantas completas de cultivos establecidos. Se sacan 13 a 15 esquejes con o sin raíz, alrededor de 10 0 12 cm de longitud para conformar la planta nueva (Figura 2-9).
Preparación de la semilla	A los esquejes no se les aplica ni se les realiza práctica alguna.
Preparación del terreno	
Labranza	Se pica el lote con azadón y la cama se traza con hilo, se arma el camino contiguo a esta y la tierra que sale se agrega a la cama. Las camas tienen un área promedio de 25,43 m ² así, longitud de 21,19 m y ancho de 1,20 m. Los caminos entre camas poseen ancho de 40 cm. La longitud depende de las condiciones del lote a sembrar. Un empleado puede armar una cama en 70 min. Las camas no tienen soportes laterales y no cuentan con una altura específica, a medida que realizan labores en el cultivo van aumentando de altura variando entre los 20 y 30 cm.
Aplicación de enmiendas	Para preparar el suelo se aplica al voleo 6 kg de cal dolomita y 40 kg de gallinaza comercial, se pasa a nivelar. Esta labor toma 30 min/persona por cama No se realiza desinfección al suelo
Siembra	
Siembra	Las condiciones para siembra están dadas por la demanda comercial del producto. No utilizan plantillas, el trazado es realizado a cálculo. A medida que se siembra se hacen los hoyos con un trozo de madera profundidad de 10 a 12 cm y ancho de 4 a 5 cm. La labor de sembrar toma 45 min/persona por cama y adquirir los esquejes depende de la distancia donde se encuentren, en promedio 120 min.

Tabla 2-9: (Continuación)

Siembra	
Densidad de siembra	Según empleados con distancias de 30x30, esto ocasiona que la medida no siempre sea exacta y en promedio en un 1,00 m lineal a lo largo de la cama se encuentran 4 plantas y a lo ancho de la cama 1,20 m se encuentran 4 plantas. Lo anterior sugiere que las plantas son sembradas en promedio a 30x25. Dando así una densidad de siembra de 13,33 plantas por m ²
Renovación del cultivo	Para los empleados no es claro cada cuanto se debe renovar el cultivo, mencionan que cada 2 o 4 años si hay poca producción. Pero si la macolla (planta) tiene un buen estado fitosanitario y nutricional se poda su circunferencia y se aporca, así puede producir hasta 5 años.
Fertilización	
Se aplica fertilizante comercial 20 días después de la siembra N17-P6-K18-Mg2 en proporción de 5 kg por cama. Según empleados esta actividad es relativa, se realiza dependiendo de la vigorosidad de las plantas. Un mes y medio luego de la siembra, abonan, nuevamente, N17-P6-K18-Mg2, aplicando 5 Kg/cama, esta aplicación depende de las condiciones del desarrollo del cultivo. Inmediatamente después de la primera cosecha, se abona con 5 kg N17-P6-K18-Mg2 y 15 kg de gallinaza comercial por cama y en adelante cada mes y medio se aplica N17-P6-K18-Mg2 en proporción de 5 kg/cama, esto hasta que se renueve el cultivo.	
Labores culturales	
Riego	Realizado con aspersor tipo pájaro, 2 horas en la mañana, 2 horas en la tarde o continuo. La frecuencia puede variar entre los 7 u 8 días, luego que el aspersor ha rotado por todos los cultivos de la empresa. No es clara la cantidad de agua requerida por el cultivo.
Deshierba	Se realiza en la cama de forma manual y con cuchillo. Se puede hacer cada 25 días.
Aporque, roza, podas	Información no socializada.
Manejo fitosanitario	
Monitoreo	No se obtuvo información suficiente.
Control plagas y enfermedades	10 días después de la siembra se aplica: insecticida Profenofos 30 cm ³ o insecticida- acaricida comercial a base de ajo-ají 30 cm ³ combinado con 20 cm ³ del fungicida Metalaxil- M por bomba de 20 L de agua. En una cantidad de 5 L por cama. Cada 8 días se puede fumigar dependiendo del monitoreo, las fumigaciones pueden estar basadas en los siguientes Ingredientes Activos (IA): 1) Metalaxil- M (Fungicida. 20 cm ³). 2) Benzimidazole (Fungicida. 20 cm ³). 3) Azoxystrobin (Fungicida. 20 cm ³). 4) Lufenuron (Insecticida. 10 cm ³). 5) Profenofos (Insecticida. 30 cm ³). 6) Lambda-cihalotrina (Insecticida. 15 cm ³). 7) Clorpirifos etil (Insecticida 30 cm ³). 8) mezcla de Avermectinas (Insecticida. 14 cm ³) y 9) Antes de cosecha se aplica un producto comercial a base de ajo- ají. (Insecticida. 30 cm ³). Las concentraciones anteriores fueron dadas por bomba de espalada de 20 L y aplicando 5 L por cama.

Tabla 2-9: (Continuación)

Manejo fitosanitario	
Control de arvenses	En los caminos se realizan con base en los siguientes herbicidas: tres productos cuyo IA es Glifosato usados en dosis de 100 a 120 cm ³ y 1 producto con IA Paraquat 100 cm ³ disueltos en 20 L de agua. Según mencionan estas aplicaciones se hacen cada 6 o 7 semanas. Luego de la cosecha aplicando 1 L por camino.
Corte/cosecha	
Procedimiento y especificaciones	Información no socializada

Figura 2-9: Extracción de esquejes de camas en producción en el modelo productivo convencional.



Esta información suministrada fue verificada en campo durante el proceso de monitoreo de los ciclos productivos que se describen a continuación.

Descripción de los procedimientos por labor monitoreada

En la tabla 2-10 se detalla la descripción de las actividades monitoreadas durante los 6 ciclos de producción anteriormente descritos para el modelo de producción convencional y los datos calculados y verificados para este modelo están resumidos en el anexo 2.

Tabla 2-10: Descripción de prácticas monitoreadas ciclo a ciclo, en el modelo de producción convencional.

Práctica	Descripción
Fertilización	Aplicación de gallinaza comercial más N17-P6-K18-Mg2. Se aplica de forma manual (Figura 2-10) la cantidad utilizada por cama es de 16,58 kg con proporciones de 14,21 kg y 2,37 kg de gallinaza y N17-P6-K18-Mg2 respectivamente. Abonar una cama requiere de 20,27 min en promedio por persona. No se utilizan elementos de protección personal para su aplicación No existen estudios sobre demanda nutricional del cultivo
	Aplicación gallinaza comercial más N15-P15-15K. Se aplica 16,41 kg por cama. En proporciones de 12,31kg de gallinaza y 4,10 kg de N15-P15-15K. Es una labor manual y conlleva un tiempo de preparación y aplicación por cama persona de 19,81 min. No se utilizan elementos de protección personal para su aplicación No existen estudios sobre demanda nutricional del cultivo
Labores culturales	Deshierba. Manual con chuchillo, se hace solo en las camas, eliminado arvenses que son arrojadas a los caminos y dejadas allí. El tiempo en ejecutar esta labor por cama es de 17,90 min/hombre. No se utilizan elementos de protección personal para ejecutar la labor
	Riego. Aspersión tipo pájaro, rotado por todo el predio y en llegar a cada parcela puede tomar entre 7 u 8 días, se aplica durante 4 horas, 2 horas en la mañana, 2 horas en la tarde o corrido. El agua es bombeada por una hidrobomba eléctrica, un operario en disponer los equipos para poner el riego puede demorar 0,68 minutos por una cama. No cuentan con información sobre la demanda hídrica del cultivo.
	Aporque. No se evidenció
	Rozada. Se realiza manual con chuchillo, las plantas son cortadas desde su base y arrojadas a los caminos (Figura 2-11). Rozar una cama puede tomar 26,67 min/hombre. No se utilizan elementos de protección personal para ejecutar la labor
	Podas. No se evidenció
Manejo fitosanitario	Monitoreo. Durante el tiempo que se visitó este predio de la empresa convencional no se evidencio la visita de un profesional que realizara el monitoreo de plagas y enfermedades. Se constató que la persona encargada de las labores de campo pasaba por las parcelas observando presencia de algún tipo de plaga, esta persona realizaba el diagnóstico de qué tipo de blanco biológico afectaba el cultivo y con que se debía controlar. El tiempo de recorrido promedio por cama fue de 3 min
Manejo fitosanitario	Aplicación de Glifosato. Para control de arvenses en los caminos, se prepara 120 cm ³ por bomba de espalda de 20 L de agua. A una cama se le agrega en promedio 1,66 L y la concentración en promedio es del IA es 9,96 cm ³ . El tiempo de preparación y aplicación es de 1,20 minutos/hombre por cama. El empleado utiliza elementos de protección personal para su aplicación.

Tabla 2-10: (Continuación)

Práctica	Descripción
<p>Manejo fitosanitario</p>	<p>Aplicación de Profenofos + Benomil. En 200 L de agua se agregó del insecticida Profenofos 200 ml y del fungicida Benomil 100 g. De esta solución se aplicó con estacionaria 5 L por cama, quedando en promedio una concentración de 5 ml y 2,50 g del insecticida y el fungicida respectivamente. El tiempo de preparación y aplicación por cama es en promedio 2,31 min/hombre. El empleado utiliza elementos de protección personal para su aplicación.</p>
	<p>Aplicación de Metaldehído. Este molusquicida se utiliza para el control de babosas, a una cama se le aplica 277,78 g y el tiempo de aplicación es de 8,33 min/hombre. No utilizan elementos de protección personal para la aplicación.</p>
<p>Corte- Cosecha</p>	<p>Esta actividad es realizada con cuchillo, la planta es cortada desde la base y el producto es puesto en canastas hasta completar en promedio 5 kg por canasta, luego es llevado a un cuarto sin refrigeración donde es pesado, para posteriormente ser distribuido en canasta a la sala de la empresa o a otras comercializadoras. La labor de cosechar o cortar 1 m² en promedio toma de 1,98 min/persona, en cosechar una cama una persona demoraría 50,36 min. Llevar la producción de una cama a sala de recepción de producto en campo puede tomar 66,27 min. El transporte desde la finca a sala de poscosecha es contratado. Se realiza sin guantes, no hay adecuado lavado de manos y herramientas tanto para el corte como para las canastillas que soportar el producto.</p>

Figura 2-10: Procedimiento de fertilización con gallinaza y N17-P6-K18-Mg2 en el modelo productivo convencional.



Figura 2-11: Procedimiento de rozar con cuchillo para eliminación de material vegetal, en el modelo productivo convencional.



Las prácticas descritas por empleados como propagación, preparación del terreno y siembra fueron verificadas posteriormente durante el establecimiento del cultivo de estragón ruso en otra parcela. Las prácticas relacionadas durante la entrevista difieren de las monitoreadas, para control plagas, enfermedades y arvenses, donde se mencionan aplicaciones de fungicidas e insecticidas cada 8 días, según monitoreo y uso de herbicidas aproximadamente cada 6 semanas, durante el monitoreo ciclo a ciclo solo se observó aplicación de metaldehído (molusquicida) y herbicida en el ciclo número 2 y control de plagas en el ciclo número 3 con fungicida e insecticida, importante anotar que dicha aplicación se realizó el mismo día de corte o cosecha (Anexo 2).

En general durante la caracterización del proceso productivo de ambos modelos se detectó como puntos a destacar:

- Importante resaltar que se deben respetar los acuerdos laborales, tal es el caso para la empresa orgánica.
- Las instalaciones para bienestar de empleados deben estar en condiciones adecuadas para su uso.
- La fluctuación de los mercados tiene alta influencia en la demanda comercial del cultivo de estragón.

-
- El precio de venta por libra de estragón orgánico varia hasta en 1,5 dólares más con respecto a la libra de estragón producido bajo el modelo convencional.
 - Los gramos para libra comercial varían entre modelos, teniendo una diferencia de 20 gramos más en el modelo convencional.
 - Específicamente en el modelo convencional no se respetan las zonas de protección de los afluentes de agua, tampoco se observó prácticas para su conservación.
 - No se cuenta con un procedimiento adecuado de propagación que permita eliminar riesgos de diseminación de plagas y enfermedades y obedezcan a una adecuada nutrición de plantas para propagación.
 - Existe un inadecuado almacenamiento y uso de herramientas e insumos, a pesar de contar con instalaciones que podrían ser adecuadas, caso de las zonas para lavado de herramientas y preparación de insumos. También se detalla los espacios para adecuación de bodegas y salas, caso, zona para recepción de producto de campo donde en ambos predios no cuentan con cadena de frío.
 - Para ambos modelos de producción el uso de insumos tales como fertilizantes o plaguicidas depende de la disponibilidad de dicho insumo más a obedecer a estandarización de procesos y parámetros técnicos de fertilización, control de plagas y enfermedades. Existe muy poca información que permita optimizar ambas prácticas, no hay estudios sobre demanda nutricional del cultivo y las investigaciones sobre plagas y enfermedades y su control son reducidas.
 - En la empresa orgánica muchos de los insumos son obtenidos comercialmente. Se utiliza como fuente de fertilización Bocashi, es preparado sin criterios técnicos como, control sobre el tiempo, temperatura, humedad, luminosidad, intensidad solar, ingredientes, entre otros.
 - Se debe tener especial cuidado con los periodos de reingreso y carencia luego de la aplicación de insumos.
 - No hay estudios sobre la necesidad hídrica del cultivo, los métodos de riego en ambos modelos, no cuentan con parámetros técnicos.

- No se realiza un adecuado uso de elementos de protección personal, durante las labores que lo requieren

- Durante la cosecha, existe un alto riesgo de contaminación del material vegetal.

3. Evaluación de variables y análisis de indicadores

3.1 Metodología

Los indicadores agroambientales seleccionados para comparar los modelos productivos de estragón fueron: eficiencia, calidad de suelo, calidad de agua y calidad de material vegetal, se describen a continuación.

3.1.1 Indicadores de eficiencia

Se seleccionaron: rendimiento, vida útil del cultivo, número de plantas por libra, productividad energética (PE), punto de equilibrio económico (PEE) y relación costo beneficio (RCB), en la tabla 3-1 se describen sus parámetros de medición y la dimensión del medio ambiente a la que pertenecen.

Tabla 3-1: Descripción de indicadores, variables y dimensión ambiental.

Indicador	Variables	Dimensión Medio Ambiente
Rendimiento	Producción de estragón por m ²	Biótica -Económica
Plantas por libra	Número de plantas para obtener 1 lb bruta	Biótica -Económica
Vida útil del cultivo	Número de cosechas por año	Biótica- Económica
Productividad energética	Energía entrante (Mj), producción material vegetal kg	Biótica - Física Económica
Punto de equilibrio económico	Costos y gastos de producción por margen neto de ganancias o ingresos por libra	Económica
Relación costo beneficio		Económica

3.1.1.1 Indicador de rendimiento: Se calculó con los datos de seguimiento a 4 ciclos productivos en el modelo orgánico (Ciclos 1, 2, 4, 5) y para el modelo convencional (Ciclos 1, 3, 4, 5). En cada ciclo se seleccionaron tres camas fijas y tres puntos por cama equivalentes a 1 m² cada uno. El material vegetal de campo se pesó para obtener el rendimiento bruto, también fue pesado el desechado en campo al momento del corte y en la clasificación en sala de empaque; por último se pesó el producto final para obtener el rendimiento neto por metro cuadrado.

El análisis se realizó con estadística descriptiva y se compararon los resultados con pruebas de hipótesis no paramétricas implementándose el test de Mann-Whitney en R (versión 3.2.0). Para este test las pruebas de hipótesis implementadas son las siguientes:

Sean $F_X(x)$ (convencional) y $G_Y(x)$ (orgánica) funciones de distribución correspondientes a los modelos convencional y orgánico, entonces, las hipótesis son:

▪ **Hipótesis de 2 colas (Bilateral)**

$$H_0: F_X(x) = G_Y(x)$$

$$H_1: F_X(x) \neq G_Y(x), \quad \text{Para algún } x$$

▪ **Hipótesis de cola izquierda**

$$H_0: F_X(x) \geq G_Y(x)$$

$$H_1: F_X(x) < G_Y(x), \quad \text{Para algún } x$$

▪ **Hipótesis de cola derecha**

$$H_0: F_X(x) \leq G_Y(x)$$

$$H_1: F_X(x) > G_Y(x), \quad \text{Para algún } x$$

Para las hipótesis anteriores, se rechaza la hipótesis nula si el valor -p obtenido es menor a 0.05.

3.1.1.2 Indicador número de plantas por libra. Describe el número de plantas necesarias para obtener una libra comercial 460 g orgánico y 480 g convencional y libra de 500 g. Se obtuvo relacionando el número de plantas por metro cuadrado (modelo orgánico 25 plantas y convencional 13,33 plantas) y la producción bruta por metro cuadrado para cada modelo.

3.1.1.3 Indicador vida útil del cultivo. Corresponde al número de cosechas producidas por cada modelo durante un año. Se analizó mediante el seguimiento ciclo a ciclo del cultivo durante el proceso de caracterización y se proyectó el número de ciclos a un año. Con lo anterior, la información obtenida de literatura, revisión de cuadernos de campo y vivencias con los agricultores se obtuvo la información necesaria para el desarrollo del indicador.

3.1.1.4 Indicador productividad energética. Corresponde a la cantidad de energía necesaria para obtener una unidad de producto (Hetz, 1996). Se estableció como la relación entre la producción bruta (kg) y el ingreso total de energía (Mj).

Se analizaron datos de campo, información de literatura, entrevistas con los productores, durante el proceso de caracterización ciclo a ciclo en la fase producción, registrando, tiempo para realizar cada actividad, herramienta, equipos, consumo de energía, combustible, insumos y su cantidad, entre otras.

Se establecieron los ingresos de energía directa e indirecta, la primera utilizada en la producción y puede ser convertida directamente a unidades de energía (diesel, gasolina y electricidad) y la segunda energía usada en la producción de los insumos utilizados en el proceso, dichas entradas no pueden convertirse directamente a unidades de energía (maquinaria, fertilizantes y pesticidas) (Dalgaard, Halberg y Porter 2001), determinando su valor en unidades de energía, utilizando tablas de equivalencia ubicadas en literatura (Anexo 4).

Para el modelo orgánico, en el ciclo 1 se utilizó la media de las labores realizadas en los otros ciclos, en el ciclo 3 donde no hubo comercialización, se usó la media de rendimiento bruto de los cuatro ciclos monitoreados. En el convencional para el ciclo 6 se trabajó con la media de rendimiento bruto de los cuatro ciclos analizados, de igual manera para el ciclo 2, donde no se comercializó. Los datos fueron analizados por (m²) por ciclo y proyección anual.

3.1.1.5 Indicadores punto de equilibrio económico (PEE) y relación costo beneficio (RCB). Mediante seguimiento a los modelos durante la caracterización, notas de campo, revisión de literatura, uso de entrevistas, observación y vivencias con los agricultores en campo; se registraron ciclo a ciclo datos de precio y uso de insumos, mano de obra, uso

de herramientas, equipos, consumo de energía, combustible, alquiler, tenencia de la propiedad y precio de venta del producto final.

Para la elaboración de estos indicadores se contó con la asesoría del docente Carlos Alberto Chica Salgado del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, M.Sc. en Administración. Se definió como línea de costos y gastos, siembra (establecimiento del cultivo), producción y poscosecha (empaquetamiento), en esta última los parámetros para su valoración fueron obtenidos de Correa (2014) donde se calculan los costos poscosecha en el cultivo de aromáticas, estos fueron ajustados a las condiciones de cada modelo productivo evaluado y se describen el en anexo 1 y 2.

Se determinaron los costos y gastos de producción por m² y para libra de 500 g, libra comercial (460 g orgánico y 480 g convencional) y libra americana 453,592 g. (Anexos 7 y 8). Con el análisis de la información anterior se obtuvo PEE y RCB por libra comercial en cada modelo.

- **PEE:** definido como (ingresos/costos y gastos), donde la relación puede ser;

= 1, los costos y los gastos, igualan a los ingresos.

> 1, el valor de los ingresos, es mayor que los costos y gastos.

< 1, los costos y gastos superan, el valor de los ingresos.

- **RCB:** definida como la relación (ingresos/costos, gastos e inversión inicial) donde;

= 1, el valor de los ingresos cubren, los costos y los gastos e inversión inicial.

> 1, los ingresos superan, la inversión inicial, los costos y gastos.

< 1, la totalidad de los ingresos están por debajo, de la inversión inicial, los costos y los gastos.

Para el modelo orgánico en el ciclo 1 se trabajó con la media de las labores realizadas en los demás ciclos, y para el convencional en el ciclo 6, se trabajó con la media de rendimiento de los cuatros ciclos monitoreados para este indicador.

3.1.2 Indicador calidad de suelo.

Para este indicador se midieron variables químicas, físicas y microbiológicas como se detalla en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Descripción de variables y dimensión ambiental correspondientes.

Variable	Parámetro de medición	Dimensión Medio Ambiente
Fertilidad de suelo	Textura: Bouyoucos. pH: agua (1:1). MO: Walkley Black. P: Bray II. Ca, Mg, K: acetato de amonio 1M. Al: KCL 1M. CIC: suma de cationes de cambio. S: fosfato monocálcico 0.008M. Fe, Mn, Cu, Zn: Olsen –EDTA. B: agua caliente. NO₃: sulfato de aluminio 0.025M. NH₃: KCL 1M	Física – Biótica
Determinación de la infiltración	Determina cuán rápido el agua penetra en el suelo. (Metodología de la USDA)	Física – Biótica
Recuento de microorganismos por grupos funcionales	Microorganismos: proteolíticos, celulolíticos, solubilizadores de fósforo (PSM), bacterias fijadoras de nitrógeno (FBN) y hongos arbusculares se evaluó para infección micorrizal en raíz y esporas de hongos formadores de micorrizas en suelo.	Física – Biótica

▪ **Fertilidad de suelo, densidad real (Dr), estabilidad estructural y recuento microorganismos por grupos funcionales.** Para la evaluación de estas cuatro variables se seleccionaron ocho camas en cada modelo a cada una se le tomo tres puntos, extremos y centro, obteniendo una muestra compuesta de 1 kg de peso. Las muestras fueron tomadas a una profundidad de 20 cm, zona donde se da la mayor absorción de nutrientes y profundidad media que encontró las raíces de *A. dracunculoides*.

Dentro de la variable recuento de microorganismos por grupos funcionales, para el parámetro: hongos arbusculares (infección micorrizal), las raíces seleccionadas fueron finas, laterales y delgadas; aproximadamente 50 g por muestra compuesta.

▪ **Densidad aparente (Da).** El muestreo se hizo con el método del cilindro, seleccionado ocho camas y un punto por cama.

▪ **Determinación de la infiltración.** Se utilizó la metodología presentada por la USDA, (1999), consiste en enterrar un cilindro de seis pulgadas (15,24 cm) a una profundidad de tres pulgadas (7,62 cm) en el suelo, poniendo un plástico sobre este y agregando 1 pulgada (2,54 cm) de agua, retirando el plástico para contabilizar el tiempo en que demora el agua en infiltrar el suelo. El procedimiento se repite para garantizar que el suelo este cerca capacidad de campo. El muestreo se realizó en ocho camas y por cama tres puntos en centro y extremos.

▪ **Resistencia a la penetración.** Para esta variable se usó un penetrómetro manual marca Eijkelkamp con punta de 2 cm², se midieron ocho camas al azar por cama tres puntos extremos y centro y por punto pero no en el mismo hoyo se evaluó a profundidades de 20, 25 y 30 cm.

Para las variables fertilidad de suelo, Da, Dr y estabilidad estructural la toma de datos en campo y análisis de laboratorio se realizó siguiendo los protocolos del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín; recuento de microorganismos por grupos funcionales protocolo laboratorio de Biocontrol y Microbiología Ambiental (BIOMA) Universidad de Antioquía.

Se analizó la variable física determinación de la infiltración, los resultados de Da, Dr, estabilidad estructural y resistencia a la penetración se pueden observar en el anexo 9.

El análisis de resultados se realizó mediante estadística descriptiva, consulta de literatura y se recurrió a comunicación personal con el docente de la Universidad Nacional de Colombia Nelson Walter Osorio Vega, D.Sc. en Agronomía y Ciencias del Suelo

3.1.3 Indicador calidad de agua

Se evaluaron variables físico – químicas: pH, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, salinidad, conductividad eléctrica, siguiendo para la toma de la muestra, conservación y análisis los protocolos del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín y variables microbiológicas: coliformes fecales y coliformes totales, analizados en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (Tabla 3-3).

Tabla 3-3: Descripción de variables y dimensión ambiental correspondientes.

Variable	Parámetro de medición	Dimensión Medio Ambiente
Físico-química	pH: 4500-H B. Oxígeno disuelto: 4500-O C. Sólidos disueltos: 2540 C. Nitritos: 4500-NO ₂ B. Nitratos: 4500-NO ₃ D. Salinidad: 2520 B. Conductividad: 2510 B	Físico Biótico Económico
Microbiológica	Coliformes fecales y Coliformes totales: método cromogénico con el equipo Quanti- Tray /2000 a 35+/-2 °C durante 24 horas	

El muestreo se realizó en siete camas, un lisímetro (Figura 3-1) por cama, enterrados, dejando por encima 30 cm de suelo o por debajo de la longitud máxima a la que se encontró la raíz del estragón y una octava muestra tomada directamente de la manguera de riego. El día en tomar la muestra se regó cada cama, dejando infiltrar el agua y posteriormente se tomó con una bomba manual.

Figura 3-1: Lisímetro artesanal para recolectar muestras de agua.



Para el parámetro de oxígeno disuelto se tomaron 300 mililitros (ml) de agua, coliformes fecales y totales 500 ml y 700 ml para los demás parámetros.

El análisis de resultados se realizó con estadística descriptiva, se recurrió a parámetros establecidos para calidad de agua y se acudió a comunicación personal con la docente Ph.D. en Ingeniería Química Alba Nelly Ardila Arias del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

3.1.4 Indicador calidad de material vegetal

Para este indicador se midieron las siguientes variables (Tabla 3-4).

Tabla 3-4: Descripción de variables y dimensión ambiental correspondientes.

Variable	Parámetro de medición	Dimensión Medio Ambiente
Inocuidad de producto	<p>Recuento de mesófilos 100000: INVIMA Ed 1998 trazable a AOAC Official Methods 988.18 edition 17</p> <p>Número más probable de coliformes 93-150: INVIMA Ed 1998 trazable a AOAC Official Methods 966.24 edition 17</p> <p>Número más probable de coliformes fecales menor de 3: INVIMA Ed 1998 trazable a AOAC Official Methods 966.24 edition 17</p> <p>Recuento Staphylococcus coagulasa (+) menor de 100: INVIMA Ed 1998 trazable a AOAC Official Methods 975.55 edition 15</p> <p>Recuento de mohos y levaduras 2000: INVIMA Ed 1998 trazable a AOAC Official Methods 17.2.02 edition 17</p>	Físico - Biótico Económico
Calidad de producto: análisis foliar.	<p>N: Kjeldhal. S: Turbidimetría (BaCl₂ bacto gelatina). P: colorimétrico (complejo fosfo-monolibdico). Ca, Mg, K, Fe, Cu, Mn, Zn: absorción atómica. B: colorimétrico (Azometin H); descomposición de la muestra vía seca 500 °C; mineralización con HCL 1:1 (-6N)</p>	Físico – Biótico

▪ **Inocuidad de producto.** Según Herrera (2007) y Meneses (2013), para el manejo de hierbas aromáticas frescas se puede tomar como referencia las exigencias y procedimientos para el manejo de especias y plantas aromáticas desecadas. En la normatividad colombiana consultada se encuentra el documento 3414 del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) donde delega al Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) como autoridad encargada de establecer y regular estos parámetros.

Los autores, el laboratorio de microbiología del INVIMA y laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Colombia, especifican que, a especias aromáticas se les realizan los siguientes análisis: recuento de mesófilos, número más probable de coliformes, número más probable de coliformes fecales, recuento de *Staphylococcus coagulasa* (+) y recuento de mohos y levaduras.

En la Resolución 4241 de 1991 del Ministerio de Salud Pública de Colombia “Por la cual se definen las características de las especias o condimentos vegetales y se dictan normas sanitarias y de calidad de estos productos y de sus mezclas” se define un rango entre 4 y 40 para el número más probable de coliformes fecales y entre 3000 a 5000 unidades formadoras de colonias para mohos y levaduras.

Se midieron los parámetros microbiológicos y rangos máximos establecidos por el INVIMA, la toma de muestras y el análisis de laboratorio se realizaron siguiendo los protocolos del laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Las muestras fueron tomadas de ocho camas listas a cosechar, se obtuvo una muestra compuesta centro y extremos por cama con un promedio de 200 g, posteriormente cada muestra fue empacada en bolsas plásticas utilizadas en las empresas para la venta del producto y conservadas en refrigeración hasta ser llevadas al laboratorio para su análisis.

El análisis de los resultados se realizó mediante estadística descriptiva, tomando como referencia los parámetros exigidos por la autoridad.

- **Calidad de producto.** Para el desarrollo de esta variable se realizó análisis químico de tejido foliar. Siguiendo los protocolos del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín y para su obtención, se siguió el mismo protocolo que para la variable anterior.

Los resultados fueron analizados con estadística descriptiva y se recurrió a comunicación personal con el docente Nelson Walter Osorio Vega y revisión de literatura.

3.2 Resultados

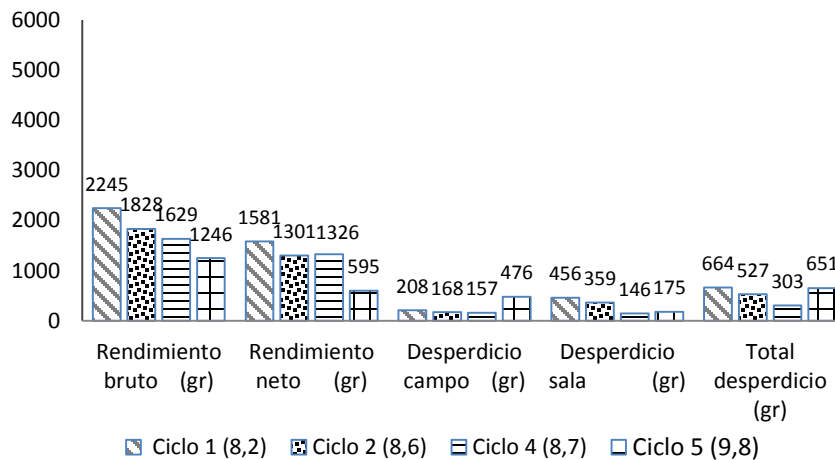
3.2.1 Indicadores de eficiencia

A continuación se presentan los resultados para los indicadores de rendimiento, número de plantas por libra, vida útil del cultivo, productividad energética, punto de equilibrio económico y relación costo beneficio

3.2.1.1 Indicador de rendimiento. Para Colombia un promedio de rendimiento en cultivos establecidos se encuentra entre 550 y 650 g/m² (Forero, 2002), para el país 800 g/m² por corte de estragón ruso, en el Oriente antioqueño las producciones por cama de 36 m² son 120 lb (1,666 g/m²) (Correa, 2014). En una caracterización realizada por el programa, donde se enmarca esta investigación en fincas productoras de estragón en Oriente Antioqueño se registraron rendimientos de 1200 g netos por m².

Para el modelo orgánico en la figura 3-2 se presentan los ciclos productivos monitoreados 1, 2, 4 y 5 que corresponden la media del rendimiento bruto y neto, desperdicio en campo, sala de empaque y desperdicio total. Se observa que tanto el rendimiento bruto como neto de los 4 ciclos analizados tuvieron una tendencia a la baja, a pesar de que el número de semanas para el corte fue aumentando.

Figura 3-2: Media de rendimientos y desperdicios de *A. dracunculoides* g/m² por ciclo en el modelo orgánico.



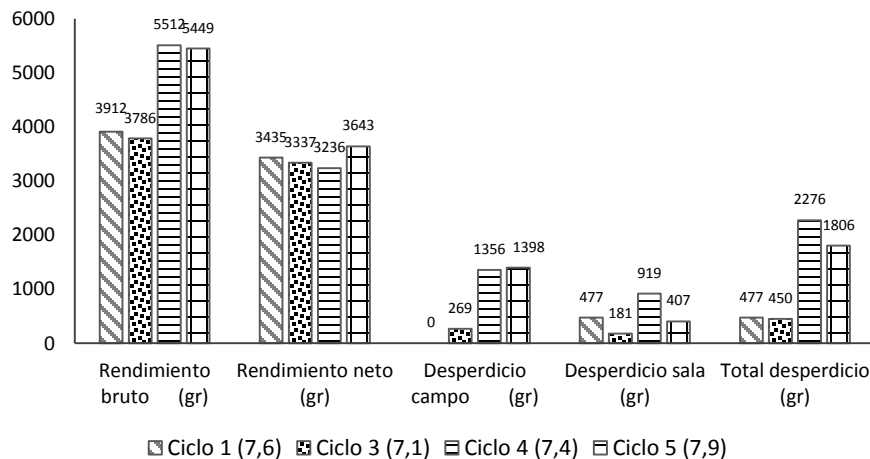
En la tabla 3-5 se calculó la desviación estándar y coeficiente de variación en estos mismos parámetros y se relacionan las variaciones de libra de 500 g y 460 g que se utiliza en el modelo orgánico y no así en el modelo convencional.

Tabla 3-5: Media total de rendimientos y desperdicios de *A. dracunculoides* por m² en gramos y libra de 500 gr y 460 g en el modelo orgánico

	Media rendimiento		Media desperdicios		
	Bruto (g)	Neto (g)	Campo (g)	Sala de empaque (g)	Total (g)
\bar{x} total de ciclos (g)	1737	1201	252	284	536
DE	416	423	151	149	167
Cv	24%	32%	80%	56%	28%
\bar{x} total de ciclos (libra 500 g)	3,47	2,40	0,50	0,57	1,07
\bar{x} total de ciclos (libra 460 g)	3,78	2,61	0,55	0,62	1,17

En la figura 3-3 se observa la media de rendimientos y desperdicios por ciclo productivo monitoreado en el modelo convencional. La media de rendimiento bruto de los ciclos 4 y 5 fue superior si se compara con los ciclos 1 y 3, mientras el rendimiento neto tuvo una tendencia estable. En el ciclo 1 no hubo desperdicio en campo

Figura 3-3: Media de rendimientos y desperdicios de *A. dracunculoides* g/m² por ciclo en el modelo convencional.



En la tabla 3-6 se calculó la desviación estándar y coeficiente de variación en estos mismo parámetros y se relacionan las variaciones de libra de 500 g y 480 g que se utiliza en el modelo convencional

Tabla 3-6: Media total de rendimientos y desperdicios de *A. dracunculoides* por m² en gramos y libra de 500 g y 480 g en el modelo convencional.

	Media rendimiento		Media desperdicios		
	Bruto (g)	Neto (g)	Campo (g)	Sala de empaque (g)	Total (g)
̄ total de ciclos (g)	4665	3413	756	496	1252
DE	944	174	726	309	931
Cv	20%	5%	89%	70%	82%
̄ total de ciclos (libra 500 g)	9,33	6,83	1,51	0,99	2,50
̄ total de ciclos (libra 480 g)	9,72	7,11	1,57	1,03	2,61

Comparando proporcionalmente el rendimiento neto y los desperdicios con respecto al rendimiento bruto de cada modelo, el rendimiento neto es mayor en el modelo convencional con 73,16% y 69,13% en el orgánico, el desperdicio en campo es mayor en el modelo convencional 16,20% y 14,52% modelo orgánico, el desperdicio en sala de empaque es mayor en el orgánico 16,34% y 10,64% modelo convencional, en cuanto al desperdicio total, es mayor en el orgánico 30,87% y 26,84% convencional (Tabla 3-7).

Tabla 3-7: Comparación proporcional entre modelos con respecto a la media de rendimiento bruto de *A. dracunculoides* por g/m²

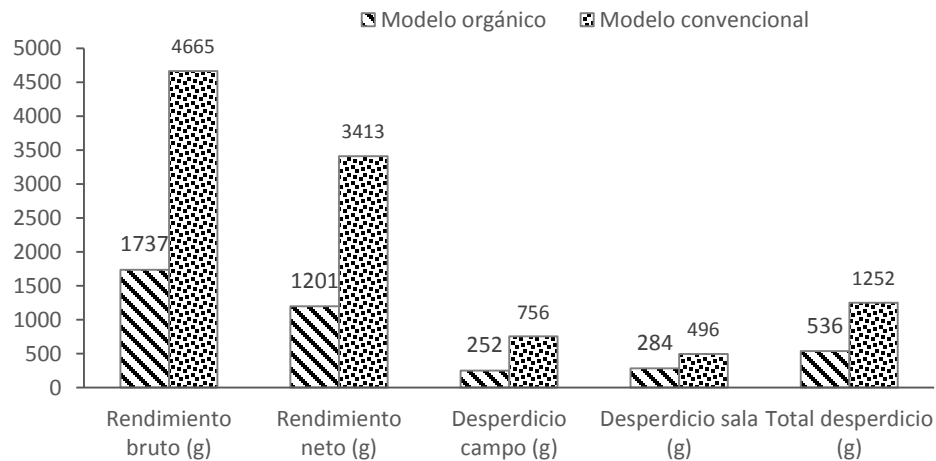
Rendimiento/desperdicios	Orgánico	Convencional
Rendimiento bruto	1737 g	4665 g
Rendimiento neto	69,13%	73,16%
Desperdicio campo	14,52%	16,20%
Desperdicio sala de empaque	16,34%	10,64%
Total desperdicio	30,87%	26,84%

Estadísticamente los rendimientos bruto y neto, desperdicios en sala de empaque y desperdicio total, son significativamente mayores en el modelo convencional comparado con el orgánico; el desperdicio en campo no mostró diferencias significativas para ambos modelos pero la prueba estadística indicó que el valor $-p$ tiende a ser mayor en el modelo convencional (Anexo 3).

Tomando como referencia el promedio de la producción neta (1200 g/m^2), calculado en empresas de productores exitosos en el Oriente Antioqueño, caracterizados en el convenio que enmarca este estudio, el rendimiento neto es igual en el modelo orgánico y 3 veces mayor en el modelo convencional.

Según Correa (2014) el rendimiento neto para esta misma subregión del departamento de Antioquia, es de $1,666 \text{ g/m}^2$. El rendimiento neto del modelo orgánico utilizando este promedio es 1,4 veces menor y 2,0 veces mayor para el convencional (Figura 3-4).

Figura 3-4: Comparación de la media total de rendimientos y desperdicios de *A. dracunculoides* g/m^2 en el modelo orgánico y convencional.



Según Cirilo en (2005) el rendimiento está en función de parámetros agronómicos de manejo del cultivo como: densidad de siembra, distribución en el terreno, riego, fertilización, época de cosecha y de otros factores como la fenología de la planta, clima y suelo.

Posibles factores que afectan el rendimiento del cultivo de estragón ruso, detectados durante el monitoreo de los ciclos productivos:

- En el modelo de producción orgánico no se han estandarizado y caracterizado los procesos de fertilización, los insumos utilizados en la producción orgánica son generalmente de bajo contenido de nutrientes comparados con los de síntesis química, esto posiblemente puede reflejarse en el bajo rendimiento tal como lo mencionó Bruulsema, (2002).
- El clima, uno factor con alta relevancia, las lluvias contribuyen a la saturación de agua en el suelo, se observó en época de invierno muerte de plantas, esto posiblemente se le pueda atribuir a este fenómeno y en épocas secas, se crean condiciones propicias para la propagación organismos plaga, tal como se observó en el modelo orgánico donde un insecto chupador afecta gravemente el cultivo (Figura 3-5). En el cultivo convencional el daño por presencia de organismos plagas no es significativo, esto se le puede atribuir al control químico que se realiza en otros cultivos de alrededor que demandan más control, caso de la menta donde las fumigaciones son más frecuentes.

Figura 3-5: Planta de *A. dracunculoides* afectada por un chinche chupador del orden Hemiptera



Fuente: archivo convenio, 2016

-
- Labores de manejo agronómico como riego, fertilización, control de plagas y arvenses son realizadas con escasa supervisión, insuficientes criterios técnicos, poca capacitación; la ejecución de las prácticas y el uso de los insumos depende de la disponibilidad que se tenga de ellos, no de la necesidad del cultivo.
 - La falta de información técnica que permita determinar la demanda hídrica del cultivo, impide un adecuado uso del recurso hídrico, así se observó el en modelo convencional donde se aplica riego durante 4 horas continuas provocando encharcamientos; suelos extremadamente húmedos, pueden generar compactación y baja cantidad de oxígeno y suelos muy secos no permiten un desarrollo adecuado de las raíces de la planta (USDA, 1999 y Correa, 2014), en el modelo orgánico por las condiciones técnicas del sistema de riego posiblemente la cantidad de agua suministrada no sea la suficiente
 - A la fecha no se reportan productos de síntesis química específicos para la producción de estragón o hierbas condimentarias en general, lo que hace más complicado el control de plagas en los cultivos; por el contrario muchas formulaciones biológicas son específicas para blancos biológicos, pero la falta de información y conocimiento taxonómico que permita su identificación conlleva al uso inadecuado tanto de productos químicos como biológicos.
 - La densidad de siembra tiene efectos sobre el rendimiento, asociada a la infestación de organismos plaga y enfermedades, las plantas no poseen espacio suficiente para desarrollar sus raíces y área foliar, generando competencia por nutrientes. Estos factores asociados a la densidad de siembra pueden ser posibles causas del rendimiento en el modelo orgánico, donde la densidad de siembra es de 20 x 20. Correa (2014) menciona que alta densidad reduce la aireación y la penetración de la luz, limitando la producción de follaje, bajando la calidad del corte por competencia, originando tallos débiles, hojas de menor tamaño y reducción de peso.
 - El número de semanas para el corte dependen de la demanda comercial y no de la fenología de la planta.
 - La floración se observó en campo entre la semana 7,5 y 8 (Figura 3-6) según Correa (2014), esto puede generar desperdicios de hasta un 6%.

▪ El rendimiento está relacionado con la habilidad que tenga el personal que haga el corte, originando desperdicios. Es necesario contar con personal capacitado, que conozca los requerimientos del mercado y las especificaciones de corte para la planta; se observaron en campo cortes muy bajos que no permitieron los rebrotes o cortes muy altos que llevaron a desperdicios de producto, esto origina plantas desuniformes que dificultan el manejo del cultivo.

Figura 3-6: Detalle de desperdicio por iniciación de floración en *A. dracunculoides* observadas en campo entre la semana 7,5 y 8 semana.



▪ El proceso de maquillaje se inicia en el campo, los operarios cortan la planta sin cumplir con especificaciones técnicas o de mercado, eliminando en ocasiones producto en buen estado para la comercialización y disminuyendo el rendimiento.

▪ En el corte se omite la desinfección de las herramientas aumentando la diseminación de organismos plaga. Se requiere optimizar el estado de las herramientas para facilitar esta labor sin afectar el rendimiento.

▪ Durante el procedimiento de transporte del producto fresco de campo a sala de empaque se genera pérdida por caída hojas y ramas.

▪ Las exigencias del mercado en cuanto a longitud de ramas, estado fisiológico por tallos largos, presencia de flores y fitosanitario por daño en hojas, son causantes de desperdicio.

▪ La sala de empaque en ocasiones presenta condiciones desfavorables para los requerimientos del estragón cortado en fresco. Según Correa (2014), condiciones

inadecuadas en sala de empaque generan deshidratación, humedad excesiva, marchitamiento, entre otros, ocasionando pérdidas del 10% (Figura 3-7).

Figura 3-7: Detalle de estragón ruso cortado en fresco para proceso de maquillaje en sala de empaque



3.2.1.2 Indicador número de plantas por libra. El número de plantas requeridas para producir una libra bruta de 500 g y libra bruta comercial en cada modelo de producción se detallan en la tabla 3-8.

Tabla 3-8: Número de plantas necesarias para la obtención de una libra 500 g y libra comercial en cada modelo productivo

Modelo	No. plantas /m ²	No. plantas para producir 1/lb	
		Bruta (500 g)	Bruta comercial
Orgánico	25	7,20	6,62 (460 g)
Convencional	13,33	1,43	1,37 (480 g)

La distancia de siembra es de 20 x 20 con una densidad de siembra de 25 plantas por m² en el modelo orgánico y 30 x 25 con una densidad de 13,33 plantas por m² en el modelo convencional.

Para producir una libra bruta de 500 g se necesitan 7,2 plantas en el modelo orgánico y 1,43 en el modelo convencional

La densidad de siembra del modelo orgánico es 53,32% mayor, pero requiere para la obtención de una libra de 500 g de 5,77 plantas más.

3.2.1.3 Indicador vida útil del cultivo (Cosechas anuales). En conversaciones con empleados de campo y dueños de las empresas, comentan que en promedio el cultivo puede producir entre 6 u 7 cortes en un año. Correa (2014) menciona para el país entre 7 u 8 cortes anuales y en Oriente Antioqueño hasta 8 cortes en el primer año y 10 o 12 cortes a partir del segundo año. Forero (2002) registra 7 cortes anuales.

En la tabla 3-9 se relaciona la media de duración de un ciclo para cada modelo y proyecciones anuales calculado con y sin el tiempo muerto (sin cosecha porque no hay demanda de mercado).

Tabla 3-9: Duración ciclos productivos y proyecciones para el número de ciclos anuales en el cultivo de *A. dracunculoides* en ambos modelos

No. Ciclos productivos	Promedio duración ciclos semanas	
	Modelo orgánico	Modelo convencional
Ciclo 1	8,2	7,6
Ciclo 2	8,6	10
Ciclo 3	17,5	7,1
Ciclo 4	8,7	7,4
Ciclo 5	9,8	7,9
Ciclo 6	-	8,5
Media	8,8 (*)	7,7 (*)
DE	0,68	0,53
Cv	8%	7%
Proyección ciclos productivos anuales	3,9 (**)	5,4 (**)
Proyección potencial productivo del cultivo anual	5,9 (*)	6,7 (*)

(*) Omitiendo (ciclo 3 orgánico y ciclo 2 convencional). (**) Teniendo en cuenta (ciclo 3 orgánico y ciclo 2 convencional).

Durante el monitoreo de los ciclos productivos 52,8 y 48,5 semanas se evidencio un tiempo muerto o tiempo donde no hubo comercialización 17,5 y 10 semanas, respectivamente para el orgánico y convencional.

La duración de los ciclos productivos fueron 8,8 y 7,7 semanas en promedio, para el orgánico y convencional, respectivamente, con una diferencia de 1,1 semanas más en el modelo orgánico.

La proyección del número de ciclos anuales indicó que el modelo orgánico tuvo 3,9 ciclos y 5,4 ciclos el convencional, con 1,5 ciclos más.

Si se hace una proyección de los ciclos productivos potenciales anuales omitiendo el tiempo muerto, el modelo productivo orgánico tendría un incremento de 2 ciclos y el convencional de 1,3 ciclos.

Los ciclos productivos anuales se ven afectados por la demanda comercial del producto y el manejo agronómico que se ejecuta en cada modelo y el efecto de factores climáticos y fitosanitarios. Ambos modelos están por debajo de los parámetros de referencia dados por Forero (2012) y Correa (2014)

3.2.1.4 Indicador productividad energética (PE). En consultas realizadas no se conoce anteriores investigaciones realizadas sobre *A. dracunculoides* y otras especies condimentarias donde se desarrolle este indicador.

En la tabla 3-10, modelo de producción orgánico, y tabla 3-11, modelo de producción convencional, se detallan los resultados. Mj (megajulios), IEd (ingreso de energía directa) y IEi (ingreso de energía indirecta).

En el modelo de producción orgánico la proyección anual muestra que por cada 100 Mj de energía que ingrese al sistema se producen 22 kg de material vegetal.

Tabla 3-10: Indicador de productividad energética (PE) en el modelo de producción orgánico.

Mj/ m ²	Ciclos productivos					Proyección anual
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	
Total IEd	7,49	6,26	9,49	7,38	6,81	34,64
Total IEi	1,17	1,56	1,86	0,62	0,66	5,43
Indicador						
PE kg/100Mj	20	29	11	23	22	22

Para el modelo de producción convencional la proyección anual de la productividad energética (PE) fue 122 kg de material vegetal por cada 100 megajulios (Mj) de energía que ingrese al sistema.

Tabla 3-11: Indicador de productividad energética (PE) en el modelo de producción convencional.

Mj/ m ²	Ciclos productivos						
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Proy. Anual
Total IEd	2,28	1,55	2,33	1,51	1,51	3,11	13,16
Total IEi	1,48	2,73	0,20	2,28	0,13	2,26	9,74
Indicador							
PE Kg/100Mj	104	109	150	145	332	87	122

Comparando las proyecciones anuales de PE 22 kg orgánico y 122 kg convencional este último produce más cantidad de material vegetal (100 kg) que el orgánico por el mismo ingreso de energía 100 Mj.

Para producir 1 kg de material vegetal el modelo orgánico necesita de 4,54 Mj de energía, mientras que el modelo convencional 0,81 Mj de energía, diferencia de 3,73 Mj de energía por 1 kg de material vegetal.

Citando a Funes (2009) se puede concluir que el modelo convencional utiliza con mayor eficiencia la energía cultural, siendo más eficaz en la conversión de energía ecológica para la producción de material vegetal. Los ingresos de energía cultural (IEd y IEi) para los dos modelos se detallan en los anexos 5 y 6.

El manejo del cultivo es determinante en el resultado de este indicador, la demanda de mano de obra, el uso de herramientas que dependan para su funcionamiento de combustible o energía y la eficiencia en el consumo de estos, la disponibilidad, cantidad de insumos y su origen; sin perder de vista la fluctuación de los mercados que, como se detectó tiene influencias marcadas.

3.2.1.5 Indicador punto de equilibrio económico (P.E.E) y relación costo beneficio (R.C.B). En la literatura consultada no se encontró análisis sobre *A. dracunculoides* de los indicadores acá propuestos. Correa (2014) enseña un análisis de costos de producción de estragón sin determinar especie, el mismo autor entrega los costos de poscosecha general para especies aromáticas. Aranda y Sánchez (2007) realizaron estudios de costos de

producción para *A. dracuncululus* en sistemas de economía campesina en el departamento de Cundinamarca, hallando una relación costo beneficio de 1,12.

Para determinar los indicadores P.E.E y R.C.B se realizó una estructura general de costos y gastos (variables y fijos) de las etapas del proceso productivo, definido acá como línea de costos y gastos, estas son: establecimiento del cultivo, producción y empaquetamiento, analizados por m² y posteriormente por libra de 500 g, libra americana y libra comercial para cada modelo (Anexos 7 y 8).

El PEE y RCB se relacionan con los ciclos productivos en cada modelo, el análisis se realizó de acuerdo a la fluctuación del precio del dólar (UDS), con un precio de venta por libra de estragón de USD 3,5 y USD 2,5 orgánico y convencional respectivamente y los datos de costos y gastos de producción por libra comercial orgánico 460 g y convencional 480 g.

Se estimó la proyección de ciclos productivos a un año de estos dos indicadores, incluyendo el tiempo muerto. En la tabla 3-12 se describen ciclos, precio de venta en pesos colombianos y en dólares, P.E.E y R.C.B, para el modelo orgánico.

Tabla 3-12: P.E.E y R.C.B por libra comercial por ciclo y proyección a un año en el modelo orgánico.

Ciclos semanas	Precio de venta pesos colombianos	Precio de venta 3,5 USD	P.E.E	R.C.B
Ciclo 1 (8,2)	\$2.463,45	\$8.622,08	3,59	1,00
Ciclo 2 (8,6)	\$2.533,01	\$8.865,54	3,83	1,04
Ciclo 3 (17,5)	-	-	0,0002	0,0001
Ciclo 4 (8,7)	\$2.981,86	\$10.436,51	3,56	1,14
Ciclo 5 (13,2)	\$3.103,66	\$10.862,81	3,73	1,21
Proyección P.E.E y R.C.B año			0,83	0,24

Para estos indicadores se analizaron cinco ciclos productivos que tuvieron una duración de 12,96 meses. El P.E.E y la R.C.B fueron mayores a 1, en cuatro de los cinco ciclos productivos analizados, por lo tanto generaron un margen de ganancia. Por el contrario el

ciclo 3 de 17,5 semanas generó pérdidas económicas que se reflejaron en el P.E.E y R.C.B de 0,0002 y 0,0001 respectivamente.

Al realizar la proyección anual de los ciclos productivos el modelo orgánico generó pérdidas económicas con P.E.E y R.C.B menores a 1.

Este mismo análisis se detalla en la tabla 3-13 para el modelo convencional.

Tabla 3-13: P.E.E y R.C.B por libra comercial, por ciclo y proyección a un año en el modelo convencional.

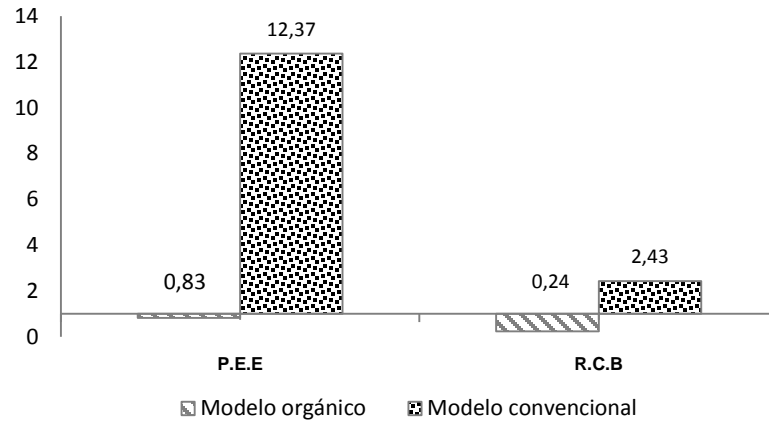
Ciclos semanas	Precio de venta pesos colombianos	Precio de venta 2,5 USD	P.E.E	R.C.B
Ciclo 1 (7,6)	\$2.524,64	\$6.311,60	6,39	1,51
Ciclo 2 (10)	-	-	0,0012	0,0003
Ciclo 3 (7,1)	\$2.637,44	\$6.593,60	6,79	1,59
Ciclo 4 (7,4)	\$2.995,19	\$7.487,98	10,48	1,92
Ciclo 5 (7,9)	\$2.981,85	\$7.454,63	11,07	1,94
Ciclo 6 (8,5)	\$3.087,81	\$7.719,53	9,16	1,93
Proyección P.E.E y R.C.B año			12,37	2,43

Para el modelo convencional se analizaron seis ciclos con una duración de 11,19 meses. El P.E.E y la R.C.B fueron mayores a 1, en cinco de los seis ciclos productivos analizados, por lo tanto generaron un margen de ganancia. Por el contrario el ciclo 2 de 10 semanas generó pérdidas económicas reflejadas en P.E.E y R.C.B de 0,0012 y 0,0003 respectivamente.

El cálculo de la proyección anual para P.E.E fue de 12,37 y R.C.B de 2,43, mayores a 1 indicando así un margen de ganancia para el modelo convencional.

En la figura 3-8 se hace una comparación de la proyección anual de los indicadores entre los modelos, se observa en el modelo convencional que el P.E.E y la R.C.B son mayores a 1, indicando ganancias; comprado con el modelo orgánico, donde los indicadores son menores a 1, indicando pérdidas económicas.

Figura 3-8: Comparación de la proyección anual de P.E.E y R.C.B por libra comercial en los modelos convencional y orgánico.



La R.C.B en el modelo convencional fue superior a la registrada para estragón francés (1,12) por Aranda y Sánchez, (2007) por lo contrario en el modelo orgánico fue menor.

La fluctuación del dólar juega un papel importante en la variación de ambos indicadores, el establecimiento del cultivo, las practicas agronómicas, la mano de obra en muchas ocasiones sin capacitación, aumentado los costos de producción; la variación del precio de los insumos y herramientas, la tenencia de la tierra, los imprevistos como diseminación de plagas, clima y negocios comerciales fallidos; la caída de los mercados y una mala programación, inciden en el P.E.E y la R.C.B.

Las empresas de producción de plantas condimentarías con fines de exportación tienen un portafolio diversificado según las demandas de los clientes, este análisis económico aborda solo el modelo productivo de estragón y no así la rentabilidad general de las dos empresas evaluadas.

3.3 Indicador calidad de suelo

A continuación se describen los resultados para las variables, fertilidad de suelo, determinación de la infiltración y recuento de microorganismos por grupos funcionales (Anexo 9).

3.3.1 Variable fertilidad de suelo

Para el cultivo de estragón ruso no se han realizado estudios que establezcan necesidades nutricionales. Se recurre a revisión de literatura y opinión de expertos para establecer valores de referencia.

Osorio (2014) categorizó los índices de disponibilidad de nutrientes, la categoría “Muy alta” se interpreta como nivel que puede ocasionar desbalance nutricional, toxicidad o contaminación ambiental. Por debajo de los rangos definidos como adecuados indica deficiencia del nutriente (Tabla 3-14). Para el análisis de resultados se recurrió a este mismo autor.

Tabla 3-14: Elementos y rangos adecuados para interpretación de análisis de fertilidad de suelo.

Elemento	Rangos adecuados	Muy alta	Unidades
CICE	5,0-10,0 suelos arenosos	-	-
Al	≤0,5*	>2	cmolc kg ⁻¹
Ca	3,0-6,0	>9	
Mg	1,5-2,5	>3	
K	0,2-0,4*	>0,5	
P	15,0-30,0	>45	mg kg ⁻¹
S	12,0-15,0*	>15	
Fe	25,0-50,0	>100	
Mn	5,0-10,0	>20	
Cu	3,0-5,0*	>5	
Zn	3,0-5,0*	>10	
B	0,5-1,0	>1,5	
N-NO₃	20,0-40,0*	-	
N-NH₄	10,0-20,0*	-	

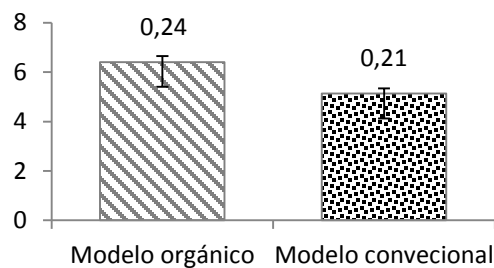
* Comunicación personal con el D.Sc Nelson Walter Osorio Vega

Ambos suelos de clase franco arenoso (FA), según Correa (2014) adecuado para el desarrollo del cultivo. El suelo del modelo orgánico con porcentaje de arena de 65,75, limo 29,50 y arcilla 4,75 y el suelo del modelo convencional con 67,25 de arena, 24,00 limo y 8,75 arcilla.

A continuación se analiza comparación de medias de: pH, porcentaje de materia orgánica (Mo), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y elementos nutricionales.

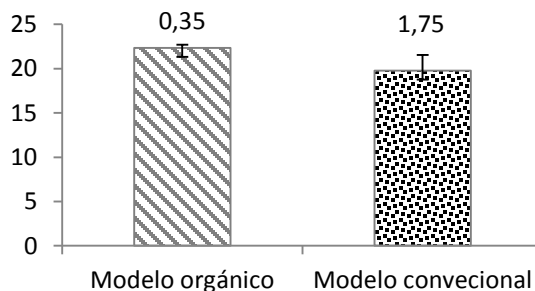
▪ **pH.** Correa, (2014) estableció un rango de pH para el cultivo de estragón de 5,7 -7,0. La media de pH en el modelo orgánico fue 6,41 y modelo convencional 5,13 este por fuera del parámetro, tendiendo a ser ácido (Figura 3-9).

Figura 3-9: Comparación de medias \pm DE para el parámetro pH.

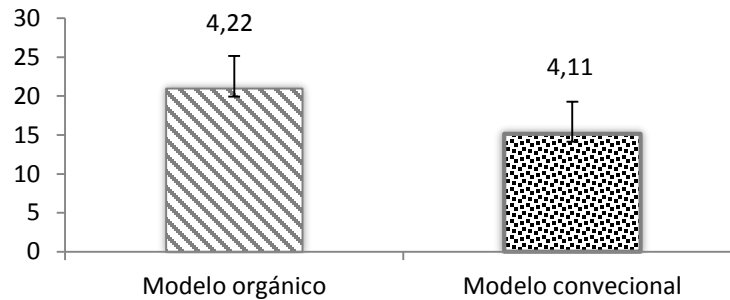


▪ **Materia orgánica.** Las medias para porcentaje de Mo fueron 22,34% orgánico y 19,78% convencional (Figura 3-10). Ambos con alto contenido, 232,33 ton/ha orgánico y 225,50 ton/ha convencional, diferencia de 6,83 ton/ha de Mo más en el modelo orgánico. Referenciado por Correa (2014) niveles iguales o mayores a 20% de Mo son adecuados para cultivos de especies aromáticas.

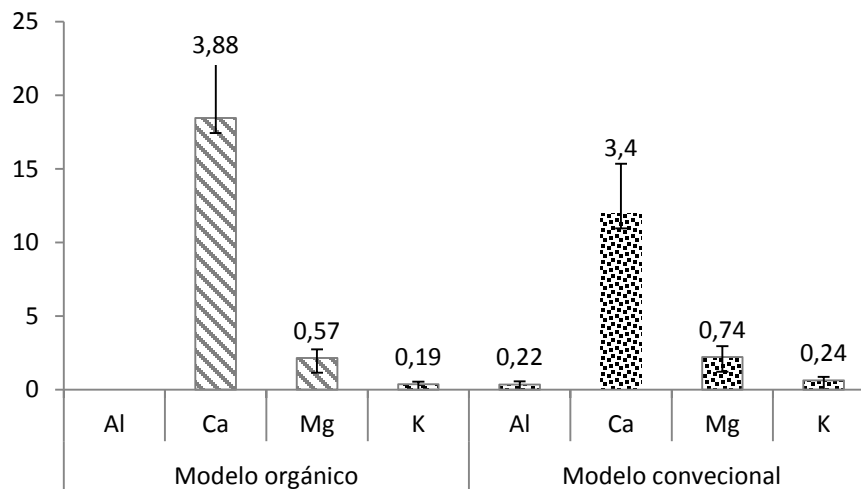
Figura 3-10: Comparación de medias \pm DE para el parámetro materia orgánica (Mo%).



▪ **Capacidad de intercambio catiónico.** A pesar de la textura de ambos suelos franco arenosos, con porcentajes altos de arena, la CIC fue alta, con valores de media 20,95 orgánico y 15,15 convencional (Figura 3-11), estos valores se le puede atribuir a los altos contenidos de Mo.

Figura 3-11: Comparación de medias \pm DE para el parámetro capacidad de intercambio catiónico (CICE)

- **Elementos nutricionales Al, Ca, Mg y K.** Los resultados para los dos modelos en el análisis de estos elementos están detallados en la figura 3-12.

Figura 3-12: Comparación de medias \pm DE para los parámetros Al, Ca, Mg y K en cmolc kg^{-1} 

En los dos modelos productivos las medias para Al y Mg estuvieron dentro de los rangos considerados adecuados ($\text{Al} \leq 0,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$) y ($\text{Mg} 1,5\text{-}2,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$): orgánico Al no se detectó y Mg $2,16 \text{ cmolc kg}^{-1}$. Convencional, Al $0,35 \text{ cmolc kg}^{-1}$ y Mg $2,21 \text{ cmolc kg}^{-1}$

El Ca se encontró en altas concentraciones con medias $18,44 \text{ cmolc kg}^{-1}$ orgánico y $11,95 \text{ cmolc kg}^{-1}$ convencional, estando por fuera del rango adecuado ($3,0\text{-}6,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) y siendo muy alto mayor (9 cmolc kg^{-1}), con saturación mayor al 60%. Esto puede generar

contaminación ambiental, lixiviándose a aguas subterráneas, más aun en suelos arenosos (Osorio, 2014).

Los niveles de K en el modelo orgánico se hallaron dentro del rango adecuado (0,2-0,4 cmolc kg⁻¹) con media 0,36 cmolc kg⁻¹. En el modelo convencional se encontró dentro de la categoría de muy alto (>0,5 cmolc kg⁻¹) con media 0,63 cmolc kg⁻¹ y porcentaje de saturación mayor a 3. Cuando la disponibilidad de este nutriente es alta, las plantas tienden a acumularlo en sus tejidos sin beneficio nutricional (Osorio, 2014)

▪ **Elementos nutricionales P, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, NO₃ y NH₄.** Los resultados para los dos modelos en el análisis de estos elementos están detallados en la figura 3-13.

El P para el modelo orgánico presentó una media de 13,63 mg kg⁻¹ concentración por debajo del rango adecuado (15,0-30,0 mg kg⁻¹). El P se encuentra muy alto en el modelo convencional 53,57 mg kg⁻¹ sobrepasando (45 mg kg⁻¹).

Osorio, (2014) afirmó que niveles excesivos de P puede formar compuestos insolubles con Cu, Zn, Fe y Mn reduciendo su absorción y captación por las raíces.

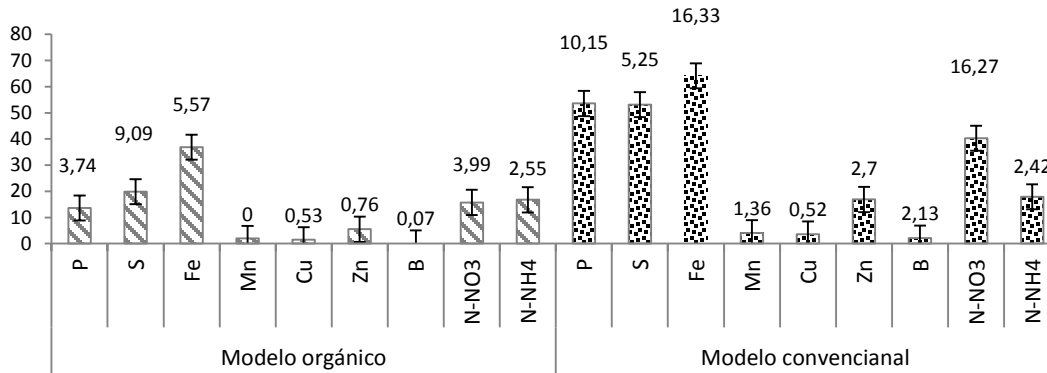
También comentó que, el exceso de P en el suelo puede pasar a través de infiltración y escorrentía a cuerpos de aguas, elevando la concentración de P soluble, promoviendo el crecimiento de plantas acuáticas, algas y cianobacterias, aumentando la Mo que al descomponerse disminuye la concentración de O₂ y causa muerte masiva en peces, también algunas cianobacterias acuáticas pueden producir toxinas, afectando peces y personas que los consumen. Como ha ocurrido en Oriente Antioqueño en cultivos de crisantemo donde se han encontrado concentraciones hasta de 300 mg kg⁻¹ y café con valores muy altos mayores a 50 mg kg⁻¹.

La concentración de S fue: orgánico 19,88 mg kg⁻¹ y convencional 53,13 mg kg⁻¹, en ambos casos muy altos (>15 mg kg⁻¹). Estos valores pueden ocasionar disminución de pH y su oxidación microbial generar ácido sulfúrico drenando a aguas corrientes, donde la disminución del pH puede producir mortalidad en peces (Osorio, 2014).

El Fe en el modelo orgánico se halló dentro del rango (25,0-50,0 mg kg⁻¹) con media 36,88 mg kg⁻¹, mientras que en el modelo convencional estuvo por encima de este media 64,13 mg kg⁻¹.

Mn para ambos modelos se encontró por debajo del rango adecuado (5,0-10,0 mg kg⁻¹) con medias de 2,00 mg kg⁻¹ orgánico y 4,13 mg kg⁻¹ convencional.

Figura 3-13: Comparación de medias \pm DE para los parámetros P, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, NO₃ y NH₄ en mg kg⁻¹.



La media para el nivel de Cu en el suelo del modelo orgánico fue bajo 1,50 mg kg⁻¹ y en el convencional el nutriente se encontró dentro del rango adecuado (3,0-5,0 mg kg⁻¹) con media 3,63 mg kg⁻¹

Para ambos modelos la media para Zn se encontró por encima del rango adecuado (3,0-5,0 mg kg⁻¹) el orgánico 5,50 mg kg⁻¹, sin embargo el modelo convencional es mucho más alto 16,9 mg kg⁻¹ sobrepasando 10 mg kg⁻¹.

El B en el modelo productivo orgánico tuvo una media 0,28 mg kg⁻¹ por debajo del rango adecuado (0,5 -1,0 mg kg⁻¹) y en el modelo convencional la media fue 2.13 mg kg⁻¹ dentro de la categoría muy alta (>1,5 mg kg⁻¹)

NO₃ (20,0-40,0 mg kg⁻¹) para el modelo orgánico fue bajo, con media de 15,75 mg kg⁻¹ y en el modelo convencional fue ligeramente alto 40,25 mg kg⁻¹.

En ambos modelos las medias para los niveles de N en forma de NH₄ están dentro del rango definido como adecuado (10,0 -20,0 mg kg⁻¹), orgánico 16,75 mg kg⁻¹ y convencional 17,88 mg kg⁻¹

Según Osorio, (2014) la deficiencia de N en el suelo, puede retrasar el desarrollo de las plantas, generar enanismo y reducir el rendimiento vegetal. Cuando hay baja disponibilidad

de este nutriente los microorganismos tienden a retenerlo y no permiten que fluya a la solución del suelo. Los fertilizantes nítricos son altamente solubles y pasan fácilmente a la solución del suelo. En contraste la fertilización orgánica tiene que sufrir procesos de descomposición microbial y sus efectos observarse lentamente.

3.3.2 Variable determinación de la infiltración

Debido a que existe una alta relación y dependencia entre las variables densidad aparente (D_a), densidad real (D_r), estabilidad estructural (EE), determinación de la infiltración y resistencia a la penetración y que los resultados de campo no difieren entre si mostrando similitudes entre ellos; se analizó la variable determinación de la infiltración que está en función de las demás variables. Sin embargo, los resultados de las variables físicas del suelo se observan en el anexo 9.

En la tabla 3-15 se observa la clase de infiltración y la velocidad pertinente y estable (USDA, 1999).

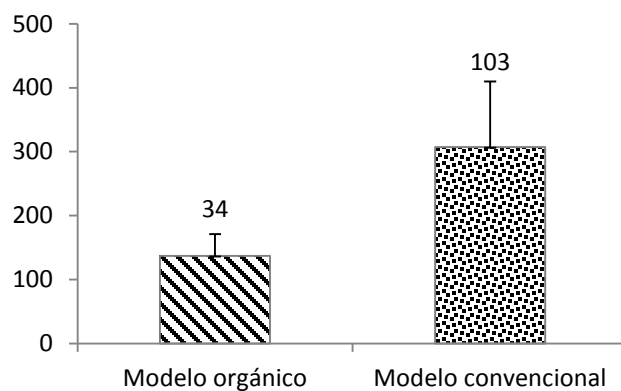
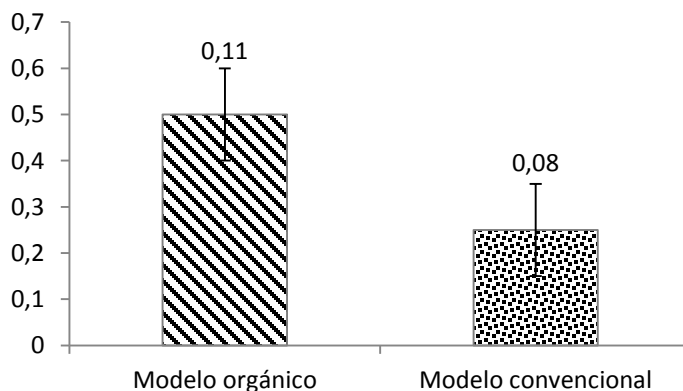
A continuación se presentan los resultados para la variable determinación de la infiltración en cm/hora y minutos/cm (Figura 3-14 y 3-15). En ambos modelos la velocidad de infiltración corresponde a la clasificación “muy rápido”, siendo la media en el modelo orgánico 137 cm/hora y 0,5 min/cm y convencional 307 cm/hora y 0,25 min/cm.

La velocidad de infiltración depende del tipo de suelo, contenido agua, estructura o grado de agregación, textura o porcentaje de arena, limo y arcilla, usualmente, suelos arenosos presentan infiltraciones veloces, la labranza también es un factor; sin embargo, a su vez rompe agregados suelo y deteriora su estructura (Lowery et al., 1996; USDA, 1999).

Tabla 3-15: Parámetros de referencia para determinar la velocidad de infiltración.

Velocidad de infiltración (minutos por centímetro)	Velocidad de infiltración (centímetros por hora)	Clases de infiltración
<1.18	>50.80	Muy rápido
1.18-3.94	15.24-50.80	Rápido
3.94-11.81	50.80-15.24	Moderadamente rápido
39.37-118.11	5.08-1.52	Moderadamente lento
118.11-393.70	1.52-0.51	Lento
393.70-15,748.03	0.51-0.0038	Muy lento
>15,748.03	<0.0038	Impermeable

USDA (1999)

Figura 3-14: Comparación de medias \pm DE para la variable determinación de la infiltración cm/hora.**Figura 3-15:** Comparación de medias \pm DE para la variable determinación de la infiltración min/cm.

En condiciones cercanas a la superficie la infiltración es rápida y está sometida al uso del suelo, el manejo y el tiempo (USDA, 1999). El desarrollo de raíces, excavaciones de lombrices y altos contenidos de materia orgánica influyen también la velocidad de infiltración (Sarrantonio et al., 1996)

Se relaciona la alta infiltración con la textura del suelo (FA), altos contenidos de materia orgánica (Mo) y el manejo, siendo para los dos modelos suelos muy labrados, levantados en camas entre 20 y 40 cm.

En comparación la velocidad de infiltración es menor en el modelo orgánico, posiblemente se pueda atribuir a la alta cantidad de materia orgánica (Mo) que se aplica, reteniendo mayor humedad tal como lo registró Mader et al., (2002) en modelos de producción orgánicos donde la capacidad de retención de humedad es mayor que en modelos convencionales.

Alta velocidad de infiltración desde el aspecto fitosanitario puede ser favorecedora, evitando que hongos, bacterias y algunos moluscos como babosas y caracoles causen daño al cultivo. Sin embargo, el agua está poco disponible para su absorción y consigo pérdida de nutrientes por percolación en el perfil del suelo, además se debe recurrir al riego con mayor frecuencia generando desperdicio del recurso agua.

3.3.3 Variable recuento de microorganismos por grupos funcionales

En comunicación personal con el docente Nelson Walter Osorio Vega, se definieron los siguientes parámetros como adecuados (Tabla 3-16). En el anexo 9 se pueden observar los resultados de laboratorio de esta variable.

Según los parámetros de la tabla 3-16, para ambos modelos de producción se encontraron niveles adecuados de unidades formadoras de colonias en los grupos de microorganismos productores de fitasas, proteolíticos, fijadores de nitrógeno y celulolíticos (Figuras 3-16 y 3-17).

Tabla 3-16: Parámetros adecuados para grupos de microorganismos funcionales.

Grupos funcionales	Parámetro	Unidades
Productores fitasas	$\geq 10 \times 4$	UFC/g suelo seco
Proteolíticos	$\geq 10 \times 4$	
Fijadores Nitrógeno	$\geq 10 \times 6$	
Celulolíticos	$\geq 10 \times 4$	
Infección micorrizal	≥ 20	%
Hongos formadores micorrizas	≥ 50	Numero esporas g/suelo seco

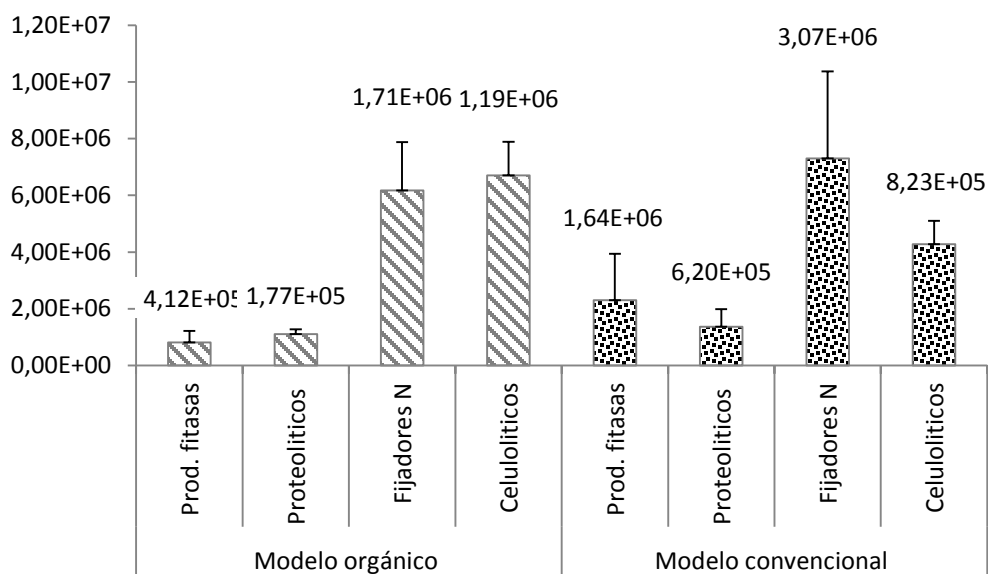
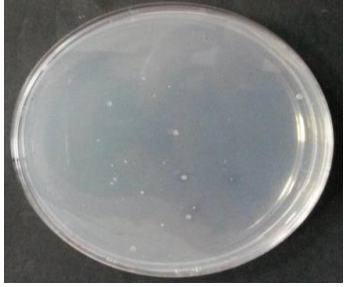
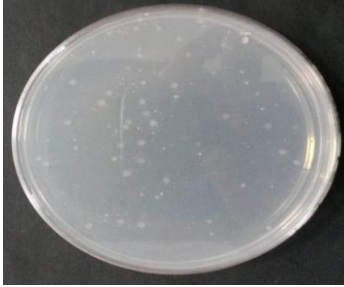


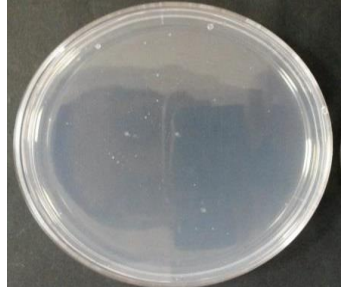
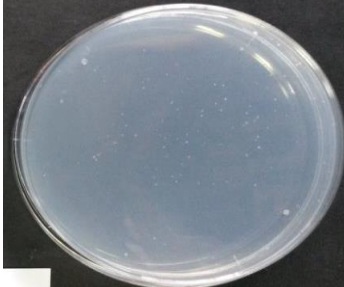


Figura 3-16: Comparación de medias \pm DE para la variable recuento de microorganismos por grupo funcional: productores de fitasas, proteolíticos, fijadores de nitrógeno y celulolíticos (UFC/g suelo seco).

Figura 3-17: Crecimiento de microorganismos por grupo funcional para cada modelo a las 48 horas.

Grupo Funcional Microbiano	Modelo orgánico	Modelo convencional
Productores de fitasas		
Proteolíticos		
Fijadores de nitrógeno		
Celulolíticos		

Fuente: suministrado por laboratorio BIOMA. Archivo convenio, 2016.

La media del porcentaje de infección micorrizal fue baja en ambos casos, 16,67% en el modelo orgánico y en el convencional 18,52% siendo el parámetro de referencia $\geq 20\%$. Para el número de esporas por gramo de suelo seco se encontraron 40,11 y 12,50 orgánico y convencional respectivamente, comparado con el parámetro de referencia ≥ 50 por g/suelo seco ambos fueron bajos (Figuras 3-18 y 3-19).

Figura 3-18: Comparación de medias \pm DE para la variable recuento de microorganismos por grupo funcional: porcentaje de infección micorrizal (%) y número de esporas de hongos formadores de micorrizas.

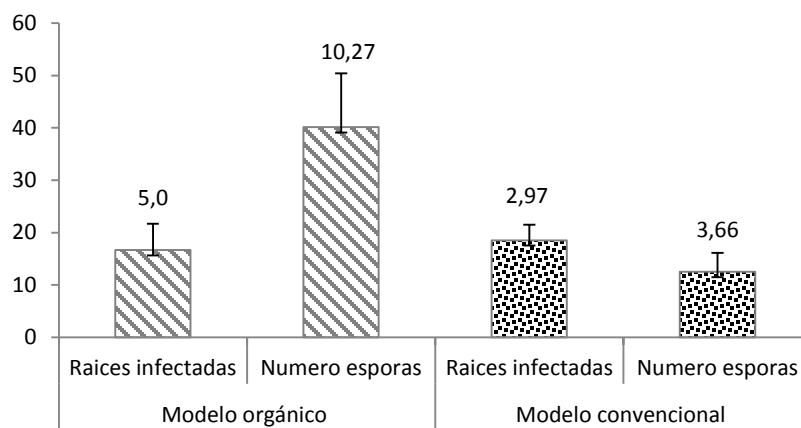
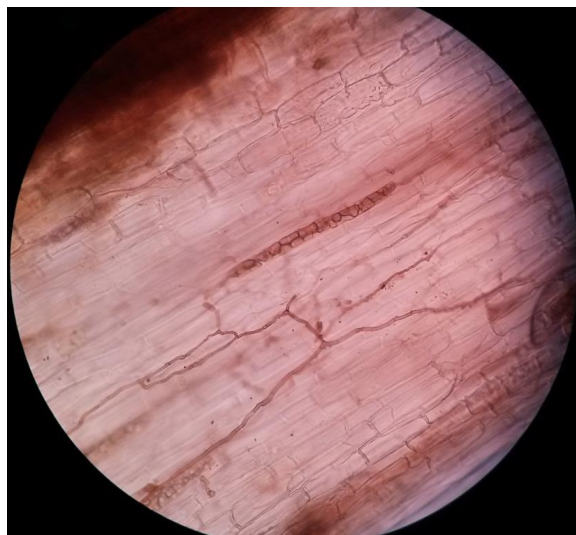


Figura 3-19: Infección de raíces de *A. dracunculoides* por hongos micorrizales. Aumento: 40X, en microscopio.



Fuente: suministrado por laboratorio BIOMA. Archivo convenio, 2016.

Altas UFC de microorganismos productores de fitasas contribuyen a la solubilización del P orgánico en el suelo (Sánchez y Navas, 1992 y Patiño, 2010).

Contenidos elevados de microorganismos proteolíticos, tienen efecto en la liberación de aminoácidos que sirven como fuente de carbono y nitrógeno para las plantas (Andrade, 2004).

Bohloul et al.(1992) comentaron que, altos contenidos de microorganismo fijadores de nitrógeno ayudan en el proceso de fijación biológica del nitrógeno atmosférico (N_2) transformándolo en iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-) disponibles para las plantas.

Los microorganismos celulolíticos hacen parte del proceso de descomposición de materia orgánica, además durante este proceso proporciona azúcares simples y energía que favorece la actividad de otros microorganismos responsables de cumplir con funciones como la solubilización de fosfato, la amonificación y la fijación de N_2 (Atlas y Bartha, 1997 y Uphoff et al., 2006).

Las plantas colonizadas con micorrizas incrementan la captación de nutrientes principalmente fósforo (P). La captación, translocación y transferencia a la planta huésped permite obtener un nivel superior de producción. Los hongos micorrizales también contribuyen al mejoramiento de la estructura del suelo, incrementan la resistencia de las plantas al estrés por sequía y favorecen el establecimiento de otros microorganismos benéficos en la rizosfera (Osorio, 2014).

3.4 Indicador calidad de agua

El agua lluvia y de riego utilizada en la agricultura puede ser evaporada, fluir superficialmente, ser transpirada por las plantas y parte de esta infiltrada más abajo de la zona radical, regresado a afluentes de agua superficial y almacenada en acuíferos. Siendo generalmente, agua contaminada por residuos de la agricultura (FAO, s.f. b).

Los contaminantes presentes en el agua se pueden clasificar en: residuos con requerimiento de oxígeno, agentes patógenos, nutrientes vegetales, compuestos orgánicos sintéticos, sustancias químicas inorgánicas y minerales, sedimentos, radiactividad, calor o mezclas de estos (Ardila et al., 2012).

Estos mismos autores afirmaron que evaluar variables físicas y químicas que determinen la calidad ambiental del agua son importantes para la conservación de flora, fauna, para mantener el equilibrio de los ecosistemas y definir la calidad de agua de reservorios.

La variable microbiológica propuesta, define calidad de agua para riego en agricultura.

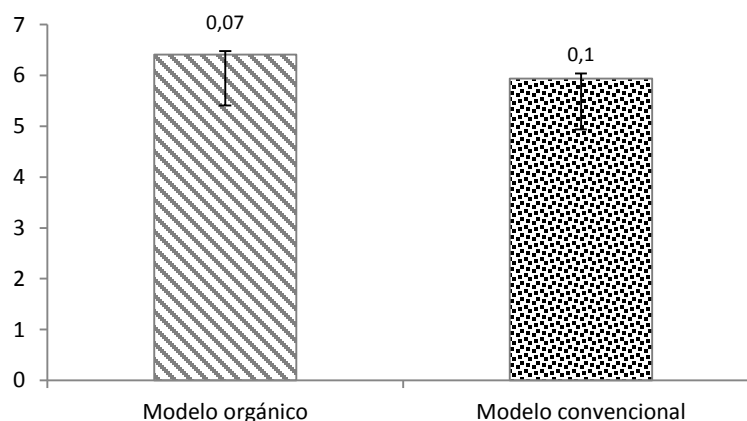
3.4.1 Variables físico-químicas

Los parámetros evaluados fueron pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos, nitritos, nitratos, salinidad y conductividad. Los resultados para cada uno de encuentran en el anexo 10.

▪ **pH.** El Decreto Nacional 1594 de 1984 especifica que, un agua destinada para preservación de flora y fauna debe tener un pH en un rango entre 5,5 – 9,0. Rocha (2010) define valores entre 6,8 – 8,0 como los más pertinentes para la actividad biológica de los ecosistemas. La Agencia de Protección Ambiental en sus siglas en inglés EPA (2001) menciona un rango adecuado para la vida acuática de 6,5 – 8,0.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la muestra tomada directamente del agua de riego los valores de pH están dentro de la norma nacional 7,04 orgánico y 6,27 convencional, las medias de agua infiltrada se encontraron en 6,41 orgánico y 5,94 convencional, ambos dentro de la reglamentación; sin embargo con respecto a la muestra de agua de riego para ambos modelos el pH para el agua infiltrada tiende a bajar. Basados en la normatividad colombiana para pH no existe un efecto negativo significativo en el agua infiltrada con respecto al manejo de estos modelos (Figura 3-20).

Figura 3-20: Comparación de medias \pm DE para el parámetro pH en agua infiltrada.

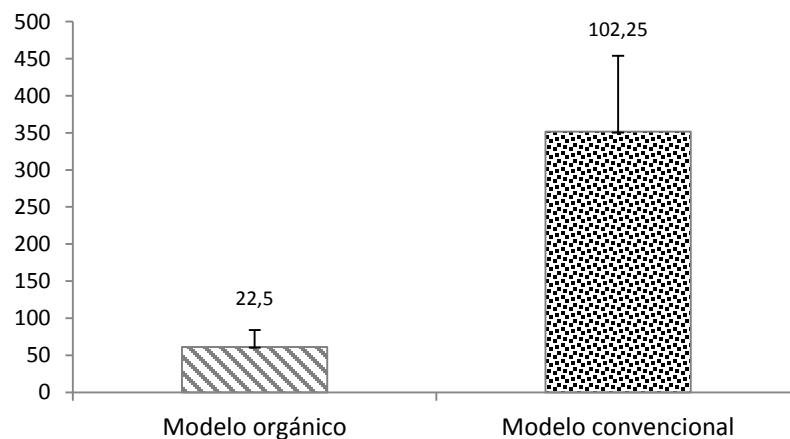


▪ **Conductividad eléctrica, salinidad y sólidos disueltos totales.** Son parámetros relacionados. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua, por lo tanto, éste parámetro es un indicativo de la materia ionizable total presente en el agua. Cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad (Ardila et al., 2012).

Un indicativo de calidad de agua es la concentración de sales inorgánicas presentes en ella, la salinidad se mide tanto en concentración (%), como a través de la medida de conductividad eléctrica, es entonces así que los cálculos de salinidad son una forma de medir directamente la presencia de fertilizantes químicos en el agua y determinar su uso excesivo (Garcés, 2011).

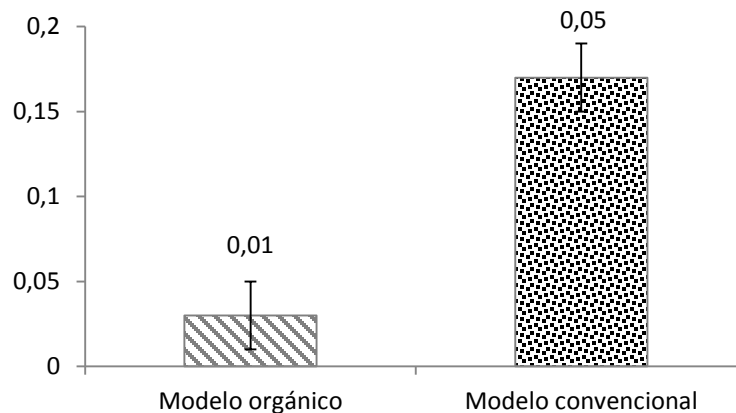
Goyenola (2007b) relaciona un rango para conductividad eléctrica entre 50 y 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, conductividades por fuera de este rango pueden indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados. La EPA (2001) establece 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dado el caso, ambos modelos se encuentran dentro del rango, siendo la media para el agua infiltrada 61,36 $\mu\text{S}/\text{cm}$ orgánico, aumentando 2,2 veces con respecto al agua tomada directamente del sistema de riego (27 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En el modelo convencional la media para el agua infiltrada fue 351,41 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aumentando 2,8 veces con respecto al agua tomada del sistema de riego (126 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figura 3-21).

Figura 3-21: Comparación de medias \pm DE para el parámetro conductividad en agua infiltrada en $\mu\text{S}/\text{cm}$



En lo que respecta al porcentaje de salinidad según EPA (2001) los valores deben estar por debajo de 40%; el agua en los dos modelos está muy por debajo de este porcentaje, con media para agua infiltrada de 0,03% aumentando 3 veces con respecto al agua de riego (0,01%) para el modelo orgánico. En el modelo convencional la media para agua infiltrada fue 0,17% y 0,06% agua de riego aumentando 2,8 veces (Figura 3-22).

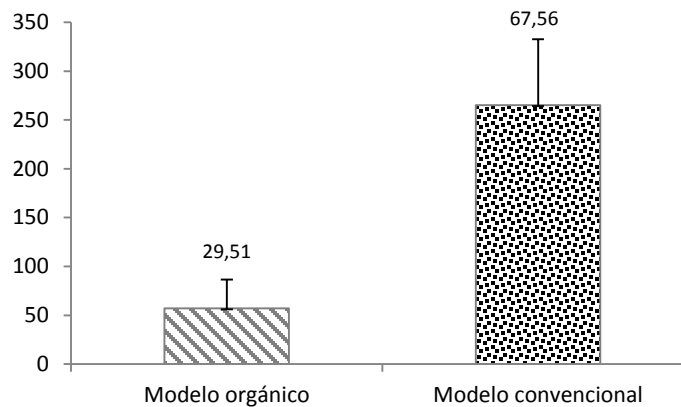
Figura 3-22: Comparación de medias \pm DE para el parámetro salinidad en agua infiltrada en (%)



Los sólidos disueltos pueden estar hasta 2000 mg/L, por encima de este valor pueden representar un riesgo para la vida acuática causando daño a algunos peces, valores de 2,200 mg/L pueden reducir la tasa de eclosión de huevos y supervivencia (Hickin, 1995). Los sólidos disueltos en los dos modelos no superaron el parámetro, la media de agua infiltrada en el orgánico fue de 57,24 mg/L aumentando 1,4 veces con respecto a la muestra tomada del sistema de riego (42 mg/L). La media para el agua infiltrada en el modelo convencional fue de 265,43 mg/L y para el agua de riego fue 91 mg/L aumentando 2,9 veces (Figura 3-23).

Estos tres parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos como adecuados para la conservación de especies acuáticas y organismos aerobios, esto permite suponer que, el manejo de estos cultivos no ejerce un efecto negativo en el agua. Sin embargo los valores en el modelo convencional para los tres parámetros son mayores, esto puede estar relacionado con el uso de fertilización química.

Figura 3-23: Comparación de medias \pm DE para el parámetro sólidos disueltos en agua infiltrada en mg/L



▪ **Oxígeno disuelto.** Es una necesidad fundamental para la vida de las poblaciones animales y vegetales en cualquier extensión de agua. Su supervivencia depende de la capacidad del agua para mantener ciertas concentraciones mínimas de ésta vital sustancia. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello el OD se le puede considerar un indicativo de la contaminación orgánica, además de determinar la existencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio particular (Ardila et al., 2012)

De acuerdo con la literatura, la mayoría de cuerpos de agua requieren un mínimo de 5 a 6 mg/L de O_2 para permitir el soporte de la diversidad de la vida acuática (Tirado, Manjarrez y Díaz, 2010). El Decreto Nacional 1594 de 1984 señala 5,0 mg/L O_2 para la preservación de fauna y flora en aguas dulces, frías o cálidas. La EPA (2001) considera un porcentaje de saturación de oxígeno mayor al 60%. Ardila et al. (2012) comentaron que en general los requerimientos de la biota en un agua templada diversificada, debe ser al menos 5 mg/L (5 ppm). Goyenola (2007a) establece los siguientes rangos (Tabla 3-17).

En el modelo orgánico el valor de la muestra de agua de riego (1,4 mg/L O_2) indica que dicha agua se encontraba por debajo parámetro aceptado antes de ser utilizada, posiblemente esto se deba a las condiciones de manejo del sistema de riego descritas en la caracterización, la media obtenida para el agua infiltrada fue de 4,79 mg/L O_2 aumentando 3,4 veces con respecto al agua del sistema de riego, se puede decir que al infiltrarse el agua se oxígeno (Figura 3-24).

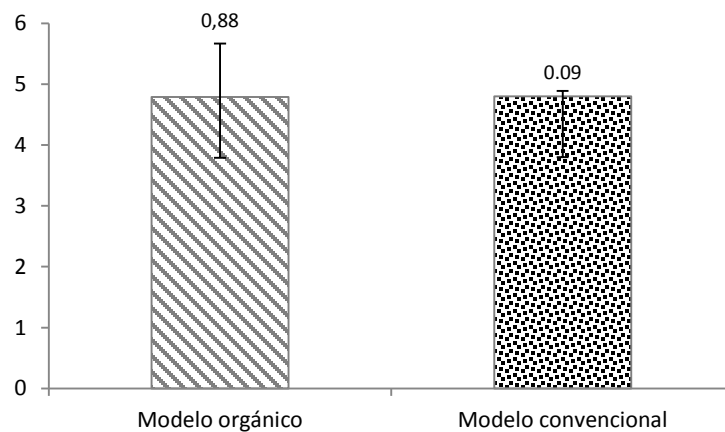
Tabla 3-17: Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes

(OD) mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	Adecuado para la vida de la gran mayoría de la especies de peces y otros organismos acuáticos
8-12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética

Fuente: Goyenola, (2007a)

Para el modelo convencional el valor de agua tomada del sistema de riego fue 4,7 mg/L O₂ no representa una diferencia significativa con respecto a la media del agua infiltrada 4,8 ml/l O₂.

En ambos modelos el agua tomada directamente del sistema de riego como la infiltrada no se encontraron dentro del rango entre aceptable y buena calidad 5-12 mg/L O₂ (Figura 3-24).

Figura 3-24: Comparación de medias \pm DE para el parámetro O₂ mg/L en agua infiltrada.

▪ **Nitritos (NO_2^-) y Nitratos (NO_3^-).** En lo que respecta a la concentración nitrógeno, Pírela (1994) citado por Velazco (2009) indican que solo el 50% del nitrógeno aplicado en la agricultura es tomado por los cultivos, el nitrógeno restante está sujeto a pérdidas por varios procesos, uno de estos, la lixiviación por debajo de la zona de las raíces. El ion nitrito (NO_2^-) puede estar presente en las aguas bien como consecuencia de la oxidación del amoníaco (NH_3) o como resultados de la reducción de los nitratos (NO_3^-). Su presencia en el agua puede ser una evidencia de contaminación reciente, dada su inestabilidad, la toxicidad del ion nitrito determina la impotabilidad de la misma (Albert, 2009).

La EPA (2001) relaciona concentraciones por debajo de 50 mg/L para nitratos y 0,01-0,03 mg/L para nitritos, como seguras para el sostenimiento de ecosistemas acuáticos.

Los valores encontrados en el modelo orgánico tanto para agua tomada de sistema de riego como para el agua infiltrada se encontraron dentro del parámetro adecuado con medias de 9,88 mg/L para nitratos y 0,01 mg/L para nitritos; sin embargo, los nitratos aumentaron 4,3 veces con respecto a la muestra de agua de riego (2,3 mg/L) (Figuras 3-25 y 3-26).

En el modelo convencional se encontraron valores por encima de los relacionados por la EPA (2001) para el parámetro nitratos con media de 95,47 mg/L para agua infiltrada, aumentando 6,68 veces con respecto al agua tomada directamente del riego (14,3 mg/L). La concentración de nitritos se encontró dentro del rango 0,01 mg/L para agua de riego y media de 0,02 mg/L para agua infiltrada (Figuras 3-25 y 3-26).

Figura 3-25: Comparación de medias \pm DE para el parámetro NO_3 mg/L en agua infiltrada

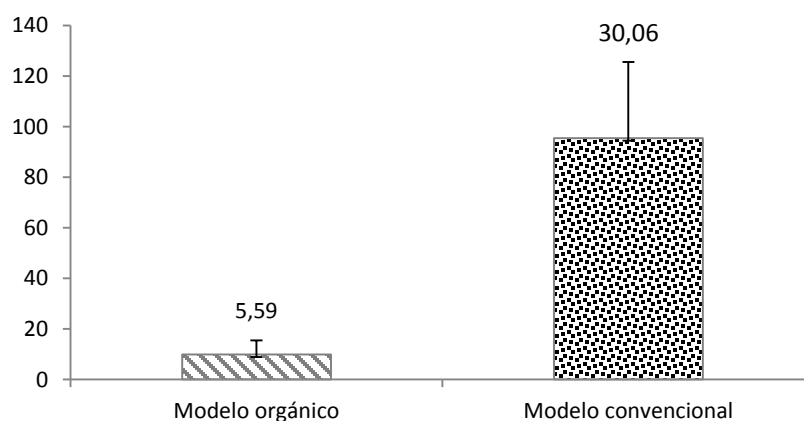
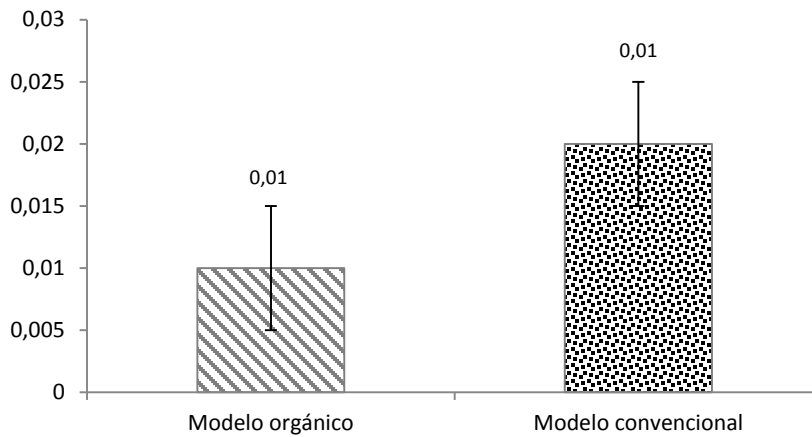


Figura 3-26: Comparación de medias \pm DE para el parámetro NO₂ mg/L en agua infiltrada

Valores tan elevados para nitratos se encuentran relacionados con el uso de fertilización química. Ambos iones NO₃⁻ y NO₂⁻ tienden a moverse con el agua de infiltración hacia las aguas subterráneas (Robertson y Vitousek, 2009) y generalmente el agua de escorrentía superficial tiene concentraciones bajas de los mismos (Melvin et al., 1992), tal como se observa con la muestra tomada directamente del sistema de riego, la cual viene del afluente de agua principal. Sin embargo, como menciona Velazco (2009) la lixiviación de nitratos, puede acumularse en los acuíferos en un proceso que podría durar años e inclusive décadas.

3.4.2 Variable microbiológica.

Se midieron coliformes totales y coliformes fecales. En el anexo 10 se observan los resultados de laboratorio.

Para los parámetros microbiológicos el Decreto Nacional 1594 de 1984, especifica valores para el número más probable (NMP) de coliformes totales no deberá exceder de 5,000 (100 ml) y el NMP de coliformes fecales no deberá exceder de 1.000 (100 ml) cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

En el modelo orgánico los coliformes totales superan los 2400 por 100 ml posiblemente se deba al manejo que se le da al agua y coliformes fecales, específicamente *E. coli* se

encontraron dentro del parámetro con 39 por 100 ml para el agua de riego (Figuras 3-27 y 3-28).

En el modelo convencional los coliformes totales analizados directamente del agua de riego, estuvieron en un nivel muy bajo (10 por 100 ml), siendo un agua adecuada con respecto a este parámetro para riego, igual sucedió para *E. coli*. (Figuras 3-27 y 3-28).

Figura 3-27: Comparación del parámetro coliformes totales (100 ml) en el agua de riego.

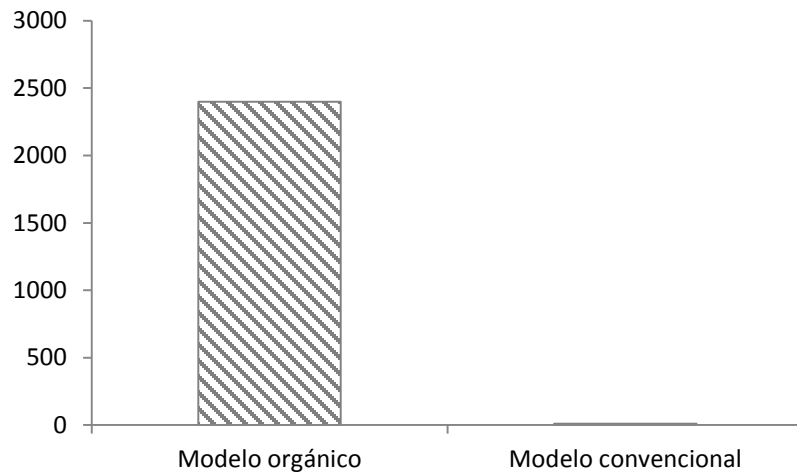
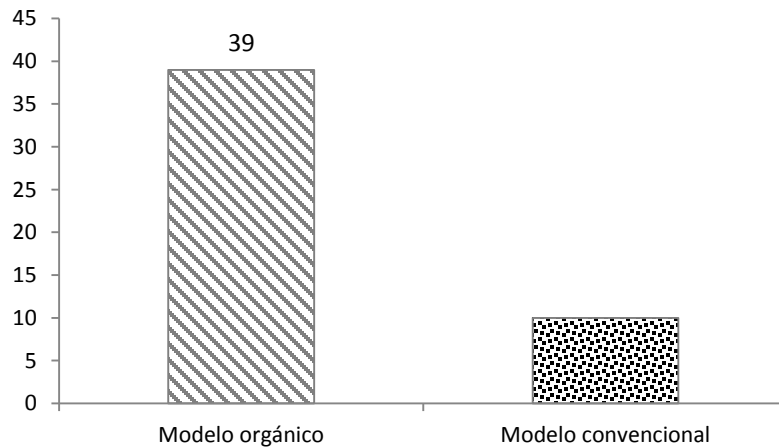


Figura 3-28: Comparación del parámetro coliformes fecales (*E. coli*) (100 ml) en el agua de riego.



Las bacterias coliformes, si bien no son generalmente patógenas de por sí, son indicadoras de la presencia de microorganismos potencialmente patógenos y por lo tanto consideradas como un índice de contaminación en la fuente de agua (Hunter et al., 2000).

3.5 Indicador calidad de material vegetal.

Se determinaron las variables inocuidad de productos con un análisis microbiológico y calidad de producto con un análisis químico. En el anexo 11 se relacionan los resultados.

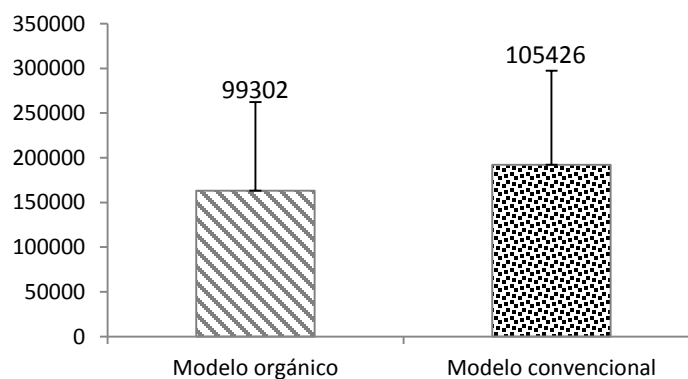
3.5.1 Variable inocuidad de producto.

Los valores de referencia especificados por INVIMA para la inocuidad de especies aromáticas son:

- Recuento de mesófilos: 100,000
- Número más probable (NMP) de coliformes: 93-150
- NPM de coliformes fecales: menor de 3
- Recuento *Staphylococcus coagulasa* (+): menor de 100
- Recuento de mohos y levaduras: 2,000

El recuento de mesófilos en el material vegetal de ambos modelos dio sobre el parámetro permitido por el INVIMA, siendo la media 163,000 UFC/g y 192,000 UFC/g para el modelo orgánico y convencional respectivamente (Figura 3-29), estando por encima del parámetro en 63,000 UFC/g y 92,000 UFC/g en este mismo orden.

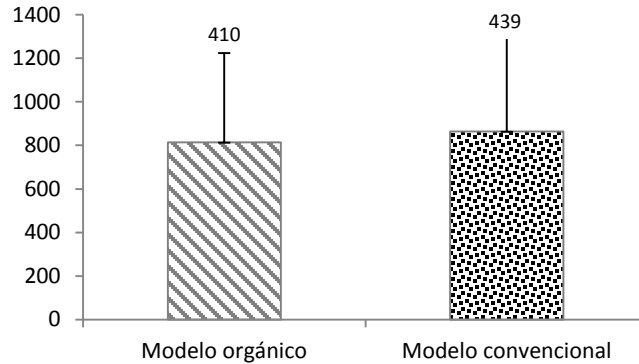
Figura 3-29: Comparación de medias \pm DE para el parámetro recuento de mesófilos UFC/g



Para el parámetro coliformes totales en el modelo orgánico la media fue 814 por gramo de material vegetal y convencional 864 por gramo de material vegetal (Figura 3-30). El rango

permitido para el NMP de coliformes fue superado con 664 y 714 gramos de material vegetal orgánico y convencional, respectivamente.

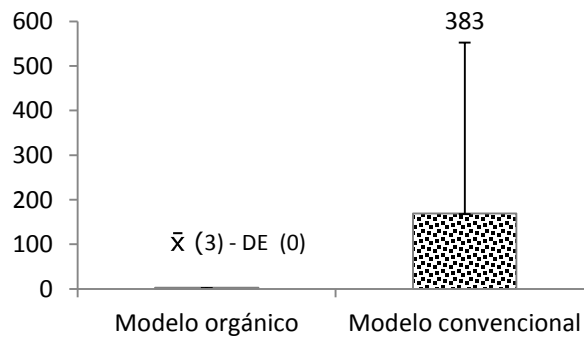
Figura 3-30: Comparación de medias \pm DE para el parámetro coliformes totales/g de material vegetal.



Un importante indicador de contaminación fecal son las enterobacterias como los coliformes fecales (Blanco, Casadiego y Pacheco, 2011).

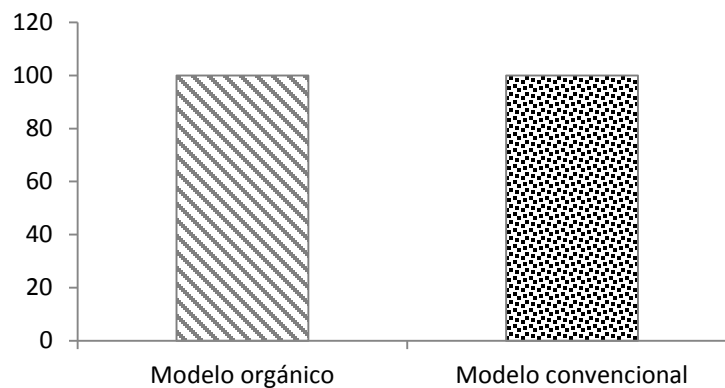
El NMP de coliformes fecales en el modelo orgánico fue menor de 3 por gramo de material vegetal, estando dentro del parámetro exigido por la autoridad. En el modelo convencional la media para este parámetro fue de 169 por gramo (Figura 3-31) superando el límite permitido en 166 coliformes fecales por gramo de material vegetal, pero se encontraron muestras que van desde 3 a 1100 coliformes fecales por gramo de material vegetal.

Figura 3-31: Comparación de medias \pm DE para el parámetro coliformes fecales/g de material vegetal.



El recuento de *Staphylococcus coagulasa* (+) se encontró dentro de la norma para los dos modelos (Figura 3-32).

Figura 3-32: Comparación de medias para el parámetro *Staphylococcus coagulasa* (+) UFC/g



Mohos y levaduras están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se pueden encontrar formando parte de la flora normal de un alimento, o como agentes contaminantes, como es el caso de *Aspergillus terreus*, sus micotoxinas causan asma, rinitis y enfermedad pulmonar (Borbolla et al., 2004 y Calvo, Guarro y Suarez, 2008).

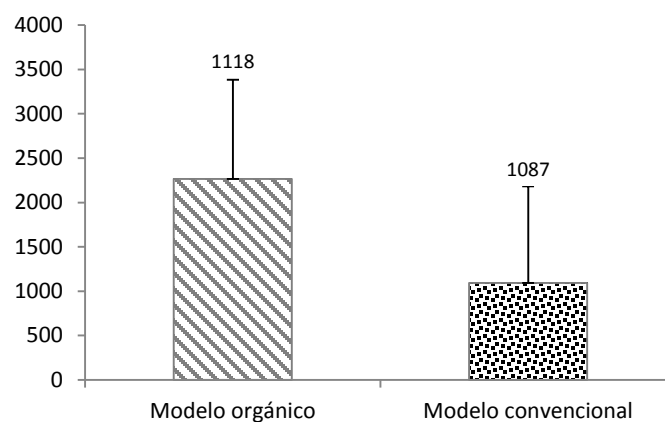
Especies de los géneros *Penicillium* y *Fusarium* hacen parte de la microbiota normal de algunas plantas y pueden ser fitopatógenos, sus micotoxinas también son causantes de intoxicaciones en humanos (Martínez, 2003 y Tangarife, 2011 a).

Levaduras del género *Rhodotorula* forman parte de la microbiota comensal de la piel, uñas y membranas mucosas, se les puede encontrar en agua, aire y suelo, algunas especies han sido asociadas a enfermedades como fungemia, queratitis postraumática, meningitis y endocarditis presentándose con mayor frecuencia en humanos inmunodeprimidos; también han sido descritas causando deterioro en alimentos (Reyes et al., 2013 y Tangarife, 2011 b).

La media para el recuento de mohos y levaduras en el modelo orgánico fue de 2265 UFC/g superando el límite permitido en 265 UFC/g, se identificó en una de las muestras *Aspergillus terreus*, en dos muestras *Penicillium* sp. y otros mohos sin identificación, todas las muestras dieron positivas para levaduras del género *Rhodotorula* (Figura 3-33).

En el modelo convencional no se encontraron levaduras, la media para mohos fue de 1094 UFC/g cumpliendo con el parámetro exigido por la autoridad, aunque una de las muestras lo supero 3410 UFC/g; se identificó en cuatro muestras *Fusarium* sp., en siete muestras *Penicillium* sp., en dos muestras *Aspergillus terreus* y otros hongos sin identificar (Figura 3-33).

Figura 3-33: Comparación de medias \pm DE para el parámetro mohos y levaduras UFC/g



Es importante anotar que muchos de estos microorganismos se encuentran normalmente en el aire, suelo, agua, piel y mucosas pero su elevada presencia pueden indicar una inadecuada manipulación de los alimentos

Las alteraciones microbiológicas que afectan la inocuidad del material vegetal en estos modelos puede estar influenciada por las prácticas que se realizan durante la cosecha como: inadecuado o inexistente lavado manos, incorrecto almacenamiento y desinfección de las herramientas que se utilizan para el corte, falta de limpieza de las canastas donde es puesto el producto durante la cosecha, disposición y almacenamiento inadecuado del producto antes de ser llevado a sala de empaque, incorrecto transporte a sala de empaque, falta de monitoreo y control al agua de riego, mala calidad de la materia orgánica utilizada en la fertilización, diferentes cambios térmicos durante el transporte y almacenamiento e insuficiente capacitación en inocuidad a los empleados.

La importancia de generar control microbiológico sobre estos alimentos radica en que se consumen en fresco y no se realiza procesos de desinfección a estos. En Colombia son

limitados los estudios en el manejo de poscosecha y en lo que respecta al tema no se conocen estudios que evalúen la calidad microbiológica de *A. dracunculoides* u otras especies condimentarías.

La temperatura juega un papel muy importante, mantener el producto a temperatura baja y constante puede reducir, evitar y eliminar la contaminación microbiológica ya que muchos de estos microorgánicos no sobreviven a bajas temperaturas, según Moré y Melero (2013) la temperatura adecuada para conservación de especies aromáticas debe ser constante y mantenerse cerca de 0°C.

3.5.2 Variable calidad de producto (Análisis foliar).

Dentro de la literatura consultada, Henao (2006) registra la composición química del tejido foliar para *A. dracunculus* (Tabla 3-18), se utilizó dichos resultados como referencia ya que no se cuenta con estudios de composición química para *A. dracunculoides*. En el anexo 11 se aprecian los resultados de los análisis químicos foliares.

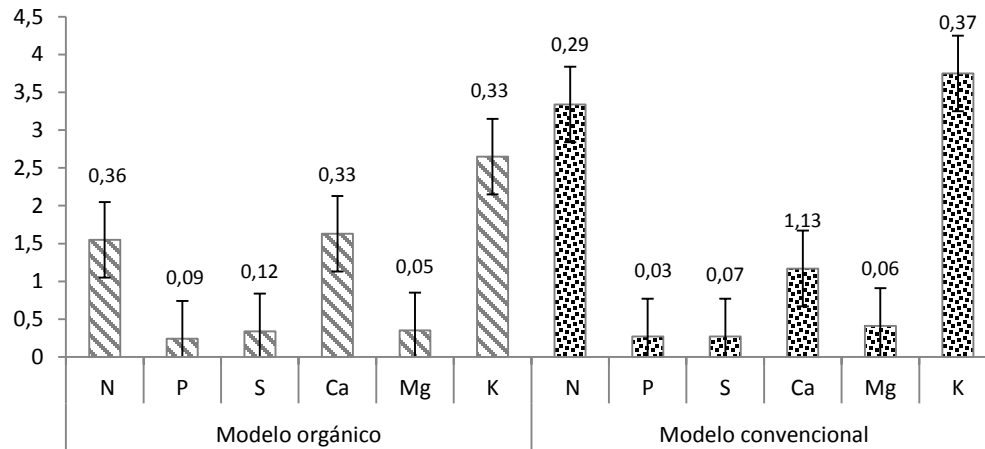
Tabla 3-18: Composición química de *A. dracunculus*

Elemento	Dato	Unidades
N	4.48	%
P	0.57	
K	5.81	
Ca	1.09	
Mg	0.29	
Cu	10.92	mg/kg materia seca = $\mu\text{g g}^{-1}$
Fe	117.0	
Mn	94.4	
Zn	50.3	
B	20.7	

Fuente: Henao, (2006)

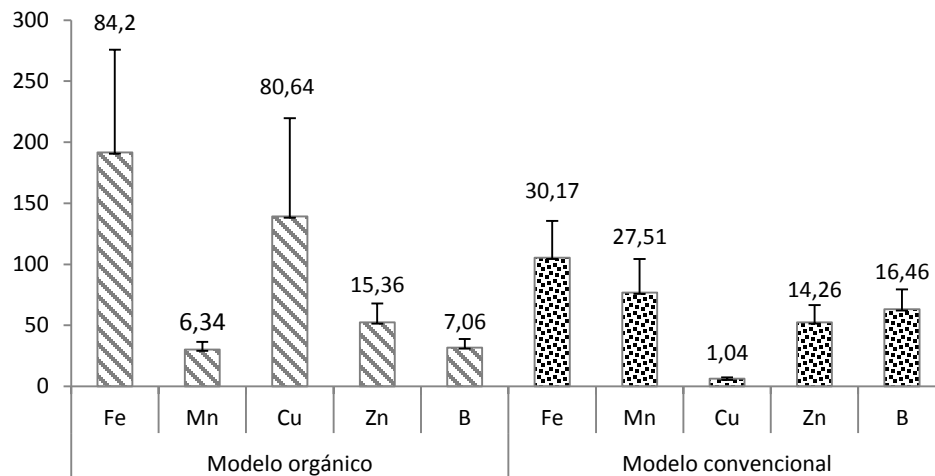
En la Figura 3-34 se observa la media y DE, de los elementos N, P, S, Ca, Mg y K y en la Figura 3-35 para los elementos Fe, Mn, Cu, Zn y B.

Figura 3-34: Comparación de medias \pm DE para los parámetros N, P, S, Ca, Mg y K en %



Se encontraron en niveles por debajo a los registrados en los siguientes elementos N (4,48%), P (0,57%), K (5,81%), Mn (94,4 $\mu\text{g g}^{-1}$). Así: modelo orgánico N (1,55%), P (0,24%), K (2,65%) y Mn (30,25 $\mu\text{g g}^{-1}$). Convencional N (3,34%), P (0,27%), K (3,75%) y Mn (76,75 $\mu\text{g g}^{-1}$).

Figura 3-35: Comparación de medias \pm DE para los parámetros Fe, Mn, Cu, Zn y B en $\mu\text{g g}^{-1}$



Para S el docente Nelson Walter Osorio Vega define 0,20% de este elemento como suficiente. Junto al S, se halló concentraciones más altas a las registradas en Ca (1,09%), Mg (0,29 %), Zn (50,3 $\mu\text{g g}^{-1}$) y B (20,7 $\mu\text{g g}^{-1}$). En el modelo orgánico S (0,34%), Ca (1,63 %), Mg (0,35 %), Zn (52,50 $\mu\text{g g}^{-1}$) y B (31,88 $\mu\text{g g}^{-1}$) y convencional S (0,27%), Ca (1,17 %), Mg (0,41 %), Zn (52,38 $\mu\text{g g}^{-1}$) y B (63,13 $\mu\text{g g}^{-1}$).

Para los elementos Fe (117.0 $\mu\text{g g}^{-1}$) y Cu (10.92 $\mu\text{g g}^{-1}$), en el modelo orgánico se encontraron concentraciones Fe (191,65 $\mu\text{g g}^{-1}$) y Cu (193,13 $\mu\text{g g}^{-1}$) mayores a las registradas y convencional Fe (105,38 $\mu\text{g g}^{-1}$) y Cu (6,26 $\mu\text{g g}^{-1}$), menores que las mencionadas por Henao (2006).

Henao (2006) destacó que en la mayoría de especies aromáticas los niveles de K se encuentran más altos que el N, para el caso de *A. dracunculoides* en los dos modelos esta premisa se cumple.

También menciona que los niveles de Ca resultan ser mayores que los niveles de P, para el caso en ambos modelos se cumple.

Según el autor *A. dracunculus* es una especie comparada con otras condimentarias con altos niveles de N, P, K, Ca y Mg, sin embargo, para *A. dracunculoides* los niveles de macronutrientes en los dos modelos fueron más bajos que los relacionados para *A. dracunculus*, Ca y Mg se hallaron valores más altos que los registrados.

Los niveles altos de, S, Ca y Cu en el modelo orgánico posiblemente estén influenciados por las aplicaciones foliares de bioinsumos a base de estos elementos, los niveles de S, Ca se pueden relacionar con los contenidos de estos elementos en el suelo; sin embargo, esto no sucede con el Cu.

Se debe tener especial cuidado con altas concentraciones de metales como Fe y Cu, el docente Nelson Walter Osorio Vega identifica para Fe entre 80 - 200 $\mu\text{g g}^{-1}$, para Cu la Secretaria de Estado de Comercio de España, (2017) realizó una recopilación de legislación internacional para metales pesados en alimentos, donde para frutas y hortalizas especifican contenido máximo de cobre 10 $\mu\text{g g}^{-1}$, en el modelo orgánico los niveles son superiores.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

En la caracterización de los modelos productivos orgánico y convencional, se detectaron como aspectos para mejorar la competitividad ambiental: estandarización de procesos, gestión de la normatividad ambiental y establecimiento de parámetros técnicos de producción.

Entre las variaciones más relevantes: rendimiento 3 veces superior en el modelo convencional. Productividad energética (PE) con una diferencia de 100 kg por 100 Mj en el modelo convencional. Los indicadores punto de equilibrio económico (PEE) y relación costo beneficio (RCB) fueron inversos entre modelos, siendo >1 en el modelo convencional. Los niveles de los diferentes elementos nutricionales evaluados en el suelo se encontraron adecuados en algunos casos y en otros indicaron niveles inadecuados con posibles efectos adversos para la producción y medio ambiente. La calidad del agua está siendo impactada por el efecto de la fertilización química. La inocuidad del producto final para los dos modelos no cumple parámetros establecidos para el consumo humano. Los indicadores y sus variables mostraron que ambos modelos de producción tuvieron impactos negativos sobre el medio ambiente.

Con respecto al modelo orgánico, a pesar de que dicho predio cuenta con una certificación internacional como productor orgánico sus prácticas de manejo no van de la mano con los principios en los que se basa la agricultura orgánica mencionados por diversos autores, donde concuerdan que, en este tipo de agricultura se busca producir alimentos de máxima calidad, dando prelación a la salud de los humanos y ecosistemas con procesos ecológicos de ciclaje de materia, obtención de recursos dentro del mismo predio, la atención, equidad

y relaciones justas con el ambiente, empleados y consumidores finales son el pilar de este tipo de agricultura.

Sin embargo se aclara que sobre este tipo de agricultura sus procesos y prácticas que conforman los modelos de producción existe muy poca investigación. No se debe descartar la agricultura orgánica como modelo de producción de especies condimentarías, se debe ver como una oportunidad de aprendizaje, donde con procesos estandarizados y tecnológicos basados en información contundente y el cumplimiento de la normatividad pueden llevar a una agricultura con múltiples beneficios para los agroecosistemas, productores, comercializadores y consumidores finales.

4.2 Recomendaciones.

Se debe generar investigación sobre el manejo agronómico del cultivo, donde se establezcan: protocolos adecuados para obtención de material de siembra, distancias de siembra, necesidades hídricas, demandas nutricionales específicas para *A. dracunculoides*, identificación taxonómica de organismos plaga y su control.

En necesario tener en cuenta que las especies condimentarías que se comercializan son para consumo en fresco, es de interés elaborar protocolos que partan de la investigación y experiencia, que sirvan para generar control microbiológico durante toda la cadena de producción, con énfasis en la cosecha, empaque y comercialización.

Queda por parte de los productores elegir y generar nuevos indicadores de acuerdo a las necesidades que exigen los mercados, sin perder de vista que el medio ambiente es un factor que toma gran importancia y despierta el interés de los consumidores. Es importante su monitoreo en el tiempo para así tomar decisiones sobre el estado de la empresa como tal, determinar falencias, fortalezas, elegir y generar prácticas adecuadas en los modelos productivos.

Es pertinente crear espacios de capacitación continua que permita a los productores preparar a sus empleados en la producción de estas especies.

Se deben respetar los acuerdos laborales, brindar estabilidad, buen trato y ofrecer instalaciones dignas para los empleados, esto incentiva, crea relaciones de pertenencia y puede mejorar el desempeño laboral.

Los productores deben estar prestos a este tipo de investigación, contribuir con su desarrollo, brindar información, generar espacios y relaciones adecuadas para que se lleven a cabo.

Anexo 1: Caracterización del modelo productivo orgánico

Tabla A1-1. Descripción del modelo de producción orgánico.

Áreas		
Área parcela	1023,00	m ²
Promedio largo de cama	18,43	m
Promedio ancho de cama	1,20	m
Promedio área de cama	22,12	m ²
Promedio ancho de caminos entre camas	50,00	cm
Promedio área de caminos	9,22	m ²
Promedio ancho caminos entre cultivos	80,00	cm
Promedio preparación del terreno por cama		
Destroncar una cama (quitar cultivo anterior)	Sin información	Sin información
Trazar cama con hilo, picar, hacer camino, nivelarla y hacer hoyos	204,00	min/hombre
Aplicación por hoyo de enmienda Bocashi (Aserrín + Gallinaza + desechos de cosecha)	400,00	g/hoyo
Aserrín	30,00	kg
Gallinaza	60,00	kg
Desechos cosecha	150,00	kg
Total Bocashi por cama	240,00	kg
Mantenimiento Bocashi mes	2,33	min/hombre
Aplicación del Bocashi	57,00	min/hombre
Promedio siembra por cama		
Preparación de semilla: hongos entomopatógenos comerciales 250 g por 20 L de suero de leche (48 horas incubando) y se disuelve en 40 L de agua:		
Cantidad de mezcla disuelta para la siembra	2,00	L
Concentración de hongos entomopatógenos	12,50	g
Concentración suero de leche (regalado)	1,00	L
Siembra inicial tres esquejes por sitio. \$ 60,00/ esqueje (Correa, 2014)	1658,70	Esquejes
Tipo de semilla	-	Asexual
Preparación hongos entomopatógenos comerciales y siembra	120,00	min/hombre

Tabla A1-1: continuación

Promedio siembra por cama		
Número de esquejes por hoyo (esquejes obtenidos de cultivos establecidos)	5 y 6	Unidades
Longitud de esquejes (depende condición de la planta. No especifican)	-	-
Profundidad hoyos	20,00	cm
Distancia de siembra	20x20	cm
Plantas por 1 m ²	25,00	plantas/m ²
Plantas por cama	552,90	plantas/cama
Análisis de suelos \$120,000/10,000 m ² (Correa, 2014)	265,39	\$/cama
Promedio prácticas culturales por cama		
Deshierba con azadón cama y camino	52,50	min/hombre
Rozar con guadaña	8,00	min/hombre
Monitoreo cada ocho días (contratado)	4,00	min/hombre
Valor monitoreo semanal \$75000 por el área total 2,416 ha. (24160 m ²) por el área de una cama	68,65	\$/cama
Aplicación de riego .Una vez por semana	7,52	min/hombre
Uso de la aspiradora. Una vez por semana	1,29	min/hombre
Promedio preparación y aplicación de abonos por cama		
<u>Bocashi</u>		
Aserrín	50,00	kg
Gallinaza	50,00	kg
Desechos de cosecha	100,00	kg
Total Bocashi	200,00	kg
Mantenimiento Bocashi mes	2,33	min/hombre
Aplicación Bocashi	54,37	min/hombre
Humus líquido de lombriz + melaza: 100 L humus liquido + 20 kg melaza por 1000 L agua		
Concentración melaza por cama	134,00	g
Concentración humus liquido de lombriz	670,00	ml
Cantidad preparación humus liquido + melaza + agua	6,70	L
Mantenimiento humus liquido al mes	0,47	min/hombre
Preparación y acarreo humus liquido + melaza	0,40	min/hombre
Aplicación humus liquido + melaza	7,96	min/hombre
Promedio preparación y aplicación de biopesticidas por cama		
Caldo Sulfo-Cálcico: Az 1 kg + Cal 4 kg + 30 L agua. 120 cm³ por bomba de 20 L		
Concentración de Az	1,34	g
Concentración de Cal	5,36	g
Cantidad preparación Caldo Sufo-Cálcico (Az+Cal+Agua)	6,70	L
Preparación Caldo Sulfo- Cálcico	6,70	min/hombre
Aplicación Caldo Sulfo-Cálcico	5,83	min/hombre
Jabón Potásico: 60 cm³ por bomba de 20 L		
Concentración de Jabón Potásico	14,43	cm ³
Cantidad preparación Jabón Potásico + Agua	4,81	L
Preparar y aplicar Jabón Potásico	6,00	min/hombre

Tabla A1-1: continuación

Ajo – ají: 2 cm³ por 1 L de agua		
Concentración ajo – ají	13,4	cm ³
Cantidad preparación ajo-ají+ Agua	6,7	L
Preparar y aplicar ajo-ají	5,83	min/hombre
Caldo bordelés: 5 g por 1 L de agua		
Concentración caldo bordelés	33,5	g
Cantidad preparación caldo bordelés + Agua	6,7	L
Preparar y aplicar caldo bordelés	5,83	min/hombre
Promedio cosecha por cama		
Tiempo en cosechar 1m ²	7,58	min/hombre
Tiempo en cosechar 1 cama	167,64	min/hombre
Numero de canastas para contener la producción (producción bruta-desperdicio en campo)	5	Canastas
Consumo aprox. Gasolina carro	27,30	km/galón
Transporte de campo a sala en carro. Canastas de 14 lb (7 kg) 10 por carga. Consumo gasolina carro. Por trayecto (406 m)	0,015	Galones
Tiempo en transportar, cargar, descargar y pesar la producción de una cama	15	min/hombre
Tiempo total en cosechar y poner en sala la cosecha de una cama	182,64	min/hombre
Otros		
Tenencia de la propiedad (Lote 4460 m ² valorado en \$ 50,000,000). Área parcela 1023 m ²	247937	\$/Cama
	103307	\$/Camino
Total cama y camino	351244	\$ Cama y camino
Salario empleados de campo	58,82	\$/min
Salario empleadas de sala	58,33	\$/min
Consumo energía estacionaria	0,91	kW.hora
Consumo energía motor riego	5,56	kW.hora
Consumo energía aspiradora	1,21	kW.hora
Consumo gasolina guadañadora	0,7 o 0,185	L/h o galones
Precio de venta libra de 460 g	3,50	USD/460g
kW.hora	396,53	\$/KW.hora
Papelería 100,000 mes por 10.000. (Correa, 2014)	221,16	\$/mes/cama
Poscosecha estimativo producción de una cama		
Pesar, maquillar, empacar en bolsa y tabaco y sunchar la producción de neta de una cama	329,91	min
Numero de tabacos por producción neta de una cama (tabaco estándar 14 lb)	4,12	cajas
Canastas para contener la producción en sala	4	canastas
Transporte de sala a aeropuerto 120,000 x 200 cajas	2276,37	\$/4,12 cajas
Bolsas plásticas	57,73	unidades
Papel periódico	57,73	unidades
Zuncho plástico	494,86	cm
Grapas metálicas	65,98	Unidades

Anexo 2: Caracterización del modelo productivo convencional

Tabla A2-1: Descripción del modelo de producción convencional

Caracterización modelo convencional		
Áreas		
Área parcela	555,00	m ²
Promedio largo de cama	21,19	m
Promedio ancho de cama	1,20	m
Promedio área de cama	25,43	m ²
Promedio ancho de caminos entre camas	40,00	cm
Promedio área de caminos	8,48	m ²
Promedio caminos entre cultivos	80,00	cm
Promedio ancho de caminos entre camas	40,00	cm
Promedio preparación del terreno por cama		
Destroncar una cama (quitar cultivo anterior)	30,00	min/hombre
Picar cama con azadón	30,00	min/hombre
Trazar cama con hilo, armarla y hacer camino.	40,00	min/hombre
Aplicación al boleto enmienda cal dolomita y gallinaza	30,00	min/hombre
Cal dolomita	6,00	kg
Gallinaza	40,00	kg
Promedio siembra por cama		
Siembra Inicial tres esquejes por sitio. \$60,00/esqueje (Correa, 2014)	1017,28	Esquejes
Tipo de semilla	-	Asexual
Obtención semilla	120,00	min/hombre
Siembra y hoyo	45,00	min/hombre
Número de esquejes por hoyo	13,00	unidades
Longitud de esquejes	10 a 12	cm
Profundidad hoyos	10 a 12	cm

Tabla A2-1: continuación

Promedio siembra por cama		
Distancia de siembra	30x25	cm
Plantas por 1 m ²	13,33	plantas/m ²
Plantas por cama	339,09	plantas/cama
Análisis de suelos \$120,000/10,000 m ² (Correa, 2014)	305,18	\$/cama
Promedio prácticas culturales por cama		
Deshierba con cuchillo	17,90	min/hombre
Rozar con cuchillo	26,67	min/hombre
Monitoreo antes de aplicar ingrediente activo	3,00	min/hombre
Adecuación del riego	0,68	min/hombre
Riego una vez por semana. cuatro horas día	240,00	min/cada semana
Promedio preparación y aplicación de abonos por cama		
Gallinaza y N17-P6-K18-Mg2		
Gallinaza	14,21	kg
N17-P6-K18-Mg2	2,37	kg
Total gallinaza + N17-P6-K18-Mg2	16,58	kg
Preparación gallinaza y N17-P6-K18-Mg2	2,84	min/hombre
Aplicación	17,43	min/hombre
Gallinaza y N15-P15-15K		
Gallinaza	12,31	kg
N15-P15-15K	4,10	kg
Total gallinaza + N15-P15-15K	16,41	kg
Tiempo de preparación gallinaza y N15-P15-15K	2,81	min/hombre
Aplicación	17,00	min/hombre
Promedio preparación y aplicación de herbicidas por camino		
Herbicida Gly Phogan 120 cm³ por 20 L agua		
Glifosato + agua	1,66	L
Concentración glifosato	9,96	cm ³
Preparación y aplicación glifosato	1,20	min/hombre
Promedio preparación y aplicación de agroquímicos por cama		
Insecticida Profenofos 200 ml + Fungicida Benomil 100 g por 200 L de agua		
Profenofos + Benomil + agua	5,00	L
Concentración Profenofos	5,00	ml
Concentración Benomil	2,50	g
Preparación y aplicación insecticida + fungicida	2,31	min/hombre
Metaldehído		
Cantidad de Metaldehído	277,78	g
Aplicación	8,33	min/hombre
Promedio cosecha por cama		
Tiempo en cosechar 1 m ²	1,98	min/hombre
Tiempo en cosechar 1 cama	50,36	min/hombre
Transporte de campo a sala. 3 canastas de 5 kg cd/1 = 15 kg	10,00	min/hombre

Tabla A2-1: continuación

Promedio cosecha por cama		
Numero de canastas para contener la producción (producción bruta-desperdicio en campo)	20	Canastas
Tiempo total llevar de campo a sala el total de la producción de una cama	66,27	min/hombre
Tiempo total en cosechar y poner en sala la producción de una cama	116,62	min/hombre
Otros		
Tenencia de la propiedad (Alquiler \$ 1,000,000 por 27700 m). Lote estragón 555 m ² \$ 20036	918,12	\$Cama/mes
	306,04	\$Camino/mes
Total cama y camino mes	1224,16	\$/mes
Total cama y camino semana	306,04	\$/semana
Salario empleados de campo	75,94	\$/minuto
Salario empleadas de sala	75,94	\$/minuto
Consumo energía bomba sumergible	1,65	kW.hora
Consumo energía motor estacionaria	2,16	kW.hora
Precio venta lb de 480 g	2,50	USD/480g
Kw/hora	469,64	\$/kW.hora
Otros del proceso		
Transporte campo a sala. 50,000 x 72 canastas	13805,83	20 canastas
Tiempo transporte de campo a sala	19,00	min
Papelería 100,000 mes por 10.000 m ²	254,32	\$/cama
Poscosecha estimativo por cama		
Pesar, maquillar, empacar en bolsa y tabaco y sunchar la producción de neta de una cama	278,61	min
Numero de tabacos por producción neta de una cama (tabaco estándar 14 lb)	12,91	Cajas
Canastas para contener la producción en sala	17	canastas
Transporte de sala a aeropuerto 85,000 x 200 cajas	5488,50	\$/12,91 cajas
Bolsas plásticas	180,80	unidades
Papel periódico	180,80	unidades
Zuncho plástico	1549,69	cm
Grapas metálicas	206,63	unidades
Grapas zuncho plástico	25,83	unidades
Guantes	8,00	pares
Infraestructura	3680,67	\$
Consumo energía	2180,77	\$
Implementos aseo	727,64	\$
Depreciación equipos, herramientas y canastas	1236,47	\$

Anexo 3. Comparación rendimiento y desperdicios de los modelos de producción por medio de las pruebas no paramétricas Mann-Whitney.

Convencional vs Orgánica	Prueba Bilateral	Prueba de cola izquierda	Prueba de cola derecha
Rendimiento bruto	2.2e-16	1	
Rendimiento neto	1,01E-09	1	
Desperdicio en campo	0.1599	0.9218	0.07994
Desperdicio en sala	0.02041	0.9901	
Desperdicio Total	0.0145	0.993	

Anexo 4. Referencias valores de equivalencias energéticas

Elemento	Unidad	Valor de Equivalencia Energética	Referencias
Directos			
Electricidad	Mj/Kw	14,4	Leach (1976).
Gasolina	Mj/litro	46,3	Kitani (1999).
Indirectos			
Nitrógeno	Mj/kg	55,3	Dalgaard et al. (2001), Wells (2001), Hülbergen et al. (2001), Gezer et al. (2003), Gliessman (2000)
Fósforo	Mj/kg	15,8	Hülbergen et al. (2001)
Potasio	Mj/kg	9,3	Hülbergen et al. (2001)
Fertilizante orgánico	Mj/kg	0,3	Funes-Monzote (2009)
Melaza	Mj/kg	6,3	Haan and Feikema (2001) Valor energético dentro de los concentrados.
Herbicidas	Mj/kg	214	Dalgaard et al. (2001), Hülbergen et al. (2001), Gezer et al. (2003)
Insecticidas	Mj/kg	278	Dalgaard et al. (2001), Hülbergen et al. (2001)
Fungicidas	Mj/kg	276	Dalgaard et al. (2001), Wells (2001), Hülbergen et al. (2001)
Horas Trabajo	Mj/Hora	1	Funes-Monzote (2009)
Cal y Azufre	Mj/kg	9,3	Sin información. Valor de K para darle peso.

Anexo 5. Ingreso energía directa (IE_d) e indirecta (IE_i) del modelo de producción orgánico

Mj/ m ²	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Anual
IE_d						
Electricidad	7,27	6,05	9,27	7,17	6,60	33,64
Combustible	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	1,01
TOTAL IE_d	7,49	6,26	9,49	7,38	6,81	34,64
IE_i						
Fertilización	0,17	0,14	-	0,24	0,28	0,77
Control de plagas y enfermedades	0,75	1,14	1,85	0,01	0,01	3,47
Mano de obra	0,26	0,29	0,01	0,37	0,37	1,19
TOTAL IE_i	1,17	1,56	1,86	0,62	0,66	5,43
TOTAL IE (IE_d+IE_i)	8,66	7,83	11,35	8,00	7,47	40,08

Anexo 6. Ingreso energía directa (IE_d) e indirecta (IE_i) del modelo de producción convencional.

Mj/ m ²	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Anual
IE_d							
Electricidad	1,20	1,55	1,25	1,20	1,20	2,90	9,96
Combustible	1,08	-	1,08	0,31	0,31	0,21	3,20
TOTAL IE_d	2,28	1,55	2,33	1,51	1,51	3,11	13,16
IE_i							
Fertilización	1,29	-	-	2,09	-	2,09	5,86
Control de plagas, enfermedades y arvenses	-	2,42	0,06	-	-	-	2,66
Mano de obra	0,20	0,30	0,14	0,19	0,13	0,17	1,22
TOTAL IE_i	1,48	2,73	0,20	2,28	0,13	2,26	9,74
TOTAL IE (IE_d+IE_i)	3,76	4,27	2,53	3,79	1,64	5,37	22,91

Anexo 7. Costos y gastos de la producción de *A. dracunculoides* en el modelo orgánico.

Tabla A7-1: Costo por ciclo de la producción de *A. dracunculoides* por m² en el modelo orgánico

<i>Costos de la producción de A. dracunculoides por ciclo m2</i>						
Ítems	Tipología	Costo por ciclo				
		<i>Ciclo 1</i>	<i>Ciclo 2</i>	<i>Ciclo 3</i>	<i>Ciclo 4</i>	<i>Ciclo 5</i>
1. Costos establecimiento del cultivo	Variable	\$ 256,24	\$ 268,74	\$ 546,86	\$ 271,87	\$ 412,49
Subtotal costos fase establecimiento	-	\$ 256,24	\$ 268,74	\$ 546,86	\$ 271,87	\$ 412,49
Ítems	Tipología	Costo por ciclo				
2. Costos de producción:		<i>Ciclo 1</i>	<i>Ciclo 2</i>	<i>Ciclo 3</i>	<i>Ciclo 4</i>	<i>Ciclo 5</i>
Mano de obra	Fijo	\$ 1.018,94	\$ 947,04	\$ 524,96	\$ 1.244,64	\$ 1.359,13
Insumos	Variable	\$ 490,04	\$ 148,88	\$ 9,51	\$ 910,13	\$ 891,66
Depreciación herramientas	Fijo	\$ 2,72	\$ 1,47	\$ 0,76	\$ 4,39	\$ 4,25
Amortización sistema de riego	Fijo	\$ 1,34	\$ 0,93	\$ 1,98	\$ 0,93	\$ 1,52
Degradación por uso de la tierra	Variable	\$ 4.303,68	\$ 2.735,74	\$ 2.856,62	\$ 2.589,86	\$ 299,64
Consumo energía	Variable	\$ 215,20	\$ 166,56	\$ 255,42	\$ 197,40	\$ 241,43
Consumo de combustible	Variable	\$ 14,76	\$ 10,44	\$ 19,08	\$ 10,44	\$ 19,08
Depreciación canastas	Fijo	\$ 1,03	\$ 1,03	\$ -	\$ 1,03	\$ 1,03
Subtotal costos fase de producción	-	\$ 6.047,73	\$ 4.012,10	\$ 3.668,34	\$ 4.958,82	\$ 2.817,74
Ítems	Tipología	Costo por ciclo				
3. Costos de poscosecha		<i>Ciclo 1</i>	<i>Ciclo 2</i>	<i>Ciclo 3</i>	<i>Ciclo 4</i>	<i>Ciclo 5</i>
Mano de obra	Fijo	\$ 1.631,57	\$ 1.631,57	\$ -	\$ 1.631,57	\$ 1.631,57
Insumos	Variable	\$ 1.022,53	\$ 1.022,53	\$ -	\$ 1.022,53	\$ 1.022,53
Depreciaciones	Fijo	\$ 62,70	\$ 62,70	\$ -	\$ 62,70	\$ 62,70
Transporte sala - aeropuerto	Variable	\$ 102,93	\$ 102,93	\$ -	\$ 102,93	\$ 102,93
Infraestructura	Fijo	\$ 197,07	\$ 197,07	\$ -	\$ 197,07	\$ 197,07
Consumo energía	Variable	\$ 98,59	\$ 98,59	\$ -	\$ 98,59	\$ 98,59
Subtotal costos poscosecha	-	\$ 3.115,38	\$ 3.115,38	\$ -	\$ 3.115,38	\$ 3.115,38

Tabla A7-2. Gastos por ciclo de la producción de *A. dracunculoides* por m² en el modelo orgánico

Gastos de la producción de <i>A. dracunculoides</i> por ciclo m²						
Ítems	Tipología	Gasto por ciclo				
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5
1. Subtotal costos establecimiento del cultivo:		\$ 256,24	\$ 268,74	\$ 546,86	\$ 271,87	\$ 412,49
Imprevistos 10%	Variable	\$ 25,62	\$ 26,87	\$ 54,69	\$ 27,19	\$ 41,25
Impuestos 0,0438 por mil	Fijo	\$ 11,22	\$ 11,77	\$ 23,95	\$ 11,91	\$ 18,07
Administración 10%	Fija	\$ 25,62	\$ 26,87	\$ 54,69	\$ 27,19	\$ 41,25
Subtotal gastos fase establecimiento:		\$ 62,47	\$ 65,52	\$ 133,32	\$ 66,28	\$ 100,56
Ítems	Tipología	Gasto por ciclo				
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5
2. Subtotal costos fase de producción:		\$ 6.047,73	\$ 4.012,10	\$ 3.668,34	\$ 4.958,82	\$ 2.817,74
Imprevistos 10%	Variable	\$ 604,77	\$ 401,21	\$ 366,83	\$ 495,88	\$ 281,77
Impuestos 0,0438 por mil	Fijo	\$ 264,89	\$ 175,73	\$ 160,67	\$ 217,20	\$ 123,42
Administración 10%	Fija	\$ 604,77	\$ 401,21	\$ 366,83	\$ 495,88	\$ 281,77
Subtotal gastos fase de producción:		\$ 1.474,44	\$ 978,15	\$ 894,34	\$ 1.208,96	\$ 686,96
Ítems	Tipología	Gasto por ciclo				
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5
3. Subtotal costos de poscosecha:		\$ 3.115,38	\$ 3.115,38	\$ -	\$ 3.115,38	\$ 3.115,38
Imprevistos 10%	Variable	\$ 311,54	\$ 311,54	\$ -	\$ 311,54	\$ 311,54
Impuestos 0,0438 por mil	Fijo	\$ 136,45	\$ 136,45	\$ -	\$ 136,45	\$ 136,45
Administración 10%	Fija	\$ 311,54	\$ 311,54	\$ -	\$ 311,54	\$ 311,54
Subtotal gastos de poscosecha:		\$ 759,53	\$ 759,53	\$ -	\$ 759,53	\$ 759,53

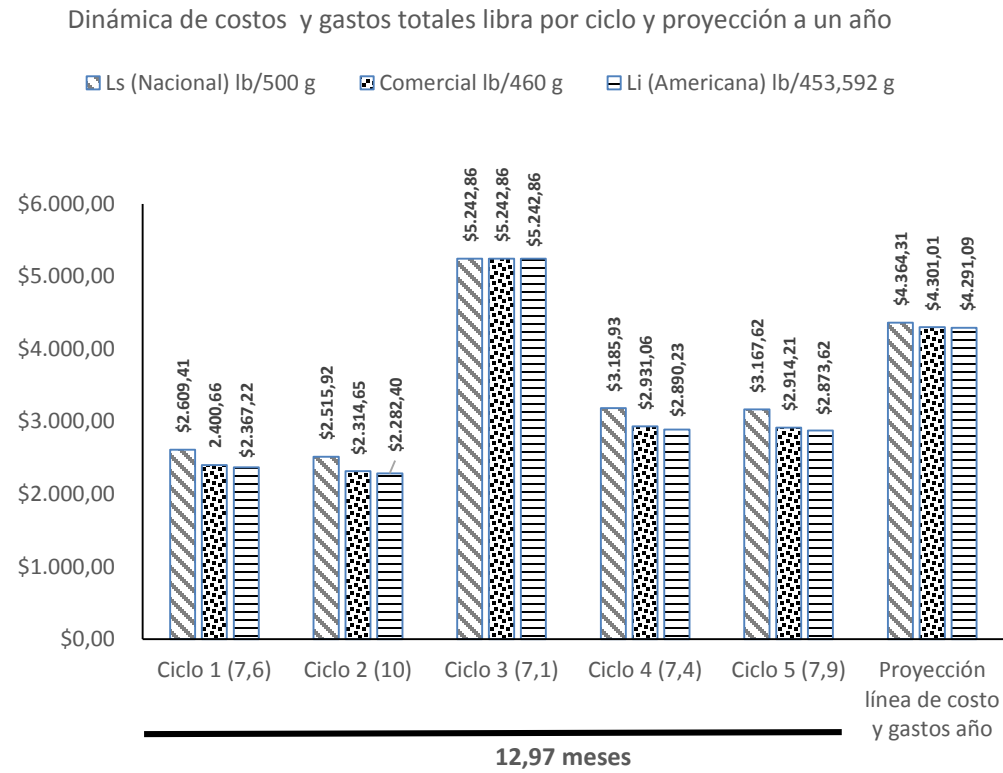
Tabla A7-3. Costos y gastos totales por ciclo de la producción de *A. dracunculoides* por m² en el modelo orgánico

Costos y gastos de la producción de <i>A. dracunculoides</i> por ciclo m²						
ítem		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5
Costos y gastos variables totales m ²	a	\$ 7.445,90	\$ 5.294,02	\$ 4.109,01	\$ 6.038,33	\$ 3.722,89
Costos y gastos fijos totales m ²	F	\$ 4.269,88	\$ 3.905,39	\$ 1.133,85	\$ 4.342,50	\$ 4.169,77
Costos y gastos totales m²	Y	\$ 11.715,78	\$ 9.199,41	\$ 5.242,86	\$ 10.380,83	\$ 7.892,66

Tabla A7-4. Costos y gastos totales y proyección anual de la producción de *A. dracunculoides* por libra en el modelo orgánico

Costos y gastos totales de producción por libra			
Ciclos/semanas	Ls (Nacional)	Comercial	Li (Americana)
	lb /500gr	lb/460 gr	lb/453,592gr
Ciclo 1 (8,2)	\$ 2.609,41	\$ 2.400,66	\$ 2.367,22
Ciclo 2 (8,6)	\$ 2.515,92	\$ 2.314,65	\$ 2.282,40
Ciclo 3 (17,5)	\$ 5.242,86	\$ 5.242,86	\$ 5.242,86
Ciclo 4 (8,7)	\$ 3.185,93	\$ 2.931,06	\$ 2.890,23
Ciclo 5 (13,2)	\$ 3.167,62	\$ 2.914,21	\$ 2.873,62
Proyección línea de costos y gastos año	\$ 4.364,31	\$ 4.301,01	\$ 4.291,09

Figura A-7-5. Dinámica de costos y gastos totales por ciclo y proyección anual de *A. dracunculoides* por libra en el modelo orgánico



Anexo 8. Costos y gastos de la producción de *A. dracunculoides* en el modelo convencional

Tabla A8-1. Costo por ciclo de la producción de *A. dracunculoides* por m² en el modelo convencional

Costos de la producción de <i>A. dracunculoides</i> por ciclo m ²							
Ítems	Tipología	Costo por ciclo					
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6
1. Costos establecimiento del cultivo	Variable	\$ 120,59	\$ 158,67	\$ 112,66	\$ 117,42	\$ 125,35	\$ 134,87
Subtotal costos fase establecimiento	-	\$ 120,59	\$ 158,67	\$ 112,66	\$ 117,42	\$ 125,35	\$ 134,87
Ítems	Tipología	Costo por ciclo					
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6
2. Costos de producción:							
Mano de obra	Variable	\$ 476,45	\$ 188,79	\$ 378,33	\$ 475,08	\$ 362,47	\$ 423,66
Insumos	Variable	\$ 242,21	\$ 127,61	\$ 31,14	\$ 368,42	\$ 19,75	\$ 371,17
Depreciación herramientas	Fijo	\$ 0,68	\$ 0,13	\$ 0,17	\$ 0,76	\$ 0,14	\$ 0,71
Amortización sistema de riego	Fijo	\$ 12,73	\$ 16,37	\$ 12,73	\$ 12,73	\$ 12,73	\$ 14,55
Alquiler de la tierra	Fijo	\$ 91,46	\$ 120,34	\$ 85,44	\$ 89,05	\$ 95,07	\$ 102,29
Consumo energía	Variable	\$ 39,09	\$ 50,26	\$ 40,63	\$ 39,09	\$ 39,09	\$ 44,68
Transporte campo a sala	Variable	\$ 542,85	\$ -	\$ 542,85	\$ 542,85	\$ 542,85	\$ 542,85
Depreciación canastas	Fijo	\$ 2,45	\$ -	\$ 2,45	\$ 2,45	\$ 2,45	\$ 2,45
Subtotal costos fase de producción	-	\$ 1.407,93	\$ 503,48	\$ 1.093,74	\$ 1.530,43	\$ 1.074,55	\$ 1.502,35
Ítems	Tipología	Costo por ciclo					
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6
3. Costos de poscosecha							
Mano de obra	Variable	\$ 1.779,24	\$ -	\$ 1.779,24	\$ 1.779,24	\$ 1.779,24	\$ 1.779,24
Insumos	Variable	\$ 2.674,03	\$ -	\$ 2.674,03	\$ 2.674,03	\$ 2.674,03	\$ 2.674,03
Depreciaciones	Fijo	\$ 48,62	\$ -	\$ 48,62	\$ 48,62	\$ 48,62	\$ 48,62
Transporte sala - aeropuerto	Variable	\$ 215,81	\$ -	\$ 215,81	\$ 215,81	\$ 215,81	\$ 215,81
Infraestructura	Fijo	\$ 144,73	\$ -	\$ 144,73	\$ 144,73	\$ 144,73	\$ 144,73
Consumo energía	Variable	\$ 85,75	\$ -	\$ 85,75	\$ 85,75	\$ 85,75	\$ 85,75
Subtotal costos poscosecha		\$ 4.948,18	\$ -	\$ 4.948,18	\$ 4.948,18	\$ 4.948,18	\$ 4.948,18

Tabla A8-2. Gastos por ciclo de la producción de *A. dracunculoides* por m² en el modelo convencional.

<i>Gastos de la producción de A. dracunculoides por ciclo m2</i>							
Ítems	Tipología	Gasto por ciclo					
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6
1. Subtotal costos establecimiento del cultivo:		\$ 120,59	\$ 158,67	\$ 112,66	\$ 117,42	\$ 125,35	\$ 134,87
Imprevistos 10%	Variable	\$ 12,06	\$ 15,87	\$ 11,27	\$ 11,74	\$ 12,53	\$ 13,49
Impuestos 0,0438 por mil	Fijo	\$ 5,28	\$ 6,95	\$ 4,93	\$ 5,14	\$ 5,49	\$ 5,91
Administración 10%	Fijo	\$ 12,06	\$ 15,87	\$ 11,27	\$ 11,74	\$ 12,53	\$ 13,49
Subtotal gastos fase establecimiento:	-	\$ 29,40	\$ 38,68	\$ 27,47	\$ 28,63	\$ 30,56	\$ 32,88
Ítems	Tipología	Gasto por ciclo					
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6
2. Subtotal costos fase de producción:		\$ 1.407,93	\$ 503,48	\$ 1.093,74	\$ 1.530,43	\$ 1.074,55	\$ 1.502,35
Imprevistos 10%	Variable	\$ 140,79	\$ 50,35	\$ 109,37	\$ 153,04	\$ 107,46	\$ 150,23
Impuestos 0,0438 por mil	Fijo	\$ 61,67	\$ 22,05	\$ 47,91	\$ 67,03	\$ 47,07	\$ 65,80
Administración 10%	Fijo	\$ 140,79	\$ 50,35	\$ 109,37	\$ 153,04	\$ 107,46	\$ 150,23
Subtotal gastos fase de producción:	-	\$ 343,25	\$ 122,75	\$ 266,65	\$ 373,12	\$ 261,98	\$ 366,27
Ítems	Tipología	Gasto por ciclo					
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6
3. Subtotal costos de poscosecha		\$ 4.948,18	\$ -	\$ 4.948,18	\$ 4.948,18	\$ 4.948,18	\$ 4.948,18
Imprevistos 10%	Variable	\$ 494,82	\$ -	\$ 494,82	\$ 494,82	\$ 494,82	\$ 494,82
Impuestos 0,0438 por mil	Fijo	\$ 216,73	\$ -	\$ 216,73	\$ 216,73	\$ 216,73	\$ 216,73
Administración 10%	Fijo	\$ 494,82	\$ -	\$ 494,82	\$ 494,82	\$ 494,82	\$ 494,82
Subtotal gastos de poscosecha:	-	\$ 1.206,37	\$ -	\$ 1.206,37	\$ 1.206,37	\$ 1.206,37	\$ 1.206,37

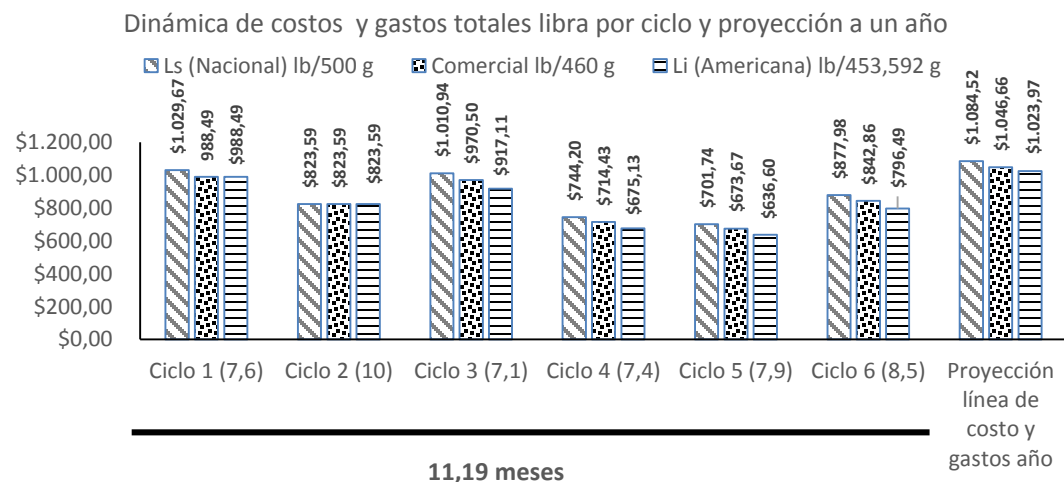
Tabla A8-3. Costos y gastos totales por ciclo de la producción de *A. dracunculoides* por m² en el modelo convencional.

<i>Costos y gastos de la producción de A. dracunculoides por ciclo m2</i>							
-	-	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6
Costos y gastos variables totales m2	a	\$ 6.823,70	\$ 591,54	\$ 6.475,89	\$ 6.957,29	\$ 6.459,15	\$ 6.930,59
Costos y gastos fijos totales m2	F	\$ 1.232,02	\$ 232,05	\$ 1.179,16	\$ 1.246,84	\$ 1.187,83	\$ 1.260,32
Costos y gastos totales m2	Y	\$ 8.055,71	\$ 823,59	\$ 7.655,05	\$ 8.204,13	\$ 7.646,98	\$ 8.190,91

Tabla A8-4. Costos y gastos totales y proyección anual de la producción de *A. dracunculoides* por libra en el modelo convencional

<i>Costos y gastos totales de producción de A.dracunculoides por libra</i>			
Ciclos/semanas	Ls (Nacional)	Comercial	Li (Americana)
	lb /500gr	lb/480 gr	lb/453,592gr
Ciclo 1 (7,6)	\$ 1.029,67	\$ 988,49	\$ 988,49
Ciclo 2 (10)	\$ 823,59	\$ 823,59	\$ 823,59
Ciclo 3 (7,1)	\$ 1.010,94	\$ 970,50	\$ 917,11
Ciclo 4 (7,4)	\$ 744,20	\$ 714,43	\$ 675,13
Ciclo 5 (7,9)	\$ 701,74	\$ 673,67	\$ 636,60
Ciclo 6 (8,5)	\$ 877,98	\$ 842,86	\$ 796,49
Proyección línea de costos y gastos año	\$ 1.084,52	\$ 1.046,66	\$ 1.023,97

Figura A8-5: Dinámica de costos y gastos totales por ciclo y proyección anual de *A. dracunculoides* por libra en el modelo convencional



Anexo 9. Resultados indicador calidad de suelo.

Tabla A9-1. Resultados de la variable fertilidad de suelos (análisis químico) modelo de producción orgánico.

Variable Fertilidad de Suelos - Modelo orgánico																
Muestra	pH	Mo	Al	Ca	Mg	K	CICE	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N-NO ₃	N-NH ₄
		%	cmolc kg ⁻¹					mg kg ⁻¹								
1	6,6	23,0	-	23,2	2,6	0,32	26,1	13	14	37	2	2	5	0,2	21	15
2	6,8	22,2	-	25,4	2,6	0,31	28,3	20	39	26	2	2	6	0,2	17	12
3	6,2	22,6	-	16,0	2,2	0,30	18,5	14	26	45	2	2	7	0,3	16	15
4	6,4	21,9	-	16,5	2,5	0,23	19,2	17	13	35	2	1	5	0,2	10	18
5	6,1	22,4	-	15,9	1,6	0,24	17,7	10	20	40	2	2	5	0,3	16	18
6	6,5	22,4	-	18,4	2,8	0,82	22	13	16	38	2	1	6	0,4	21	18
7	6,2	22,1	-	14,2	1,8	0,40	16,4	14	20	40	2	1	5	0,3	13	18
8	6,5	22,1	-	17,9	1,2	0,27	19,4	8	11	34	2	1	5	0,3	12	20
\bar{x}	6,41	22,34		18,44	2,16	0,36	20,95	13,63	19,88	36,88	2,00	1,50	5,50	0,28	15,75	16,75
DE	0,24	0,35		3,88	0,57	0,19	4,22	3,74	9,09	5,57	0,00	0,53	0,76	0,07	3,99	2,55
Cv	3,68%	1,55%		21,06%	26,38%	53,38%	20,12%	27,44%	45,75%	15,09%	0,00%	35,63%	13,74%	25,71%	25,34%	15,22%

Tabla A9-2. Resultados de la variable fertilidad de suelos (análisis químico) modelo de producción convencional

Variable Fertilidad de Suelos - Modelo convencional																
Muestra	pH	Mo	Al	Ca	Mg	K	CICE	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N-NO ₃	N-NH ₄
		%	cmolc kg ⁻¹					mg kg ⁻¹								
1	4,8	21,7	0,5	11,3	1,8	0,41	14	62	56	79	5	3	17	2,3	40	21
2	5,2	19,4	0,3	13,4	2,8	0,88	17,4	59	55	54	3	3	17	2,4	43	21
3	5,3	18,1	0,2	17,8	3,1	0,89	22	65	61	46	3	3	17	2,6	45	16
4	5,5	20,2	0	14,8	3,1	0,77	18,7	47	44	52	3	4	21	2,5	41	17
5	5	16,4	0,2	12,6	2,2	0,84	15,8	42	56	60	6	4	20	2,3	75	17
6	5,1	20,5	0,7	7,9	1,1	0,35	10,1	62	53	96	6	4	16	1,7	25	15
7	5,1	21,1	0,4	9,5	2,1	0,34	12,3	38	52	59	3	4	14	1,7	28	20
8	5	20,8	0,5	8,3	1,5	0,55	10,9	54	48	67	4	4	13	1,5	25	16
\bar{x}	5,13	19,78	0,35	11,95	2,21	0,63	15,15	53,57	53,13	64,13	4,13	3,63	16,88	2,13	40,25	17,88
DE	0,21	1,75	0,22	3,40	0,74	0,24	4,11	10,15	5,25	16,33	1,36	0,52	2,70	0,42	16,27	2,42
Cv	4,14%	8,87%	62,97%	28,47%	33,51%	38,54%	27,10%	18,95%	9,88%	25,47%	32,88%	14,28%	15,98%	19,93%	40,43%	13,52%

Tabla A9-3. Resultados de la variable densidad real en ambos modelos

Variable Densidad real (Dr)		Variable Densidad real (Dr)	
Modelo orgánico		Modelo convencional	
Muestra	Dr g/cm ³	Muestra	Dr g/cm ³
1	2,02	1	1,98
2	2,03	2	1,98
3	2,03	3	1,98
4	2,02	4	2
5	2,03	5	2,06
6	2,02	6	2,01
7	2,02	7	2,05
8	2,02	8	2,09
\bar{x}	2,02	\bar{x}	2,02
DE	0,01	DE	0,04
Cv	0,26%	Cv	2,11%

Tabla A9-4. Resultados de la variable densidad aparente en ambos modelos

Variable Densidad aparente (Da)		Variable Densidad aparente (Da)	
Modelo orgánico		Modelo convencional	
Muestra	Da g/cm ³	Muestra	Da g/cm ³
1	0,51	1	0,56
2	0,57	2	0,62
3	0,54	3	0,57
4	0,52	4	0, 9
5	0,5	5	0,58
6	0,51	6	0,5
7	0,5	7	0,53
8	0,54	8	0,61
\bar{x}	0,52375	\bar{x}	0,57
DE	0,02	DE	0,04
Cv	4,67%	Cv	7,0 %

Tabla A9-5. Resultados de la variable estabilidad estructural en ambos modelos

Variable Estabilidad Estructural (EE)		Variable Estabilidad Estructural (EE)	
Modelo orgánico		Modelo convencional	
Muestra	EE %	Muestra	EE %
1	84,3	1	87,5
2	95,16	2	74,73
3	92,83	3	88,86
4	94,76	4	92,71
5	99,52	5	88,29
6	93,52	6	81,11
7	82,99	7	82,65
8	99,08	8	76,36
\bar{x}	92,77	\bar{x}	83,31
DE	6,12	DE	6,25
Cv	7%	Cv	8%

Tabla A9-6. Resultados de la variable resistencia a la penetración en ambos modelos

Variable Resistencia a la penetración				Variable Resistencia a la penetración			
Modelo orgánico				Modelo convencional			
Megapascuales				Megapascuales			
Muestra	20 cm	25 cm	30 cm	Muestra	20 cm	25 cm	30 cm
1	0,82	0,97	0,98	1	0,80	1,26	1,86
2	0,59	0,62	0,83	2	1,02	1,18	1,40
3	0,6	0,67	0,73	3	0,40	1,10	1,86
4	0,7	,84	1,41	4	0,88	1,03	1,13
5	0,73	0,72	0,9	5	0,54	1,44	1,90
6	0,78	0,78	1	6	0,17	0,7	1,34
7	0,72	0,64	0,83	7	0,88	0,71	1,13
8	0,78	0,59	0,87	8	0,40	0,87	0,77
\bar{x}	0,72	,73	0,94	\bar{x}	0,64	1,01	1,42
DE	0,08	0,13	0,21	DE	0,30	0,31	0,42
Cv	12%	18%	22%	Cv	47%	31%	29%

Tabla A9-7. Resultados de la variable determinación de la infiltración en ambos modelos

Variable determinación infiltración			Variable determinación infiltración		
Modelo orgánico			Modelo convencional		
Muestra	cm/hora	min/cm	Muestra	cm/hora	min/cm
1	113	0,56	1	350	0,18
2	199	0,30	2	488	0,13
3	126	0,57	3	241	0,25
4	176	0,41	4	6	0,39
5	119	0,52	5	351	0,21
6	128	0,49	6	386	0,25
7	97	0,67	7	220	0,29
8	135	0,48	8	226	0,29
\bar{x}	137	0,50	\bar{x}	307	0,25
DE	34	0,11	DE	103	0,08
Cv	25%	22%	Cv	33%	32%

Tabla A9-8. Resultados de la variable recuento de microorganismos por grupos funcionales (Productores de fitasas, proteolíticos, fijadores nitrógeno y celulolíticos) en el modelo de producción orgánico.

Variable recuento de microorganismos por grupos funcionales - Modelo orgánico.				
Muestra	Productores fitasas	Proteolíticos	Fijadores Nitrógeno	Celulolíticos
	UFC/g suelo seco			
1	3,40E+05	1,30E+06	8,45E+06	4,00E+06
2	1,21E+06	1,00E+06	6,05E+06	7,05E+06
3	3,50E+05	1,05E+06	5,15E+06	6,65E+06
4	1,05E+06	1,45E+06	6,20E+06	6,55E+06
5	4,40E+05	9,50E+05	7,25E+06	6,95E+06
6	8,48E+05	1,05E+06	7,95E+06	8,10E+06
7	8,00E+05	1,00E+06	5,15E+06	6,90E+06
8	1,44E+06	1,00E+06	3,20E+06	7,40E+06
\bar{x}	8,10E+05	1,10E+06	6,18E+06	6,70E+06
DE	4,12E+05	1,77E+05	1,71E+06	1,19E+06
Cv	50,82%	16,12%	27,68%	17,83%

Tabla A9-9. Resultados de la variable recuento de microorganismos por grupos funcionales (porcentaje de infección micorrizal y número de esporas de hongos formadores de micorrizas) en el modelo de producción orgánico

Variable recuento de microorganismos por grupos funcionales: porcentaje infección micorrizal y número de esporas de hongos formadores de micorrizas - Modelo orgánico		
Muestra	Raíces infectadas (%)	Número esporas/g suelo seco
1	25,46	36,4
2	17,24	43,3
3	10,31	29,8
4	15,18	29,5
5	10,78	33,5
6	18,55	40,1
7	15,32	48,8
8	20,53	59,5
\bar{x}	16,67	40,11
DE	5,00	10,27
Cv	30,01%	25,60%

Tabla A9-10. Resultados de la variable recuento de microorganismos por grupos funcionales (Productores de fitasas, proteolíticos, fijadores nitrógeno y celulolíticos) en el modelo de producción convencional.

Variable recuento de microorganismos por grupos funcionales – Modelo convencional				
Muestra	Productores fitasas	Proteolíticos	Fijadores Nitrógeno	Celulolíticos
	UFC/g suelo seco			
1	1,98E+06	7,50E+05	5,18E+06	4,05E+06
2	1,37E+06	1,15E+06	7,38E+06	3,50E+06
3	7,58E+05	1,35E+06	4,23E+06	3,25E+06
4	2,04E+06	1,05E+06	6,95E+06	4,45E+06
5	2,54E+06	1,30E+06	9,38E+06	3,75E+06
6	6,15E+06	2,80E+06	1,38E+07	5,80E+06
7	1,92E+06	1,45E+06	6,33E+06	4,70E+06
8	1,66E+06	1,05E+06	5,20E+06	4,75E+06
\bar{x}	2,30E+06	1,36E+06	7,31E+06	4,28E+06
DE	1,64E+06	6,20E+05	3,07E+06	8,23E+05
Cv	71,27%	45,53%	42,02%	19,22%

Tabla A9-11. Resultados de la variable recuento de microorganismos por grupos funcionales (porcentaje de infección micorrizal y número de esporas de hongos formadores de micorrizas) en el modelo de producción convencional.

Variable recuento de microorganismos por grupos funcionales: porcentaje infección micorrizal y número de esporas de hongos formadores de micorrizas - Modelo orgánico		
Muestra	Raíces infectadas (%)	Número de esporas/g suelo seco
1	16,67	19,70
2	20,83	11,00
3	20,89	8,90
4	22,87	15,10
5	20	10,40
6	15,13	14,50
7	16,49	10,80
8	15,27	9,60
\bar{x}	18,52	12,50
DE	2,97	3,66
Cv	16,03%	29,24%

Anexo 10. Resultados indicador calidad de agua

Tabla A10-1. Resultados de las variables físico-químicas y microbiológicas en modelo de producción orgánico.

Variables Físico-químicas y microbiológicas - Modelo orgánico									
Muestra	pH	Oxígeno disuelto (mg/L O ₂)	Conductividad μ S/cm	Salinidad (%)	Sólidos disueltos (mg/l)	Nitratos (mg/L NO ₃)	Nitritos (mg/L NO ₂ -N)	Coliformes Totales (100 ml)	<i>E. coli</i> (100 ml)
Agua de riego	7,04	1,4	27	0,01	42	2,3	0,016	2400	39
1	6,41	4,15	99,6	0,05	110	10,4	0,028	2400	127
2	6,46	5,15	57,2	0,03	44	8,74	0,010	2400	158
3	6,34	6,25	74,1	0,03	78	18,2	0,010	2400	119
4	6,34	4,9	66,6	0,03	64	14,2	0,010	2400	70
5	6,38	4,15	56,9	0,03	46	10,2	0,010	2400	461
6	6,42	3,65	48,1	0,02	36,7	6,95	0,010	2400	416
7	6,53	5,25	27	0,01	22	0,443	0,010	2400	28
\bar{x}	6,41	4,79	61,36	0,03	57,2	9,88	0,01	2400	197
DE	0,07	0,88	22,5	0,01	29,51	5,59	0,01	0,00	170,71
Cv	1,06%	18,30%	36,72%	42,52%	51,56%	56,56%	54,12%	0,00%	86,65%

Tabla A10-2. Resultados de las variables físico-químicas y microbiológicas en modelo de producción convencional.

Variables Físico-químicas y microbiológicas - Modelo convencional									
Muestra	pH	Oxígeno disuelto (mg/L O ₂)	Conductividad μ S/cm	Salinidad (%)	Sólidos disueltos (mg/l)	Nitratos (mg/l NO ₃)	Nitritos (mg/l NO ₂ -N)	Coliformes Totales (100 ml)	<i>E. coli</i> (100 ml)
Agua de riego	6,27	4,7	126	0,06	91	14,3	0,01	10	10
1	5,98	4,8	194,9	0,09	172	53,4	0,01	2400	111
2	5,9	4,85	269	0,13	180	85,9	0,01	2400	108,2
3	5,8	4,7	426	0,2	290	122	0,01	2400	108,2
4	5,84	4,75	343	0,16	280	81,3	0,01	2400	16
5	5,94	4,9	506	0,24	362	145	0,045	2400	185
6	6,06	4,9	390	0,19	299	99	0,027	2400	10
7	6,06	4,7	331	0,16	275	81,7	0,01	2400	219
\bar{x}	5,94	4,80	351,41	0,17	265	95,47	0,02	2400	108,20
DE	0,10	0,09	102,25	0,05	67,56	30,06	0,01	0,00	77,81
Cv	1,71%	1,80%	29,10%	29,25%	25,45%	31,49%	78,66%	0,00%	71,91%

Anexo 11. Resultados indicador calidad de material vegetal

Tabla A11-1. Resultados de la variable inocuidad de producto en modelo de producción orgánico

Variable inocuidad de producto - Modelo orgánico					
Muestra	Recuento mesófilos UFC/g	Coliformes/g	Coliformes fecales/g	<i>Staphylococcus coagulasa (+)</i> UFC/g	Mohos y levaduras UFC/g
1	200000	1100	3	100	1028
2	157000	460	3	100	3588
3	60000	1100	3	100	3500
4	300000	1100	3	100	1100
5	90000	460	3	100	1300
6	27000	93	3	100	2200
7	280000	1100	3	100	1900
8	190000	1100	3	100	3500
\bar{x}	163000	814	3	100	2265
DE	99302	410	0	0	1118
Cv	60,92%	50,42%	0,00%	0,00%	49,39%

Tabla A11-2. Resultados de la variable inocuidad de producto en modelo de producción convencional

Variable inocuidad de producto - Modelo convencional					
Muestra	Recuento mesófilos UFC/g	Coliformes/g	Coliformes fecales/g	<i>Staphylococcus coagulasa (+)</i> UFC/g	Mohos y levaduras UFC/g
1	24000	1100	15	100	620
2	339000	1100	11	100	80
3	303000	240	4	100	870
4	107000	1100	3	100	3410
5	165000	1100	7	100	1800
6	129000	1100	210	100	910
7	242000	75	4	100	1000
8	227000	1100	1100	100	60
\bar{x}	192000	864	169	100	1094
DE	105426	439	383	0	1087
Cv	54,91%	50,73%	226,13%	0%	99,42%

Tabla A11-3. Resultados de la variable calidad de producto (análisis químico foliar) en modelo de producción orgánico

Variable calidad de producto (Análisis foliar) - Modelo orgánico											
Muestra	N	P	S	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	%						$\mu\text{g g}^{-1}$				
1	1,23	0,12	0,24	1,29	0,33	2,81	108	26	43	39	26
2	1,25	0,12	0,19	1,34	0,28	3,1	81	19	40	31	29
3	1,95	0,3	0,41	1,99	0,37	2,54	171	34	230	63	30
4	1,54	0,16	0,34	1,41	0,3	2,37	152	28	90	39	24
5	1,05	0,27	0,24	1,36	0,32	2,53	172	28	130	47	27
6	1,63	0,32	0,41	2,15	0,45	2,2	321	32	150	64	43
7	1,66	0,3	0,55	1,62	0,34	2,5	244	39	170	73	41
8	2,1	0,3	0,35	1,88	0,39	3,11	284	36	260	64	35
\bar{x}	1,55	0,24	0,34	1,63	0,35	2,65	191,63	30,25	139,13	52,50	31,88
DE	0,36	0,09	0,12	0,33	0,05	0,33	84,20	6,34	80,63	15,36	7,06
Cv	23,41 %	36,90 %	34,40 %	20,53 %	15,67 %	12,53 %	43,94 %	20,96 %	57,95 %	29,26 %	22,15 %

Tabla A11-4. Resultados de la variable calidad de producto (análisis químico foliar) en modelo de producción convencional

Variable calidad de producto (Análisis foliar) - Modelo convencional											
Muestra	N	P	S	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	%						$\mu\text{g g}^{-1}$				
1	3,28	0,21	0,24	0,98	0,4	3,84	73	94	6	42	41
2	3,5	0,24	0,34	1,19	0,51	3,71	81	63	6	48	55
3	2,92	0,3	0,32	1,01	0,43	3,91	103	66	8	49	51
4	3,25	0,29	0,25	1,3	0,44	4,49	90	75	7	51	56
5	3,41	0,24	0,3	1,21	0,33	3,16	164	72	6	49	92
6	3,9	0,27	0,34	1,1	0,35	3,72	99	118	7	87	80
7	3,14	0,29	0,16	1,28	0,45	3,65	97	99	5	48	68
8	3,29	0,29	0,17	1,28	0,37	3,55	136	27	5	45	62
\bar{x}	3,34	0,27	0,27	1,17	0,41	3,75	105,38	76,75	6,25	52,38	63,13
DE	0,29	0,03	0,07	0,13	0,06	0,37	30,17	27,51	1,04	14,26	16,46
Cv	8,59 %	12,20 %	27,21 %	10,71 %	14,46 %	9,98 %	28,63 %	35,85 %	16,56 %	27,23 %	26,08 %

5. Bibliografía

ALBERT, Lilia. Curso Básico de Toxicología Ambiental. 2009. 311 p.

ALTIERI, Miguel. Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Uruguay: Editorial Nordan – Comunidad, 1999. 325 p.

ALTIERI, Miguel. Proyectos agrícolas en pequeña escala en armonía con el medio ambiente. Centro de Estudios en Tecnologías CETAL. Valparaíso, Chile. 1990. 167p.

ÁLVAREZ, S. J., GÓMEZ, M. A y SCHWENTESIUS, R. E. Investigaciones comparativas entre agricultura convencional y agricultura orgánica. En: Spanish Journal of Rural Development. 2013. Vol. IV, no. 4, p. 1-10.

ANDRADE, G. Role of Functional Groups of Microorganisms on the Rhizosphere Microcosm Dynamics. Plant Surface Microbiology –by P. Kroner, HD Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2004. 52-54 p.

ANTÓN VALLEJO, María. Utilización del análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. Tesis doctoral Ingeniería Ambiental. Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya, 2004. 366 p.

ARANDA, Yesid y SÁNCHEZ, Carlos. Análisis de costos para la producción de seis especies de hierbas aromáticas en Cundinamarca. En: Perspectivas del agronegocio de hierbas aromáticas culinarias y medicinales. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2007. p. 91-107

ARDILA, Alba; REYES, Juliana; ARRIOLA, Erasmo y HERNÁNDEZ, José. Remoción fotocatalítica de DQO, DBO₅ y COT de efluentes de la industria farmacéutica. En Revista Politécnica. Julio-Diciembre de 2012. Año 8. No 15. p 9 -17

ARVY, Marie-Pierre y GALLOUIN, François. Especies aromatizantes y condimentos. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa, 2007. 413 p.

ATLAS, R., and. BARTHA, R. Microbial ecology. Benjamin Cummings, NY, EEUU. 1997. 560 p.

BAHLAI, Christine, XUE, Yingen, McCreary, Cara, SCHAAFSMA, Arthur and HALLETT, Rebecca. Choosing organic pesticides over synthetic pesticides may not effectively mitigate environmental risk in soybeans. 2010. [online]. [Citado 12 de mayo de 2014] Journal PLOS – ONE <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0011250>

BAREÑO, P y CLAVIJO, J. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Proyecto hierbas aromáticas. Curso de extensión. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de agronomía. Bogotá DC. 2005. 11-24 p.

BAREÑO, P. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco manejo agronómico, producción y costo. En: Manejo productivo postcosecha y exportación en fresco de hierbas aromáticas culinarias temporada 2004-2005. Proyecto hierbas aromáticas. Curso de extensión. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de agronomía. Bogotá DC. 2005. p 15-27.

BAREÑO, Patricia. Estragón (*Artemisia dracunculus*) En: CLAVIJO, Jairo., BAREÑO, Patricia., CHAPARRO, Libia y GUIO, Carmen. Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Curso de extensión. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de agronomía. Bogotá DC.: Produmedios, 2006. p 97-99.

BARG, Raquel y QUEIRÓS, Fernando. Agricultura agroecológica – orgánica en el Uruguay. Principales conceptos, situación actual y desafíos. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL Uruguay). Uruguay. 2007. 76 p.

BEDOYA, L. Caracterización física y fisiológica poscosecha de dos hierbas frescas menta (*Mentha spicata* L.) y mejorana (*Origanum majorana*) a tres temperaturas y dos condiciones de almacenamiento. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento Ingeniería Agrícola y civil. Bogotá DC: 2005.

BENBROOK, Ch., ZHAO, X., YÁÑEZ, J., DAVIES, N and ANDREWS, P. New evidence confirms the nutritional superiority of plant-based organic foods. 2008. [online]. [Citado 12 de mayo de 2014] The Organic Center http://www.organic-center.org/reportfiles/5367_Nutrient_Content_SSR_FINAL_V2.pdf. 7 p

BLANCO, Diego, CASADIEGO, Gloria and PACHECO, Paola. (2011). The microbiological quality of food sent to a public health laboratory in 2009. En: Revista de Salud Pública. 2011. Vol. 13, no 6, p 953-965.

BOHLOOL, B., LADHA, J., GARRITY, D. and GEORGE, T. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture: A perspective. En: Plant and Soil. 1992. Vol 141. p 1-11.

BORBOLLA, Manuel; VIDAL, Ma del Rosario; PIÑA, Olga; RAMIREZ, Isabel y VIDAL, Juan. Contaminación de los alimentos por *Vibrio cholerae*, *coliformes fecales*, *Salmonella*, *hongos*, *levaduras* y *Staphylococcus aureus* en Tabasco durante 2003 En: Salud en Tabasco. Enero-agosto, 2004. Vol. 10. No. 2. p. 221-232

BRUULSEMA, Tom. Productividad de los sistemas orgánicos y convencionales de producción de cultivos. En: Información agronómica. Octubre, 2002. Vol 51. p. 8-11.

CALIMAN, Jean., CARCASSES, R., PEREI, N., WOHLFAHRT, J., GIRARDIN, P., DUBOS, B and VERWILGHEN, A. Agri-environmental indicators for sustainable palm oil production. En: Revista Palmas. 2007. Vol. 28. Tom 1. p.434- 445.

CALVO, Ángeles; GUARRO, José y SUAREZ, Guillermo. Los hongos como agentes etiológicos de alergias y enfermedades pulmonares: su incidencia en Barcelona. 2008 [online]. [Citado 12 de abril de 2017] https://www.researchgate.net/profile/Angeles_Calvo/publication/39399754_Los_hongos_como_agentes_etiologicos_de_alergias_y_enfermedades_pulmonares_su_incidencia_en_Barcelona/links/55f01bc508aedecb68fdf389.pdf.

CAPPELLESSO, Adinor e CAZELLA, Ademir. Indicador de sustentabilidade dos agroecossistemas: estudo de caso em áreas de cultivo de milho. En: Ciência Rural, Santa María. 2013. Vol 43. No 12. p. 2297-2303.

CIRILO, Alfredo. Rendimiento del cultivo de maíz. Manejo de la densidad y distancia entre surcos en maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Pergamino. Buenos Aires, Argentina. 2005. p. 128-133.

CLARK, M.S., HORWATH, W.R., SHENNAN, C., and SCOW, K.M. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. En: Agronomy Journal. 1998. Vol. 90. No. 5. p. 662-161.

CLAVIJO, P. Jairo. Manejo productivo poscosecha y exportación en fresco de hierbas aromáticas culinarias temporada 2004-2005. Proyecto hierbas aromáticas. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de agronomía. Bogotá. DC. 2005. 151 p.

CODEX ALIMENTARIUS. Normas internacionales de los alimentos. Organización mundial de la salud. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura [en línea]. [Citado 1 abril de 2014]. [http://www.codexalimentarius.org/normas-oficiales/lista-de-lasnormas/es/? O cache = 1](http://www.codexalimentarius.org/normas-oficiales/lista-de-lasnormas/es/?Ocache=1).

COLOMBIA. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL 3514. (CONPES) Política nacional fitosanitaria y de inocuidad para las cadenas de frutas y otros vegetales. [online]. [Citado 1 de abril de 2014]. <http://www.ica.gov.co/getattachment/b12bfeda1f3742669c0ce5c9e96be7bf/2008CN3514.aspx>.

COLOMBIA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS NEGRO Y NARE "CORNARE" (CORNARE). Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento de masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de San Vicente. Grupo de gestión del riesgo, Gobernación de Antioquia, Municipio de San Vicente Ferrer. 2012 (a). 91 p.

COLOMBIA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS NEGRO Y NARE "CORNARE" (CORNARE). Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento de masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de Rionegro. Grupo de gestión del riesgo Cornare, Gobernación de Antioquia, Municipio de Rionegro. 2012 (b). 137 p.

COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Guía para diseño, construcción e interpretación de indicadores. 2013. 38 p.

COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE MEDICAMENTOS Y ALIMENTOS (INVIMA). Red nacional de laboratorios. Laboratorio de microbiología [en línea]. [Citado 24 de abril de 2014]. https://www.invima.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=889:red-nacional-de-laboratorios&catid=222:red-nacional-de-laboratorios&Itemid=260

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines (PAMCYA). 2014. 21p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Resolución 0187 de 2006. Normatividad agricultura ecológica, Bogotá DC. 2006. 14 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y MINISTERIO DE SALUD. Decreto Nacional 1594 de junio 26 de 1984. Bogotá DC.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. Resolución 4241 de 1991. Por la cual se definen las características de las especias o condimentos vegetales y se dictan normas sanitarias y de calidad de estos productos y de sus mezclas. [online] [Citado Febrero de 2015] https://www.invima.gov.co/images/stories/resoluciones/resolucion_4241_1991.pdf

CORREA, Germán. Manual del cultivo de las plantas condimentarias de exportación bajo buenas prácticas agrícolas. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADRA). Medellín, Colombia. 2014. 152p.

CROWDER, David, NORTHFIELD, Tobin, STRAND, Michael and SNYDER, William. E. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control. En: Nature. July 2010. Vol. 466. p 109–113.

CUERVO, A, Compilador. Manual de los cultivos de albahaca, menta y estevia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Sede Bogotá, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, Instituto Interamericano para la Cooperación de la Agricultura. Primera edición, Bogotá, DC. 2012. 63 p.

DALGAARD, T., HALBERG, N y PORTER, J. A. Model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. En: Agriculture, Ecosystems and Environment. 2001. Vol 87. p 51–65

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS (USDA). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. 1999. 88p.

DINHAM, B and MALIK, S. Pesticides and human rights. Int. J. Occup. Environ. Health. En: Health 2003. Vol 9. p. 40-55.

DRINKWATER, L E., WAGONER, P and SARRANTONIO, M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. En: Nature. 19 November 1998. Vol 396. p 262-265.

FLIESSBACH, Andreas, OBERHOLZER, Hans-Rudolf, GUNST, Lucie and MADER Paul. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. En: Agriculture, Ecosystems and Environment. 2007. Vol 118. p 273–284

FORERO, L y PINTO, D. Estudio de las necesidades de riego del cultivo de estragón (*Artemisia dracuncululus* L.), producido bajo invernadero en la sabana de Bogota. Trabajo de Grado I.A. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. D.C. 2002. 59 p.

FUNES MONZOTE, Fernando. Eficiencia energética en sistemas agropecuarios. Elementos teóricos y prácticos para el cálculo y análisis integrado. Estación Experimental “Indio Hatuey”, Universidad de Matanzas. 2009. 37 p.

GAETÁN, S y MADIA, M. *Sclerotinia minor* Jagger patógeno de estragón francés y ruso. En: Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas. 1995. Vol 21. p. 611-615.

GARCÉS JARAMILLO, Sandra. Bienestar y sustentabilidad en el medio rural: herramientas y debates para una agricultura sustentable. Tesis de grado para la obtención del título de Maestría en Ciencias Sociales con Mención en Estudios Socioambientales. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Ediciones Abyla – Yala. Quito Ecuador. 2011. p 83-153

GARCIA QUINTERO, Jorge. Modelo de unidad productiva de plantas aromáticas para exportación basado en la especie romero (*Rosmarinus officinalis*) desarrollado en el municipio de Zipaquirá. Trabajo de grado (Administrador de Empresas Agropecuarias). Universidad de la Salle. Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias. Bogotá, 2007, 20 p.

GEZER, I., ACAROĞLU, M., HACISEFEROĞULLARI, H. Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey. *Biomass and Bioenergy*. 2003. Vol 24. no. 3, 215-219

GLIESSMAN, S. *Agroecology, Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. CRC Press LLC, Boca Raton. 2000.

GOMEZ, Alberto. *Agricultura orgánica, una alternativa posible*. Documentos. Programa de agroecología. Centro uruguayo de tecnologías apropiadas. Montevideo. 2000. 16 p.

GOMEZ, S. Comparación de dos métodos de control de malezas en el cultivo de menta (*Mentha spicata* L.) bajo condiciones de clima frío. En: CUERVO, A. Resúmenes de trabajos de grado de los cultivos de albahaca, menta y estevia. 2012. p 51-62.

GONZÁLEZ, Placido. Los dilemas de la producción agrícola en el mundo. ¿Es la producción orgánica un modelo viable?. Trabajo de tesis (Licenciatura en relaciones internacionales). Universidad de las Américas Puebla. Departamento de Relaciones Internacionales e Historia. México, 2005. [online]. [Citado 3 de junio de 2014]. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/gonzalez_m_pi/capitulo_2.html#

GOYENOLA, Guillermo. Guía para la utilización de las valijas viajeras- Oxígeno Disuelto. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos (RED MAPSA). 2007(a) [online] [Citado 01 de abril de 2017] http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf

GOYENOLA, Guillermo. Guía para la utilización de las valijas viajeras- Conductividad. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos (RED MAPSA). 2007 (b) [online] [Citado 01 de abril de 2017] http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf

GRUESO, K. Alza del dólar ¿Una bendición para la exportación de plantas aromáticas y medicinales?. Universidad Militar Nueva Granada Bogotá. 2015 [Citado 01 de abril de 2017] [online] <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/14018/2/ENSAYO%20EXPORTACION%20PAM.pdf>

HAAN, M.H.A., FEIKEMA, W. *Energiegebruik lagekostenbedrijf*. Research Institute for Animal Husbandry, Animal Sciences Group, Wageningen. 2001. p 510.

HAVLIN, Jhon, BEATON, James, TISDALE, Samuel and NELSON, Wener. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. 6 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 499 p

HENAO TORO, Martha. El análisis foliar como una herramienta de diagnóstico nutricional en los cultivos de hierbas aromáticas. En: CLAVIJO, Jairo.; BAREÑO, Patricia.; CHAPARRO, Libia y GUIO, Carmen. Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Curso de extensión. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de agronomía. Bogotá: Produmedios. 2006. p. 57- 60

HERRERA, Aníbal. Poscosecha, calidad e inocuidad: factores de competitividad en Hierbas Aromáticas. En: perspectivas del agronegocio de hierbas aromáticas culinarias y medicinales. Universidad Nacional de Colombia. 2007. 53-72 p

HERRICK, Jeffrey. Soil quality: an indicator of sustainable land management?. En: Applied Soil Ecology. 2000. Vol 15. p 75–83.

HETZ, E. Utilización de energía en la producción de fruta en Chile. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción. Boletín de extensión No 37. 1996. p. 5-7.

HICKIN, E, J. River geomorphology, Wiley, Chichester. 1995. 233 p.

HÜLSBERGEN, K.J., FEIL, B., BIERMANN, S., RATHKE, G.W., KALK, W.D., DIEPENBROCK, W.. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. En: Agriculture, Ecosystems & Environment. 2001. Vol 86. No 3. p. 303-321.

HUNTER, C.; J. PERKINS, J. TRANTER and HARDWICK, P. Fecal bacteria in the water of an upland area in Derbyshire, England: The influence of agricultural land use. En: Journal of Environmental Quality. 2000, Vol 29. p 1253-1261.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Registro de predios productores y empresas exportadoras de frutas, hortalizas y aromáticas. 2017 [online] [Citado septiembre de 2017]. <https://sisfито.ica.gov.co/frutales/>

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Resolución No. 00375 (27 de febrero de 2004). Por la cual se dictan las disposiciones sobre registro y control de los bioinsumos y extractos vegetales de uso agrícola en Colombia. Bogotá D.C. 78 p.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS (IFOAM). Consolidated annual report of the IFOAM group. 2012. 25p

INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS (IFOAM). The principles of organic agriculture. (Sf) [en línea] [Citado 30 de abril de 2014] <http://infohub.ifoam.org/en/what-organic/principles-organic-agriculture>.

KITANI, O. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume V: Energy and Biomass Engineering. ASAE publication, USA, St. Joseph, MI, USA. 1999. pp. 17-20.

KRAMER, S. B., REGANOLD, J. P., GLOVER, J. D., BOHANNAN, B.J and MOONEY, H. A. Reduced nitrate leaching and enhanced denitrifier activity and efficiency in organically fertilized soils. En: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS). 2006. Vol 103. No 12. p 4522–4527.

LEACH, G. Energy and food Production. IPC Science and Technology Press limited, Guildford, Surrey. 1976. 151 pp

LÓPEZ, Luisa., MEJÍA, Diana., GÓMEZ, José y ALBARRACÍN, Catalina. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines con énfasis en ingredientes naturales para la industria cosmética en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. DC. 2009. 184 p.

LOWERY, B., M.A. ARSHAD., R. Lal, and W. J. HICKEY. Soil water parameters and soil quality... In: J.W. DORAN and A. J. JONES (eds.) Methods for assessing soil quality. 143-157.p. Soil Science Society of America, Madison, WI 1996.

MADER, P., FLIESSBACH, A., DUBOIS, D., GUNST, L., FRIED, P and NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. En: Science, 2002. Vol. 296, p.1694–1697.

MARTÍNEZ, Eva. Estudio de especies micotoxígenas del género *Penicillium*: *Penicillium verrucosum* Dierckx. Tesis Doctoral. Departamento de Sanitat i d Anatomia Animals. Facultat de Veterinaria. Universitat Autònoma de Barcelona. 2003. 288 p.

MARTÍNEZ, Francisco., DÍEZ, Eduardo y BRIZ, Julián. Indicadores agroambientales, económicos y sociales y su aplicación a la medida de la agricultura ecológica. 2000. 30 p.

MARTÍNEZ., Rayén. Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y El Caribe. CEPAL, Naciones Unidas. Serie manuales. Chile, 2009. No 61. 129 p.

MEJÍA. Carmen. Incidencia de la adopción de convenios de producción más limpia en el subsector floricultor del Oriente Antioqueño. En: Revista Politécnica. 2010. Año 6. no 11. p .72-91

MELVIN, S.; J. L. BAKER, J. HICKMAN, J. MONCRIEF and N. WOLLENHAUPT. Water quality. In: Midwest Plan Service (Ed). Conservation tillage systems and management. Iowa State University. Ames. Iowa. United States of America. 1992. p. 48-55

MENESES. Esteban. Transformación de plantas aromáticas en infusiones. Trabajo de grado. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. 2013. 144 p.

MEXICO, UNION EUROPEA. PROGRAMA INTEGRAL DE APOYO A LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (PIAPYME) y MEXICO. BANCO NACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR (BANCOMEXT). Investigaciones de mercado para proyectos BIO. Productos vegetales naturales de uso en cosmética e higiene personal (nutraceútico). México DC. 2006. 57p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. MIER, Helen J. PLANTAS AROMÁTICAS, MEDICINALES, CONDIMENTARIAS Y AFINES – PAMCyA. 2014. [online] [Citado 5 de enero de 2017] <https://sioc.minagricultura.gov.co/PlantasAromaticas/Documentos/004%20%20Documentos%20Competitividad%20Cadena/D.C.%20%E2%80%93%202014%20Junio%20-%20Descripcion.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE PARAGUAY (MAGP). Plan nacional concertado de fomento de la producción orgánica y agroecológica 2012. [online] [Citado 5 de noviembre de 2013] <http://www.mag.gov.py/dgp/PLAN%20NACIONAL%20CONCERTADO%20DE%20FOMENTO%20DE%20LA%20PRODUCCION%20ORGANICA%20Y%20AGROECOLOGICA.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL COLOMBIA (MAVDT). Política nacional de producción y consumo sostenible. Bogotá DC. 2011. 72p.

MORÉ, Eva y MELERO, Roser. Transformación de plantas aromáticas y medicinales. Centro tecnológico forestal de Cataluña. Innovación y transferencia para el desarrollo Rural (INTRADER) 2013. 4p [online] [Citado 5 de noviembre de 2013] <http://pam.ctfc.es/docs/ficha%20TRANSFORMACION%20PAM.pdf>.

MORÉ, E., FANLO M., ROSER M. y ROSER C. Guía para la producción sostenible de plantas aromáticas y medicinales. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña. 2010 [online] [Citado 15 de septiembre de 2017] <http://apsb.ctfc.cat/docs/GUIA%20PAM-CASTELLAfinal.pdf>

MUÑOZ, Fernando. Plantas medicinales y aromáticas. Estudio cultivo y procesado. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 2002. 343 p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Organic Agriculture: African experiences in resilience and sustainability. Natural Resources Management and Environment Department Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 2013. 203 p

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, (FAO, sf. a) (FAOSTAT). Base de datos .Indicadores agroambientales. [En línea] [Consultado 3 de marzo de 2013].<http://193.43.36.221/DesktopDefault.aspx?PageID=674&lang=es>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, (FAO, sf. b). Uso agrícola del agua. [En línea] [Consultado 3 de abril de 2017].<http://www.fao.org/docrep/005/Y3918S/y3918s03.htm>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA alimentación (FAO). Guía práctica sobre, cómo y con quien certificar productos para exportación. RUTA . 2003. 31p.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO) - NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (ISO – NTC 14031-2000). Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental. 2000.

OSORIO, Walter. Manejo de nutrientes en suelos del trópico. 2014. 411 p

PATÍÑO, C. Solubilización de fosfatos por poblaciones bacterianas aisladas de un suelo del valle del cauca. Estudio de biodiversidad y eficiencia. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 2010

PIMENTEL, D., HEPPEL, P., HANSON, J., DOUDS, D., and SEIDEL, R. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. En: BioScience, July 2005. Vol. 55 no. 7. p 573–582.

PINO TORRES, Carlos. Estudio de sostenibilidad de sistemas vitícolas en transición agroecológica en la provincia de cauquenes, Chile. Trabajo de tesis para optar al título master en Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible. Universidad Internacional de Andalucía, sede Antonio Machado, Baeza, España. 2005.110 p.

RAIGÓN, M.D., NAVARRO-HERRERO, I., POZUELO, R y POVEDA, D. Estudio comparativo de costes de producción en agricultura ecológica convencional. 2012. [online] [Citado 12 de mayo de 2014] <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Estudio-comparativo-de-costes-de-produccion-en.cid221650>.

RAMÓN, Vanessa y RODAS, Fabián. El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo. Guía práctica para los campesinos en el bosque seco. Naturaleza y cultura internacional y DarwinNet. 2007. 35 p.

REYES, I; PÉREZ, L; MORFFI, M y BARLETTA, J. Aislamiento de Rhodotorula. Presentación de un caso en paciente con leucemia mieloide aguda. En: Medisur, 2013. Vol 11. No 5. 542-545 p. [online]. [Citado 10 de mayo de 2017]. <http://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/2542>

ROBERTSON, G., PHILIP and VITOUSEK, Peter. Nitrogen in agriculture: Balancing the cost of an essential resource. En: Annu. Review. Environ. Resour. 2009. Vol 34. p 97–125

ROCHA, E. Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas. Universidad Autónoma de Chihuahua. 2010. Vol 1. 239p.

RODRÍGUEZ, H y POSSO, P. Situación actual, agrícola e industrial del sector de plantas medicinales, aromáticas, condimentarias y afines en el Valle del Cauca. Convenio regional de competitividad de la cadena PMA y afines. Cali, Colombia. 2006.

SACHS, Ignacy. Desarrollo sustentable, bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones rural-urbanas. El caso de la India y el Brasil. En: Pensamiento Iberoamericano. 1989. No 16. p. 235-256

SANCHÉZ, Blanca. Estudio de mercado sobre tubérculos andinos, hierbas aromáticas, hierbas medicinales y artesanías en la zona de intervención del proyecto paramo andino sitio Cajamarca. Perú, 2008.p 28-43.

SÁNCHEZ, G. Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia. Fundación Universidad Autónoma de Colombia. En: Economía y Desarrollo. 2002. Vol. 1. No 1. p 82 – 83.

SÁNCHEZ, L. F. y NAVAS. J. Uso de rocas fosfóricas en suelos de la Orinoquia Colombiana. 1992. 6 p.

SARRANTONIO, M., J,W DORAN, M,A LIEBING AND J,J, HALVORSON. ONn-farm assessment of soil quality and health In: J.W. DORAN and A. J. JONES (eds.) Methods for assessing soil quality. p 83-105. Soil Science Society of America, Madison, WI. 1996.

SECRETARIA DE ESTADO DE COMERCIO DE ESPAÑA (SECE). Metales pesados en Unión Europea, Australia, Nueva Zelanda, Brasil, Canadá, Finlandia, Japón, Rusia, Sudáfrica, Suiza y USA. (2017). [online]. [Citado 12 de mayo de 2017]. <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf>.

SECRETARÍA TÉCNICA NACIONAL DE CADENA DE PAMCyA En: Plantas Aromáticas, Medicinales, Condimentarias y Afines. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2014.

SIMS, Thomas and McGRANTH, Josué. Soil fertility evaluation En: HUANG, Malcolm, LI, Pan y SUMMER, Yuncong. Handbook of soil sciences. Segunda ed, 2011. p 13.1-13.31.

SOTO, Gabriela. Certificación orgánica. El proceso de certificación orgánica, conceptos básicos. En: Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Memoria del taller. Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Costa Rica, 2003 p 40-42.

SUÁREZ, Daniel. Cadena agroalimentaria del orégano y otras aromáticas en el Valle de Traslasierra. Lineamientos estratégicos para su desarrollo competitivo. Tesis de grado Magister en Agronegocios y Alimentos. Universidad Católica de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Córdoba, 2013.199 p.

TANGARIFE, Verónica. *Fusarium* spp. Escuela de Microbiología. Universidad de Antioquia. 2011 (a). [online] [Citado 06 de abril de 2017] <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/mod/page/view.php?id=100813>.

TANGARIFE, Verónica. *Rhodotorula* spp. Escuela de Microbiología. Universidad de Antioquia. 2011 (b). [online] [Citado 06 de abril de 2017] <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/mod/page/view.php?id=100775>.

TIRADO, Omar; MANJARREZ, Ganiveth y DÍAZ, Claudia. Caracterización ambiental de la ciénaga de la quinta localizada en Cartagena de indias, Colombia, 2009 – 2010. En: Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. Vol 14. no 2. 131 - 139

UNITED STATES. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Parameters of wáter qualiti. Interpretation and standards. 2010. 132p. [online] [Citado 02 de marzo de 2017] https://www.epa.ie/pubs/advice/water/quality/Water_Quality.pdf

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS. CENTRO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO. Caracterización y evaluación de la cadena de plantas aromáticas, medicinales, condimentarías, aceites esenciales y afines en Colombia. Bogotá DC. 2008. 81 p.

UPHOFF, N., BALL, A.S., FERNANDES, E.C.M., HERREN, H. O., HUSSON, Ch., PALM, J., PRETTY, SANGINGA, N., and THIES, J.E. Understanding the functioning and management of soil systems. En: UPHOFF, N, editor, Biological approaches to sustainable soil systems. Taylor and Francis, Boca Raton, USA. 2006. p. 3-14.

VELAZCO, K., NOGUERA, N., JIMENEZ, L., LARREAL, M y ETTIENE, G. Evaluación de nitratos y nitritos lixiviados en un sistema de pastoreo intensivo usando fertilizantes nitrogenados. En: Revista de la facultad de agronomía de la universidad de Zulia. 2009 Vol 26. p 23-38

VELEZ, León., RIVERA, Leidy y TOBÓN, Yadira. Indicadores de sostenibilidad para el manejo de agroecosistemas ganaderos en el bosque seco tropical En: Revista Brasileira de Agroecología. 2009. Vol. 4. no 2. p. 2738 – 2741.

VERGARA, R. Manejo integrado de plagas en cultivos de Colombia: alternativas para reducir el uso de plaguicidas. En: Seminario Internacional de Plaguicidas. Rionegro - Antioquia. 2011. p.1-27.

WELLS, D. Total energy indicators of agricultural sustainability: dairy farming case study. Technical Paper 2001/3. Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington. Accessed on: 2001. [online] [Citado 20 de agosto de 2016] <http://www.maf.govt.nz>