



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Modelo de uso para excedentes de producción de la cadena de hortalizas en Oriente Antioqueño

Daniel Carvajal Tabares

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente
Medellín, Colombia
2015

Modelo de uso para excedentes de producción de la cadena de hortalizas en Oriente Antioqueño

Daniel Carvajal Tabares

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo

Director: **Claudio Jiménez Cartagena**

Ph.D. en Ingeniería, M.Sc. En Ciencias Básicas Biomédicas, Químico
Farmacéutico

Codirectora: Clara Inés Villegas Palacio

Ph.D. en Economía, M.Sc. Economía de los Recursos Naturales y del Medio
Ambiente, Ingeniera Civil

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente
Medellín, Colombia
2015

A la ingeniera que se convirtió en mi ejemplo a seguir, una guía en mi formación profesional, a quién debes la persona que eres hoy y quién me enseñó que las metas se luchan, se trabajan y se consiguen con tu propio esfuerzo...

Agradecimientos

En primer lugar, a los directores de los grupos de investigación GRIAL y GAMA, los doctores Claudio Jiménez Cartagena y Julián A. Londoño Londoño, por la confianza otorgada en este proceso, sus enseñanzas y paciencia para llevar a cabo el trabajo de investigación.

A la profesora Clara Inés Villegas, quién con su paciencia y forma de ser le dio forma al proyecto, y permitió el crecimiento y consolidación de la propuesta.

A los docentes de la maestría de Medio Ambiente y Desarrollo, el equipo de trabajo del Instituto de Estudios Ambientales (Idea – UN), al personal docente, de laboratorios y Vicerrectoría de Investigación de la Corporación Universitaria Lasallista, compañeros de la oficina de Posgrados y amigos quienes desde su quehacer diario aportaron a este trabajo, y me animaron a finalizar el proceso.

Agradezco a la Gobernación de Antioquia y su Secretaría de Agricultura, los agricultores de los diferentes municipios y las unidades de agricultura del Oriente Antioqueño, por permitirme acceder a la información y su actitud siempre dispuesta a colaborar con el proyecto.

Finalmente, agradezco a mi hermana quién siempre ha sido una guía y ejemplo a seguir, y quién con su sabiduría y paciencia me animo durante el proceso; y a mi madre, quién me alentó a seguir mis sueños, y que con su apoyo permitió que llevara a cabo mis estudios pos graduales.

A todos muchas gracias

Resumen

En el contexto mundial, el aprovechamiento de residuos hortícolas ha tomado gran fuerza entre la comunidad científica y el sector industrial, en donde los procesos de transformación generan subproductos que pueden ser útiles en actividades propias de los procesos disminuyendo el impacto ambiental asociado a esta actividad. Los modelos de gestión, enfocados al aprovechamiento de hortalizas se han desarrollado ampliamente para zonas de producción enfocadas en este tipo de actividad (las cuales tienen áreas de producción mayor a 10 hectáreas). Es por esto que el proyecto busca desarrollar un modelo de uso para excedentes de producción de la cadena de hortalizas en el Oriente Antioqueño como alternativa de productos con alto valor agregado. Para esto el proyecto por medio de una evaluación de la oferta de excedentes post cosecha se acercará a las hortalizas más promisorias para su utilización como subproductos, y así proceder a una caracterización físico química y microbiológica de estos excedentes para asegurar el modelo de gestión. Para la construcción del modelo se determinarán los factores del modelo asignando los pesos específicos para su ejecución, y así permitir que una vez se corra el modelo se pueda hacer un estudio cualitativo de los impactos ambientales bajo los usos posibles que plantea el modelo. Se determinó que las hortalizas priorizadas para alimentar el modelo de uso son la lechuga, el tomate, la zanahoria, el brócoli, el pimentón, y coliflor, como excedentes de la cadena de producción que son de mayor generación, con unas características microbiológicas muy bajas. Se espera que el modelo mediante su aplicación disminuya el impacto ambiental sobre la tierra de los excedentes de hortalizas en actividades de aplicación directa al suelo en el mediano plazo.

Palabras clave: Hortalizas, modelo de gestión, excedentes, Oriente Antioqueño, Agricultura.

Abstract

In the global context, the use of agricultural waste has taken great force between the scientific community and the industrial sector, where the transformation processes generate products that may be useful in own activities of processes reducing the environmental impact associated with this activity. Management

models, focused on the use of vegetables have been extensively developed for production areas focused on this type of activity (which have major production areas to 10 hectares). That is why the project seeks to develop a model of use for surplus production chain in eastern Antioquia vegetables as an alternative to products with high added value. For this the project through an evaluation of the offer after harvest surplus will approach the most promising for use as a vegetable by-product, and thus proceed to a physical chemical and microbiological characterization of these surpluses to ensure the management model. To build the model, the model factors are determined by assigning specific weights for execution, and allow that once the model run you can do a qualitative study of the environmental impacts on the potential uses posed by model. It was determined that vegetables priority to fuel usage model are lettuce, tomato, carrot, Broccoli, paprika and cauliflower, as surplus production line are older generation, with microbiological characteristics very low . It is expected that the model by applying lower the environmental impact on the land of surplus vegetables in activities of direct soil application in the medium term.

Keywords: Vegetable, management model, solid waste, West Antioquia, Agriculture.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de ilustraciones	1
Lista de gráficas	1
Lista de tablas	2
Listado de figuras	2
Introducción	3
Capítulo I. Marco teórico y estado del arte	7
1.1 Antecedentes	7
1.2 Excedentes Post cosecha: Conceptos, estadísticas y composición	10
1.3 Impactos ambientales asociados a la producción de hortalizas	11
1.4 Modelos de gestión de hortalizas	12
Capítulo II. Usos alternativos de los excedentes post cosecha	16
2.1 Producción de Energía a partir de biomasa	16
2.2 Alimentación Animal y Humana	17
2.3 Uso farmacéutico	17
2.4 Tratamiento de aguas residuales	18
2.5 Agregados para construcción.....	19
2.6 Compostaje	19
Capítulo III. Materiales y métodos de la investigación	21
3.1 Descripción de los municipios (área de estudio) ¡Error! Marcador no definido.	
3.2 Evaluación de la oferta de excedentes post cosecha.....	24
3.3 Caracterización de los excedentes post cosecha	26
3.3.1 Determinación de humedad	27
3.3.2 Determinación de proteínas	27
3.3.3 Determinación de grasa (extracto etéreo).....	28
3.3.4 Determinación de cenizas.....	29
3.3.5 Determinación de fibra dietaria	29
3.3.6 Extracción de carotenos totales	30
3.3.7 Capacidad antioxidante ORAC	31

3.3.8	Determinación del contenido de compuestos fenólicos	32
3.3.9	Determinación de mesófilos.....	33
3.3.10	Determinación de Coliformes	33
3.3.11	Determinación de mohos y levaduras	34
3.3.12	Determinación de Salmonella.....	34
3.3.13	Determinación poder calorimétrico.....	35
3.4	Asignación de pesos a factores del modelo de gestión	36
3.5	Diagnóstico de los impactos ambientales	39
Capítulo IV. Análisis de resultados.....		40
4.1	Estadísticas oficiales de excedentes post cosecha y resultados de encuestas.....	40
4.2	Resultados de caracterización de excedentes	46
4.3	Asignación de orden de importancia a factores del modelo: Panel de expertos	53
4.4	Diagnóstico ambiental de la producción hortícola	57
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones.....		67
5.1	Conclusiones.....	67
5.2	Recomendaciones	68
Mención especial.....		70
Anexos		71
Anexo 1.Encuesta a productores.....		71
Anexo 2. Listado de Agricultores, Cadena de Hortalizas		74
Anexo 3 Encuesta a investigadores		76
Bibliografía		80

Lista de ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1. Tomate orgánico seco.....	46
Ilustración 2. Residuos secos en proceso de ORAC.....	46

Lista de gráficas

Gráfico 1. Producción departamental de brócoli (ton)	40
Gráfico 2. Producción departamental de coliflor (ton)	41
Gráfico 3. Producción departamental de pimenton (ton)	41
Gráfico 4. Producción departamental de zanahoria	41
Gráfico 5. Cromatograma de zanahoria	49
Gráfico 6. Cromatograma lechuga	50
Gráfico 7. Cromatograma de tomate	51
Gráfico 8- Cromatograma de brócoli	52
Gráfico 9. Cromatograma de pimentón	53
Gráfico 10. Número de respuestas, posibles usos	54

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Número de referencias acerca de modelación de cultivos de hortalizas (Adaptado de Gary et al, 1998)	13
Tabla 2. Intervalos de Indicadores bromatológicos y microbiológicos (Adaptado de Normas AOAC)	37
Tabla 3. Intervalos de de capacidad antioxidante y Polifenoles Totales (Haytowitz, 2010)	38
Tabla 4. Criticidad y pesos según literatura	38
Tabla 5 Resultados Encuestas a Productores	44
Tabla 6. Análisis bromatológicos de hortalizas	48
Tabla 7. Microbiológicos excedentes post cosecha	48
Tabla 8. Asignación de orden de importancia vs pesos originales	55
Tabla 9. Asignación de pesos de investigadores	56
Tabla 10. Asignación de pesos nueva.....	56
Tabla 11. Actividades agrícolas con impactos	57
Tabla 12. Matriz de impactos	61

Listado de figuras

Figura 1. Aforo de residuos orgánicos. Bloque 26-27 m3/mes, 2010.....	8
Figura 2. Recolección Emvarias y Enviaseo a Central Mayorista de Antioquia, 2010	9
Figura 3. Propuesta de modelo de uso de excedentes de hortalizas	15
Figura 4. Fases de la investigación	21

Introducción

El fenómeno de la globalización de la economía, los desarrollos en las telecomunicaciones, en los medios de transporte y en las cadenas de frío, ha facilitado la disminución de las barreras de tiempo y distancia permitiendo una expansión en el comercio nacional de los productos hortícolas [1]. La producción y exportación de hortalizas registra en el año 2005, que las exportaciones mundiales de hortalizas ascendieron a 24,2 millones de toneladas, las cuales representan el 2,7% de la producción mundial. Así mismo, el crecimiento de las exportaciones de hortalizas se estima en una tasa promedio anual de 5,9%, entre los años 2000 y 2005, al pasar de 18,1 millones a 24,2 millones de toneladas[2]. El 75,8% de las exportaciones de hortalizas se concentra en tomates (19,7%), hortalizas no clasificadas previamente (NCP) (8,4%), chiles y pimientos (7,7%), zanahorias y nabos (6,9%), lechuga (6,5%), pepinos y pepinillos (6,5%), coles (6,2%) y ajos (5,9%)[3].

Proteger la salud pública de las comunidades mediante políticas que limiten la aplicación de contaminantes químicos en los cultivos y que aseguren la inocuidad del proceso se ha convertido en un movimiento mundial, de igual forma, mediante programas y estrategias promovidas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en términos de seguridad alimentaria, como el programa “Mejora de la gobernanza mundial para la reducción del hambre” y los programas regionales de seguridad alimentaria y nutricional que diseñan herramientas para integrar el enfoque orientado al derecho a la alimentación en los programas de protección social[4]. Estos limitantes (de inocuidad y límites de residualidad) generan pérdidas en la cosecha debido a que sus características no se enmarcan en dichos límites (establecidos por cada país en normativas de exportación e importación). Estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señalan que “Alrededor de un tercio de la producción de los alimentos destinados al consumo humano se pierde o desperdicia en todo el mundo, lo que equivale a aproximadamente 1.300 millones de toneladas al año”[5]. Esto significa que cantidades destinadas a la producción de alimentos se utilizan en vano, y que las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la producción de alimentos que se pierden o desperdician también son emisiones en vano[6]

En el contexto mundial, el aprovechamiento de residuos ha tomado gran fuerza entre la comunidad científica y el sector productivo, en donde los procesos de transformación generan subproductos que pueden ser útiles en actividades propias de los procesos energéticos, de alimentos, cosméticos, entre otros. Es así, que Londoño Londoño demostró recientemente que las cáscaras de frutas contienen antioxidantes que podrían tener un efecto benéfico en la salud humana [7]. Sin embargo, los residuos generados en las transformaciones agroindustriales y por pérdidas post cosecha en Colombia aún no han sido aprovechados en parte, porque su valor es aún desconocido y por la falta de métodos para la preparación y caracterización de productos de mayor valor agregado[8].

A pesar de que existen métodos de aprovechamiento de hortalizas, los costos de procesos como el secado, almacenamiento y transporte de los subproductos son factores que limitan económicamente su aplicación industrial y por lo tanto, su aprovechamiento a menudo es dirigido a procesos con un escaso tratamiento como la obtención de alimento para animales[9], como fertilizantes o simplemente se convierten en focos de contaminación para las fuentes de agua, los mismos cultivos e incluso problemas de salud pública en centros de abastecimiento urbanos, en donde su disposición final genera costos cada vez más insostenibles.

Por lo anterior la utilización eficiente, de bajo costo y ecológicamente racional de estos excedentes es cada vez más importante, sobre todo por las restricciones legales que ya empiezan a surtir efecto en muchos países. Adicionalmente, la cadena de producción de hortalizas en el departamento de Antioquia evidencia problemas (presencia de plagas, daños mecánicos, estacionalidad en vitrina del producto) que afectan la calidad de los productos comercializados; los cuales terminan engrosando los excedentes de la cosecha, que en pocas ocasiones son reutilizados sin ningún tipo de tratamiento como por ejemplo la alimentación de familias con bajos recursos o alimentación animal.

Álvarez et al. (2015) a través del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, lograron resultados eficientes en relación a tecnologías de extracción de nano compuestos presentes en los excedentes de hortalizas[10], de las cuales se puedan obtener agregados con contenidos de bioingredientes que puedan ser usados en industrias de alimentos, cosméticas, energéticas, y de la construcción entre otras, lo cual genera un aliciente para la generación de modelos de gestión que establezcan los lineamientos propios de las zonas de producción hortícola nacional [11]

Los modelos de gestión, enfocados al aprovechamiento de hortalizas se han desarrollado ampliamente para zonas de producción enfocadas en este tipo de actividad (las cuales tienen áreas de producción mayor a 10 hectáreas) y han

logrado reducir por medio de estos lineamientos los impactos ambientales asociados a este sector económico[12]. Sin embargo, estos modelos no han sido aplicados para reducir la generación de residuos de ésta actividad económica que se ha impulsado en el país, y que toma importancia en el departamento al tener una zona productiva consolidada como es el Oriente Antioqueño y municipios cercanos.

Ante el planteamiento anterior, por la Secretaría de Agricultura de la Gobernación de Antioquia a través del Sistema General de Regalías en convenio con la Corporación Universitaria Lasallista consolidan la iniciativa de generar un modelo de aprovechamiento de los excedentes de hortalizas. Para lograr alcanzar las metas de un modelo de gestión de excedentes, el presente estudio se enfoca en la caracterización de éstos excedentes y de la selección de usos posibles para los mismos.

Objetivo General

Desarrollar un modelo de uso para excedentes de producción de la cadena de hortalizas en el Oriente Antioqueño como alternativa de productos con alto valor agregado

Objetivos Específicos

- Evaluar la oferta de excedentes poscosecha generados de hortalizas del Oriente Antioqueño
- Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente los excedentes poscosecha de hortalizas priorizadas para determinar su potencial uso como productos de valor agregado
- Determinar los factores de uso del modelo, asignando para cada uso el peso específico de los mismos.
- Comparar cualitativamente los impactos ambientales más significativos bajo los usos alternativos asignados.

Capítulo I. Marco teórico y estado del arte

En el presente capítulo se hace una revisión del estado del arte y marco teórico de varios tópicos que conforman la presente investigación. En la primera parte se presenta información sobre los antecedentes que dan origen a esta investigación. Luego, se definen los excedentes de cosecha de las hortalizas y su relación con la dinámica poblacional y finalmente, se presenta los impactos ambientales asociados al manejo de excedentes post cosecha y el encadenamiento con los impactos de la contaminación global.

1.1 Antecedentes

La dinámica mundial anual del mercado de las hortalizas es creciente y relevante, según estadísticas de la FAO, durante el año 2011 se registró una producción mundial de hortalizas de 1.027.644 millones de toneladas, cosechadas en 64.45 millones de hectáreas. Durante el período 2007-2011 la producción experimentó un crecimiento anual del 2,97% (muy superior al índice de crecimiento de la población mundial). Según esta misma fuente, durante el 2011 las exportaciones de productos hortícolas procesados, alcanzaron un valor total de US \$23.825 millones, lo que representa unas tasas de incremento anual significativas del 12% en referencia al 2010 y 70% con respecto al año 2005[13].

En consecuencia, el Plan de Desarrollo de Antioquia reconoce que se impone el reto de hacer una profunda transformación que impulse, en todos los estamentos y sectores de la sociedad, procesos sostenidos de innovación tecnológica y de investigación, que permitan aumentar el conocimiento, los niveles de productividad y competitividad para lograr una mejor distribución de los beneficios del desarrollo¹.

La producción de excedentes y residuos de hortalizas a nivel mundial se convierte en una problemática ambiental debido a su uso directo como fertilizante en los mismos medios de cultivo. Investigaciones recientes apoyan la teoría de que el reciclaje de estos excedentes y residuos en los suelos de cultivo preservan la calidad del suelo y su estabilidad[14]. Pese a esto se demostró también que esta práctica agrícola aumenta los niveles de contaminación en suelos y en fuentes de agua subterráneas y en cuencas hidrográficas aledañas a las zonas de cultivo,

¹ GOBIERNO DEPARTAMENTAL DE ANTIOQUIA. Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015 "Antioquia la más educada". Medellín: Adoptado mediante Ordenanza No. 14, de junio de 2012. Gaceta Departamental No. 19.178, junio 19 de 2012, P. 448

generando un impacto ambiental negativo para la salud humana y para la posterior seguridad alimentaria de los cultivos que bioacumulan todos estos contaminantes [15]

Por lo anterior tanto los excedentes post cosecha como los residuos de la cadena hortícola se convierten en una potencial fuente de bioingredientes que pueden ser extraídos eficientemente por tecnologías limpias que permitan la producción de materiales e insumos a las industrias farmacéuticas, cosmetológicas o alimentarias con valor agregado.

En consecuencia, durante el año 2013, docentes y estudiantes de la Corporación Universitaria Lasallista, miembros de los grupos de investigación GAMA y GRIAL, demostraron que el uso de residuos agroindustriales para procesos de mayor valor agregado, requiere de un cambio en el proceso de generación de los mismos[16]. Esto implica la modificación de los Planes de Manejo de Residuos Sólidos (PMIRS) hacia una conciencia de generación de co-productos más allá del pensamiento actual de generación de basura, residuos e incluso subproductos.

Durante éste proyecto, se encontró que, en la Central Mayorista de Antioquia se desechan mensualmente entre 400 y 600 m³ de frutas y hortalizas de cada uno de los bloques del predio. En la Figura 1, se puede observar el comportamiento de los desechos generados en dos de los bloques:

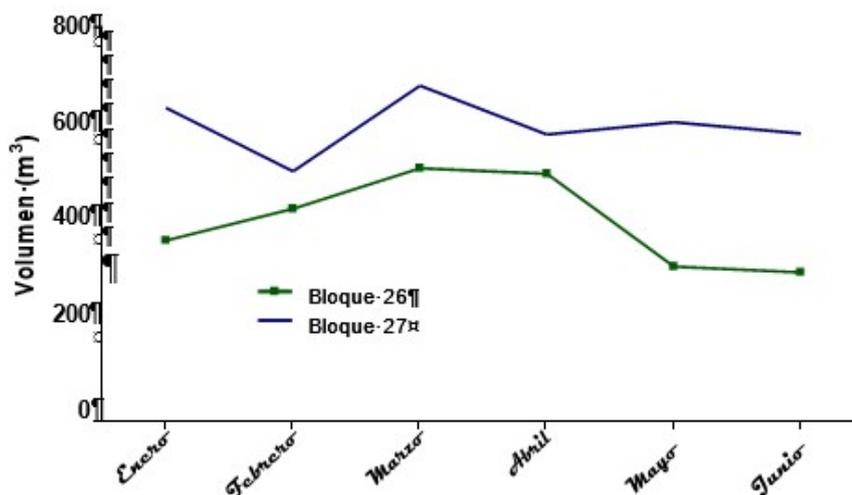


Figura 1. Aforo de residuos orgánicos. Bloque 26-27 m³/mes, 2010

Estos excedentes, por lo general, se convierten en desperdicios en las urbes, que se disponen directamente en los rellenos sanitarios, los cuales gestionan diferentes

empresas de aseo de las municipalidades, y que conllevan costos que son asumidos directamente por quién comercializa las hortalizas. En la Figura 2, se puede observar la recolección durante el primer semestre de 2010 de los residuos orgánicos de la Central Mayorista de Antioquia.

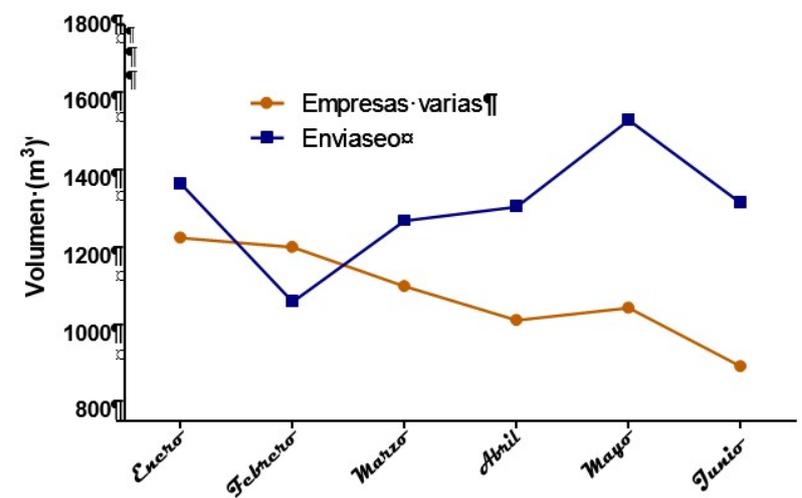


Figura 2. Recolección Emvarias y Enviaseo a Central Mayorista de Antioquia, 2010

Con base en lo anterior, la Corporación Universitaria Lasallista, sustentó conceptualmente y metodológicamente la importancia de aprovechar los residuos orgánicos para obtener productos con alto valor agregado, hasta el punto de realizar pre mezclas que sirvieran como fuente de alimentación de gallinas ponedoras y así aumentar los contenidos de carotenos en sangre, carne y huevos.

No sólo ejemplos locales se pueden observar con respecto a la utilización de los excedentes de hortalizas y frutales en obtención de productos con alto valor agregado. En este sentido Ayala-Zavala (2011) expone los usos potenciales de los excedentes como colorantes naturales, agentes antimicrobianos y saborizantes en aras de disminuir dichos excedentes y además potencializar las características nutricionales que estos conservan [17]

La situación observada en la Central Mayorista de Antioquia, así como la experiencia previa de la Corporación Universitaria Lasallista dejan en evidencia la generación de excedentes y su potencial aprovechamiento, generando un desafío para la ciencia y los planes de gestión de residuos para disminuir estos excedentes y así incidir sobre los impactos ambientales que se puedan derivar de ello.

1.2 Excedentes Post cosecha: Conceptos, estadísticas y composición

En primer lugar, para hablar de excedentes post cosecha debemos entender los procesos de producción a nivel mundial, que dan origen a los excedentes y los residuos de hortalizas.

En este sentido, con relación a la producción mundial, Salinas y Raigosa en el 2005 hablan sobre los cultivos de diferentes hortalizas entre los cuales se destacan la familia de las brásicas, las cuales son la segunda en importancia de producción a nivel mundial con un monto de 63.000.000 de toneladas anuales. Otra hortaliza que es de importancia en este caso, y para la investigación, es el tomate (*lycopersicum esculentum mill*), el cual es cosechado en gran medida en la región andina con una producción mundial de 108,5 millones de toneladas/año[18]

En relación a la producción en territorio nacional, los principales productores de hortalizas en Colombia son: Boyacá (cebolla de bulbo y cebolla larga) y Cundinamarca (arveja, lechugas, crucíferas, zanahoria, hortalizas de hoja, cebolla bulbo y tomate) con una cantidad total de producción hortícola que asciende a un millón seiscientos nueve mil toneladas para el 2009 [19]. Colombia, además, ha tenido un comportamiento creciente en el tema de exportaciones de vegetales en los últimos años para grandes productores de la familia de las musáceas contrario a los bajos estadísticos de producción de pequeños agricultores ocasionado por los bajos precios del mercado [20].

En relación a “pérdidas de alimentos” nos referimos a la disminución de la masa de alimentos comestibles en la parte de la cadena de suministro que conduce específicamente a los alimentos comestibles para el consumo humano[5]. Las pérdidas de alimentos tienen lugar en las etapas de producción, post cosecha y procesamiento de la cadena de suministro de alimentos. Las pérdidas de alimentos que ocurren al final de la cadena alimentaria (venta minorista y consumo final) se conocen como “desperdicio de alimentos”, más relacionado con el comportamiento de los vendedores minoristas y los consumidores. Los desperdicios de alimentos se miden únicamente para los productos destinados al consumo humano, por lo que quedan excluidos el pienso² y los productos que no son comestibles. Por ello,

² Cualquier sustancia o producto, incluido los aditivos, destinado a la alimentación por vía oral de los animales, tanto si ha sido transformado entera o parcialmente como si no

los alimentos que estaban destinados en un principio al consumo humano pero que el azar ha sacado de la cadena alimentaria humana se consideran pérdidas o desperdicio de alimentos, incluso cuando posteriormente son utilizados para un uso no alimentario (pienso, bioenergía, etc.)[5].

Si bien éste concepto es ampliamente usado, debido a su fuente de origen, es necesario adaptarlo también a las políticas de producción más limpia y a las dinámicas nacionales. Saval (2012) propone una diferenciación entre “residuo”, “subproducto” y “desecho”, entendiendo cada uno como[21]:

- Residuo: Se aplican a aquellos que puedan tener o no un valor comercial, porque son poco comunes o porque se generan en bajas cantidades, sin embargo, alguno de sus constituyentes le puede conferir algún interés para su utilización
- Subproducto: Es un producto secundario, generalmente útil, comercializable y por lo tanto con un valor agregado.
- Desecho: Materiales que no tienen ningún valor comercial, ni poseen atributos de interés para ser utilizados en algún proceso, por lo cual se consideran basura y deben ser dispuestos en un sitio acorde a sus necesidades.

De acuerdo a las anteriores definiciones, el proyecto se centra en los residuos y excedentes post cosecha, que todavía pueden tener un valor comercial y que presentan atributos de interés general para diferentes procesos.

1.3 Impactos ambientales asociados a la producción de hortalizas

A nivel mundial, la agricultura es el principal contribuyente a problemas ambientales, como el cambio climático, la deforestación, la eutrofización de los cuerpos de agua, la salinización de los suelos y el agotamiento de los recursos hídricos, por lo cual se afirma que “La relación entre la agricultura y la naturaleza siempre ha resultado ser un matrimonio infeliz”[13]

El desbordado crecimiento de la población mundial ocurrido entre los años 1700 y 2000 causó la conversión a gran escala de los ecosistemas naturales para usos agrícolas, este cambio de uso de la tierra implicó la conversión de 1135 millones de hectáreas de bosques naturales y 669 millones de hectáreas de sabanas, pastizales y estepas. La expansión agrícola y su intensificación, agravaron los

problemas relacionados con la degradación de los recursos, debido al aumento en el uso de productos químicos, las labores de arado y la irrigación[22]

Los agricultores habitualmente sobrepasan la aplicación recomendada de fertilizantes y productos químicos para realizar un control biológico sobre sus cultivos, lo cual genera altas cargas de contaminantes que afectan los cuerpos de agua receptores y erosionan los suelos de las parcelas productivas[23]. Tal panorama es evidente en la mayoría de los casos ya que los terrenos en cuestión presentan áreas de tierra desérticas desprovistas de horizonte orgánico; y la productividad de estos está íntimamente ligada al uso de productos agroquímicos que hacen posible la rentabilidad de los suelos, además toda entrada de energía que se traduce en gasto de combustibles fósiles también supone cambios negativos para el medio ambiente y contribuye sustancialmente al calentamiento global mediante la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI)[12].

Las problemáticas ambientales que enfrentan los municipios del Oriente Antioqueño, no son indistintas a las expuestas y obedecen al aumento de las actividades agrícolas que se han intensificado durante el último siglo no solo en nuestro país sino también en todo el mundo. Tradicionalmente se han adoptado modelos productivos que se caracterizan por la dependencia de insumos externos y la conversión de los suelos, lo cual ha permitido el aumento de la productividad, con consecuencias desfavorables que afectan la sostenibilidad de los agro ecosistemas y por consiguiente su capacidad para satisfacer las necesidades humanas sin comprometer la salud de los mismos [24].

1.4 Modelos de gestión de hortalizas

Los modelos enfocados en la gestión de las hortalizas (sean excedentes o no) tienen atributos matemáticos que pueden definir a través de ecuaciones exponenciales o lineales. Temas como el crecimiento, el desarrollo plantular, los requerimientos nutricionales y el balance hídrico, entre otros han sido abordados por estos modelos. Sin embargo los modelos de gestión de los excedentes de hortalizas no han sido abordados profundamente, por lo cual estos residuos de la producción agrícola se convierten en compostaje en el mejor de los casos, a pesar de que en muchos casos se realiza aplicación directa nuevamente en la tierra con las consecuencias que esto conlleva [12].

En la Tabla 1 se puede observar un breve resumen de los tópicos y la cantidad de modelos que se han trabajado al respecto en el área de horticultura, entendiendo que éstos se han dedicado en gran parte a temas como crecimiento y desarrollo, y

que si bien los períodos abordados son de décadas pasadas, la constante de los estudios ha sido la misma[25]:

Tabla 1. Número de referencias acerca de modelación de cultivos de hortalizas (Adaptado de Gary et al, 1998)

	Frutas	Hortalizas de invernadero	Frutas vegetales	Ornamentales
Período				
1975-1980	3	4	1	4
1981-1985	8	18	5	6
1985-1990	77	49	32	18
1991-1995	32	19	23	30
Temas				
Crecimiento	55	69	34	17
Desarrollo	61	10	25	33
Balance hídrico	6	10	5	6
Consumo nutricional	8	4	4	3
Economía	8	8	2	4
Otros (genética, patología, calidad del producto)	5	2	4	2

Ejemplos de modelos enfocados en hortalizas de manera más reciente (Webber, 2014), se pueden observar en la región sub sahariana del África, en dónde los modelos de cultivos de hortalizas se consideran una clave fundamental para la seguridad alimentaria, en función de factores cómo la comercialización, el análisis de la productividad del cultivo en relación a la estación del año, las tecnologías utilizadas, y el entendimiento del cambio climático cómo determinante de la producción[26].

Otros autores han abordado la importancia de generar modelos a través de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) enfocados en el mejoramiento de la situación de cambio climático y las consecuencias ambientales que se han asociado a la actividad hortícola. En éste tipo de modelos se ha podido encontrar como resultado que el sistema hortícola afronta retos relacionados a la seguridad alimentaria por efectos

del clima, pérdida de biodiversidad, decrecimiento de suelos fértiles y agotamiento de recursos hídricos[27].

Sin embargo éstos acercamientos a través de modelos tienen dificultades que se han traído a discusión en trabajos académicos como el explorado por Brankatschk y Finkbeiner (2015) en el cual se puede observar que la rotación de los cultivos, la dinámica de los nutrientes del suelo así como su disponibilidad y los cambios en las propiedades físicas del suelo hacen que los análisis de ciclo de vida y otros modelos aplicados al mejoramiento de la producción de hortalizas se vean invalidados en espacios cortos de tiempo[28].

Si bien estos modelos son útiles para la generación de nuevo conocimiento en pro de la seguridad alimentaria, es necesario abordar otros temas de importancia, cómo lo son por ejemplo precios de mercado equilibrados, gestión de los residuos y excedentes de producción y planificación de cosechas escalonadas.

Por lo tanto, un modelo que ayude a visualizar los posibles usos de las hortalizas que no son comercializadas, y que todavía pueden tener un uso potencial dentro de alguna cadena de producción, es un aliciente a mejorar las condiciones de pequeños agricultores que padecen de inclemencias del mercado, y que en muchas ocasiones, pierden la totalidad de la producción.

Por lo anterior, éste trabajo de investigación se enfoca en desarrollar un modelo de uso para excedentes de producción de la cadena de hortalizas en el Oriente Antioqueño como fuente alternativa de productos con alto valor agregado que permita la disminución de los impactos ambientales asociados, y que además sirva como primer acercamiento a los modelos de gestión, en el sector hortícola, en el ámbito local.

En la Figura 3, se puede observar la construcción del modelo de manera gráfica:



Figura 3. Propuesta de modelo de uso de excedentes de hortalizas

En consecuencia, el modelo que se propone en el presente trabajo de grado está conformado por un módulo de registro de excedentes de hortalizas, su caracterización bromatológica y microbiológica como elementos fundamentales del estado real de los excedentes, la asignación de peso e importancia de los usos alternativos propuestos y además un diagnóstico ambiental previo de los aspectos ambientales principales que son afectados por la actividad hortícola, para que posteriormente se evalúe el cambio de estas afectaciones con la aplicación del modelo.

Capítulo II. Usos alternativos de los excedentes post cosecha

Un modelo de gestión que se propone gestionar los excedentes de hortalizas debe estar conformado por las diferentes alternativas desarrolladas en el ámbito mundial para la gestión de residuos, otorgando cada una de estas alternativas factores determinantes a la hora de elegir la materia prima que entrará en dichos procesos y que son excluyentes en el caso de no cumplir con los estándares propuestos (sean normativos o no).

A continuación, se presentan los usos alternativos, que podrían alimentar un modelo de gestión de excedentes de hortalizas, en los cuales se han desarrollado investigaciones científicas para el aprovechamiento de los excedentes de cosecha y residuos de la misma actividad

2.1 Producción de Energía a partir de biomasa

El sector de la agricultura desempeña un papel importante en las transiciones actuales hacia energía renovables, debido a su participación histórica en la gestión de los recursos clave, en particular la tierra y biomasa [29]. Es por esto que diversos autores han dirigido su atención a la producción de biodiesel como alternativa al uso de combustibles fósiles en diferentes actividades, ayudando a generar conciencia sobre las oportunidades de los combustibles renovables y el impulso de políticas para el uso de éste recurso más limpio, modificando las agendas de los países hacia una conceptualización de las interacciones entre la agricultura y la energía[30]

El uso de tecnologías avanzadas (en lugar de la esterificación tradicional) para obtener biodiesel, como la tecnología de Fluidos Súper Críticos (FSC), se ha convertido en una alternativa limpia y confiable. Es así que Morais (2010) realizó el proceso bajo la tecnología de FSC, obteniendo combustible limpio a partir de residuos de hortalizas consiguiendo como resultado un producto con alto valor energético [31].

Otros autores han explorado la obtención de energía a partir de mezclas de residuos de hortalizas y frutas, obteniendo curvas de oxidación fermentativa, además de transiciones calorimétricas que permiten entender la dinámica de obtención de energía a partir de estos excedentes y acercándose a la transición

que exponen los autores anteriores hacia una obtención de energía a partir de excedentes[32, 33]

2.2 Alimentación Animal y Humana

En el área de nutrición, diversos autores han trabajado en la obtención de subproductos a partir de excedentes de cosecha y residuos, siendo esta área la más trabajada para la gestión de residuos y excedentes post cosecha. Por ejemplo Ayala-Zavala en el 2011 analizó los compuestos bioactivos a partir de residuos de frutas exótica que pudieran ser usados cómo aditivos, saborizantes, antimicrobianos y colorantes que aportan a generar productos con alto valor agregado[17].

En Brasil, diferentes autores han explorado la obtención de compuestos fenólicos, antioxidantes y anti microbianos que sirvan para la generación de productos con alto valor agregado desde la alimentación funcional además de evaluar sus efectos en la salud humana a partir de excedentes de frutas tropicales, que ayudan a disminuir los niveles de generación de materia orgánica de la cadena de alimentos[34-36]

Un ejemplo más cercano lo ofrece Londoño (2010), quién satisfactoriamente recuperó flavonoides de las cáscaras de frutas cítricas por medio de ultrasonido, obteniendo un producto de alto valor agregado que puede ser usado en la alimentación humana, generando una disminución en procesos oxidativos del cuerpo[37].

Otra experiencia más reciente demuestra que el combinar tecnologías de extracción avanzadas (como lo representan los fluidos supercríticos) con un análisis detallado de la producción de excedentes de cosecha, arroja resultados en la obtención de compuestos bioactivos como la luteína, de una forma menos agresiva para el ambiente y favorable para los consumidores[10]

2.3 Uso farmacéutico

El uso de residuos de la agricultura en la industria farmacéutica es de especial cuidado, debido a que los residuos pueden convertirse en un foco de contaminación, propagando diferentes enfermedades que están bajo la supervisión de los sistemas de vigilancia de salud (como el SIVIGILA) o los programas de salud internacionales que ejecuta la ONU.

En general, el interés global por encontrar catalizadores naturales, en lugar de sintéticos en la producción de fármacos y químicos para diferentes tratamientos ha tomado fuerza a través de los años, dado que las enzimas encontradas pueden llegar a ser incluso más estables en las reacciones requeridas en ésta industria[38].

El uso de residuos de la agricultura se enfoca entonces en la búsqueda de producción de enzimas como las proteasas que puedan acelerar los procesos de obtención de productos de interés particular bajo substitutos obtenidos a partir de los residuos [39]

También otros autores exploran la obtención de ácido levulínico, furfural y ácido fórmico a través de la síntesis de componentes de lignocelulosa y su estabilidad para procesos industrializados [40-42]

2.4 Tratamiento de aguas residuales

En este campo, los procesos de absorción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, son los que conllevan más tecnología y sustancias químicas para remover los componentes que afectan los cuerpos de agua, y que generan afectaciones en los cauces y en la salud humana. Es por esto que el interés en los procesos de absorción centra su atención en el procesamiento de residuos de alimentos y de la agricultura para convertir los procesos tradicionales en más eficientes [43].

En el campo de las aguas residuales los metales pesados constituyen un componente de este tipo de aguas que afectan enormemente los ciclos naturales del agua, además de alteraciones de la biota y de la salud humana que concierne a los gobiernos a la hora de diseñar sus plantas de tratamientos de aguas. Es por esto que en diferentes ocasiones, y a raíz del interés de la industria por obtener elementos que ayuden en el proceso de absorción de los metales pesados se han explorado procesos a partir de residuos vegetales que faciliten esta tarea [44].

Otro uso que concierne más al departamento, es el tratamiento de aguas de la industria textil, por la alta cantidad de colorantes que tiene el efluente a los cuerpos de agua. Los excedentes post cosecha y residuos agroindustriales ofrecen una oportunidad en este campo, facilitando los procesos de adsorción de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), disminuyendo así los niveles de contaminación asociados a colorantes y realizando una gestión de los residuos agroindustriales de manera equitativa [45].

2.5 Agregados para construcción

En términos de construcción, el aprovechamiento de vegetales se ha realizado estableciendo modelos basados en las sustancias bioactivas y su estabilidad como material en vías, asegurando así mejorar las características de acceso de poblaciones intermedias. Dentro de este modelo de uso Anupam en 2013 considera que la variable de estudio es la estabilidad del suelo, medida por el índice CBR (California Bearing Ratio) que permite analizar la compresión del material mezclado para la construcción de las vías [46]

De otro lado Karade (2010) propone usos alternativos en la construcción de mobiliario de hogar, y otros elementos cómo comprimidos de cemento basados en la lignocelulosa que componen los diferentes vegetales que se explotan a nivel mundial[47]. Además, Karade considera que la utilización de este compuesto en la generación de agregados para construcción ofrece diferentes alternativas para su disposición final, considerando que los residuos de construcción y demolición en la actualidad son también un problema de las grandes urbes.

Finalmente, Shafiq (2014) aborda la discusión de la construcción evidenciando una necesidad por el cemento que actualmente ronda los 10 billones de toneladas, y el aumento de dicha demanda que puede recaer en 18 billones de toneladas para el 2050, generando así una presión en los recursos naturales. Por esto argumenta que la “infraestructura sostenible” y la construcción “verde” deben optar por un pensamiento ambiental dirigido a los materiales que usa y el efecto de estos sobre el entorno que los recibe [48].

2.6 Compostaje

El compostaje es una de las técnicas que tradicionalmente se han utilizado para la gestión de excedentes orgánicos de las diferentes urbes. Esta técnica es también una práctica muy utilizada en lo rural, debido a que no requiere de una tecnología avanzada para ejecutarse, sin embargo un mal proceso puede conllevar generación de sustancias tóxicas y de efectos secundarios que pueden afectar negativamente el medio ambiente[49].

Sin embargo una buena aplicación de compostaje, cuando su proceso está bien ejecutado, representa mejoras en los suelos de cultivos hortícolas, aumentando la transferencia de nutrientes al suelo generando mayor fertilidad y estabilidad de los mismos[50].

Adicional, el uso del compostaje como medida de reducción de la materia orgánica de las urbes, se constituye también como una opción viable para la generación del modelo en cuestión con las alternativas anteriores, de forma que este compostaje (que puede ser de tipo industrial o doméstico) puede disminuir los GEI emitidos a la atmósfera por descomposición de la materia orgánica en rellenos sanitarios[51].

Capítulo III. Materiales y métodos de la investigación

En este capítulo se presenta de manera detallada los materiales y métodos utilizados para alcanzar los objetivos propuestos en la presente investigación.

El diseño metodológico del presente estudio se realizó en 4 fases: las primeras 2 fases, las cuales se desarrollaron en simultáneo e independientes entre sí, y 2 fases secundarias que dependen directamente de los resultados obtenidos en las fases principales del estudio como se puede apreciar en la Figura 4:

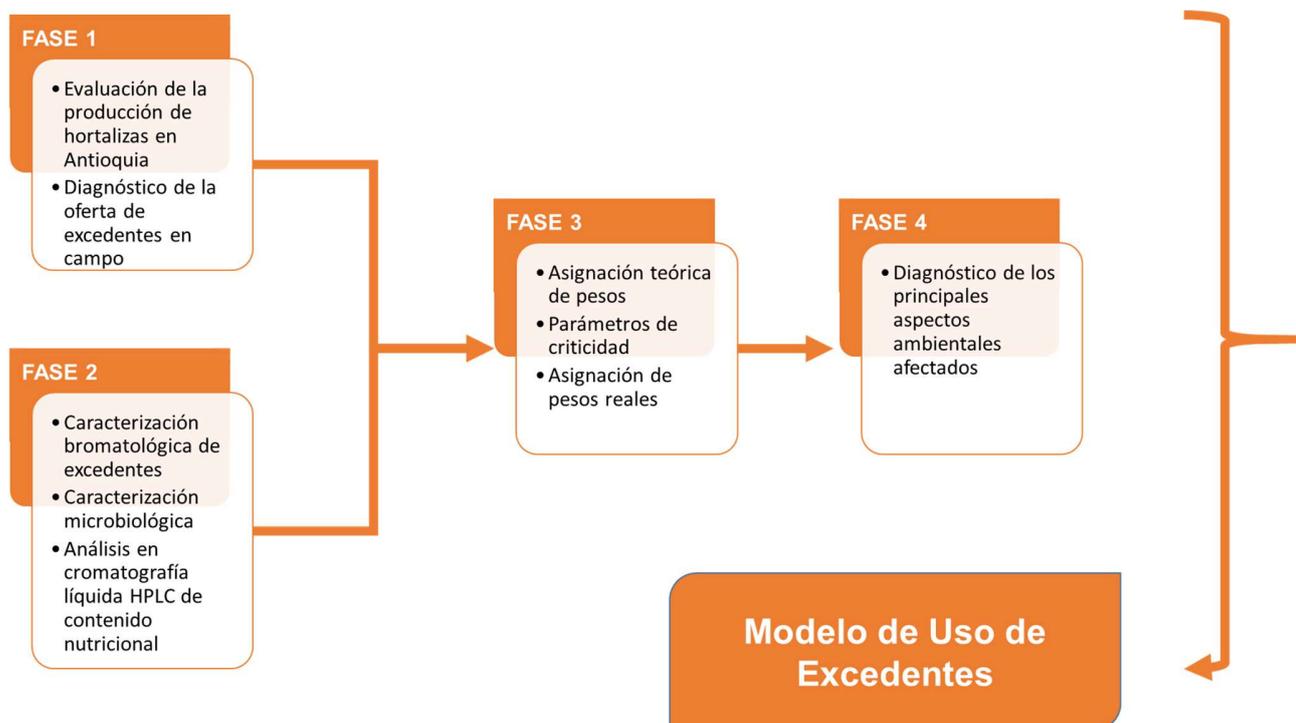


Figura 4. Fases de la investigación

Por el interés prioritario de la Cadena de Hortalizas de la Secretaría de Agricultura del departamento de Antioquia, el estudio se desarrolla en municipios del Oriente Antioqueño (Marinilla, El Santuario, El Peñol, Rionegro, La Ceja, San Vicente y la Unión) y dos municipios del noroccidente cercano (San Pedro de los Milagros y Santa Rosa de Osos). Así mismo, la lista de los agricultores proporcionada por la misma Secretaría fue priorizada en función de abordar los productores según su

trayectoria en el cultivo de hortalizas y además las unidades productivas en relación al interés prioritario de la cadena de hortalizas (productos como el tomate, pimentón, zanahoria, brócoli, lechuga y repollo)

Los municipios elegidos por la Cadena de Hortalizas de la Secretaría de Agricultura del departamento de Antioquia, son aquellos en los cuales se han desarrollado programas de producción hortícola orientados al mejoramiento del rendimiento de producción, control de plagas, comercialización y aseguramiento de la calidad. Dichos municipios se han convertido en un referente, tanto para los de menor producción como para los que han transformado su vocación productiva hacia las hortalizas.

- **Marinilla:** El Municipio de Marinilla se encuentra ubicado a los 6°10'32" de Latitud Norte y a 75°25'17" de Longitud Oeste en la Región Centro Andina Colombiana al Este de la Ciudad de Medellín. Tiene una extensión de 118 km², de los cuales 5 corresponden al piso Térmico Medio y 110 al piso térmico frío (CORNARE-INER 1990). Las alturas oscilan entre los 1.900 y 2.400 mts sobre el nivel del mar. Su cabecera municipal dista de 47 kms de Medellín. El Municipio de Marinilla hace parte de la Región del Oriente Antioqueño, conformado por 26 municipios con un área de 8.109 km², que corresponden al 13% del territorio del Departamento y con 750.000 habitantes que equivalen al 14% de la población de Antioquia. Ocupa el segundo lugar en la A.O.A. con relación a los 1.830 km² de extensión que tiene el Altiplano, Marinilla ocupa el 6.3% del territorio y el tercer lugar en área cultivada (sobre 23.245 hectáreas totales cultivadas)[52]
- **El Santuario:** El Municipio de El Santuario está ubicado al oriente del departamento de Antioquia. Es el territorio más pequeño del suroriente antioqueño, más exactamente en la subregión del altiplano y cuenta con una población total de 27.076 habitantes según datos de la Secretaría de Planeación y Vivienda (2012). El Santuario está ubicado a 6° 8'24" de Latitud Norte y 75° 16'01" de Longitud al Oeste de Greenwich, a una distancia 57 km de la ciudad de Medellín y su cabecera se ubica a 2.150 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 17° C. Con una producción variada entre frutales y hortalizas, el volumen de cosecha de éstas asciende a las 800 toneladas mensuales [53]
- **El Peñol:** El Municipio de El Peñol está ubicado al Oriente del Departamento de Antioquia. Orográficamente está situado sobre una de las derivaciones montañosas de la Cordillera Central de los Andes; Geológicamente está situado sobre la gran zona del batolito antioqueño, región donde éste tiene

sus más importantes afloramientos denominados: La Piedra de El Peñol (de donde el municipio toma su nombre), la Piedra de El Marial y La Piedra de Peñolcito San Vicente.

El Peñol está atravesado por la cuenca hidrográfica del Río Nare el cual fue aprovechado en la región para construir el Embalse Hidroeléctrico del Río Nare, por parte de las Empresas Públicas de Medellín, este embalse es el de mayor espejo de agua en el país y cubre 6.365 hectáreas, las que contienen 1.220 millones de metros cúbicos de agua, semejante obra implicó desde los años setenta la inundación de los valles más fértiles y la reubicación de la cabecera urbana. Numerosas quebradas tributan sus aguas a este río hoy convertido en embalse; entre ellas están: Quebrada Bonilla, Quebrada EL Pozo, Quebrada Las Cuevas, Quebrada La Magdalena, Quebrada La Chapa, Quebrada La Hondita, Quebrada El Carmelo y Quebrada La Pedregosa en Concordia, entre otras[54]

- **Rionegro:** El municipio de Rionegro se encuentra en la cordillera central de los Andes al oriente del departamento de Antioquia. Cuenta con un área total de 196 km², hace parte de la subregión del Altiplano de Oriente, la cual está integrada por los municipios de El Retiro, La Ceja, La Unión, El Carmen de Víbora, El Santuario, Marinilla, Guarne, San Vicente y Concepción. El suelo urbano de Rionegro está localizado a las coordenadas 6°9'18"N 75°22'48"O, a una altura de 2.080 msnm La precipitación promedio anual varía entre 1.800 y 2.500 milímetros y una temperatura media de 18.5 °C; sus suelos son derivados de cenizas volcánicas con alta resistencia a la erosión y del batolito Antioqueño. La altitud del resto del territorio varía entre los 2.060 y los 2.600 msnm, cuenta con una topografía de pequeñas colinas de cimas redondeadas. Igualmente, se presentan algunos sistemas de cerros de mayor altura y pendiente como el Cerro El Capiro, ubicado en límites con el municipio de La Ceja[55]
- **La Ceja:** La Ceja del Tambo es un municipio de Colombia, localizado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia. Limita al norte con los municipios de Rionegro y El Carmen de Víbora, al oriente con el municipio de La Unión, al occidente con los municipios de Montebello y El Retiro y al sur con el municipio de Abejorral. Su cabecera municipal está a 41 kilómetros del municipio de Medellín[56]
- **San Vicente:** El Municipio de San Vicente está ubicado sobre la cordillera central, en el centro- oriente del Departamento, en la región occidental de Colombia, posee una topografía irregular y pendiente con altitudes que

oscilan entre 1900 y 2300 msnm, predomina el clima frío y presenta un régimen bimodal, con dos épocas lluviosas durante el año[57]

- **La Unión:** Limita por el norte con los municipios de La Ceja y El Carmen de Viboral, por el este con El Carmen de Viboral, por el sur con los municipios de Sonsón y Abejorral y por el oeste con el municipio de La Ceja[58]
- **San Pedro de los Milagros:** El Municipio de San Pedro se encuentra localizado en la Región Norte, en la Subregión del Altiplano Norte, tiene una extensión de 229 kilómetros cuadrados, con una temperatura media de 16° C. y una altura sobre el nivel de 2.475 metros. A una distancia de 44 kilómetros del Municipio de Medellín, se encuentra ubicado a los 6° 19' 19'' de latitud norte y a 1° 37' 40'' de longitud occidental. Tiene una extensión geográfica de 229 kilómetros cuadrados, pertenece a la Región Norte del Departamento de Antioquia[59]
- **Santa Rosa de Osos:** Santa Rosa de Osos es un Municipio de Colombia, localizado en la subregión Norte del departamento de Antioquia de ese país. Limita por el norte con los municipios de San Andrés de Cuerquia, Yarumal, Angostura y Carolina del Príncipe, por el este con los municipios de Carolina del Príncipe y Guadalupe, por el sur con los municipios de Don Matías, San Pedro de los Milagros y Entreríos y por el oeste con los municipios de Entreríos, Belmira y San José de la Montaña[60]

3.1 Evaluación de la oferta de excedentes post cosecha

Durante esta etapa del estudio es primordial el levantamiento de información basada en dos fuentes principalmente: Bases de datos estadísticas sobre la producción (anual, mensual, diario) de hortalizas y encuestas directas a productores y actores relevantes en la producción de hortalizas.

AGRONET y FAOSTAT son dos bases de datos alimentadas por el Ministerio de Agricultura de la República de Colombia y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura que se constituyen como la fuente de información Nacional e Internacional en relación a las estadísticas de producción hortícola. De dichas bases de datos se tomaron datos que correspondían a la estacionalidad de los productos, la cantidad de producción, el área de producción y el año. Para proceder con la verificación de datos, se compararon los resultados obtenidos a través de las bases de datos mencionados al inicio con los inventarios nacionales agrícolas de los departamentos identificados como mayores productores hortícolas.

Con relación a la información levantada con los productores y actores relevantes en la producción de Hortalizas, se diseñó un instrumento (Ver Anexo 1) el cual permitió conocer tanto los datos de producción como la percepción de los agricultores sobre los elementos que afectan su producción y la comercialización, y las entidades como secretarías de agricultura y unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATAS) de los municipios en relación a la producción hortícola. Esta encuesta fue aplicada a 35 agricultores de los 220 registrados como productores de hortalizas, priorizados por la Cadena de Hortalizas, según el listado designado por la Secretaría de Agricultura que puede ser consultado en el Anexo 2. Los nombres de las personas seleccionadas se tomaron del listado de agricultores otorgado por la Secretaría de Agricultura, según los siguientes criterios de inclusión:

- Miembro activo de la cadena de hortalizas de Antioquia
- Trayectoria en el cultivo de hortalizas priorizadas (tomate, pimentón, zanahoria, lechuga, repollo, brócoli)
- Participación en programas o proyectos de investigación financiados con recursos de la Secretaría de Agricultura de Antioquia
- Mayor número de unidades productivas (parcelas) con cultivos de hortalizas priorizadas

De acuerdo a la Ley 1581 de 2012 los nombres y datos personales se protegen por su seguridad y protección [61].

Dentro de la encuesta, se indagan por aspectos relevantes sobre la producción agrícola cómo son:

- Tipo de hortaliza y volumen de producción: Las hortalizas seleccionadas por su importancia fueron Lechuga (*Lactuca sativa*), Tomate de aliño (*Lycopersicon esculentum*), Repollo (*Brassica oleracea L.*), Pimentón (*Capsicum annuum*), Brócoli (*Brassica oleracea itálica*), zanahoria (*Daucus carota*) y coliflor (*Brassica oleracea*)
- Origen de las hortalizas (en caso de centros de comercialización): Se indagó por el origen si es una finca productora o una gran comercializadora, en algunos casos podía provenir de otro municipio cercano.
- Formas de comercialización: Directa, al por mayor, tercerizada
- Criterios de rechazo: Suciedad, daños físicos, pudrición, insectos, hongos
- Volumen estimado de rechazo/hortalizas: Volumen aproximado al cálculo de cada productor, o registros de excedentes
- Estacionalidad de los excedentes: Tiempo de permanencia en vitrinas, exhibición o en canastas para venta

- Disposición de los excedentes: Aplicación directa al cultivo, compostaje, alimentación animal, u otro
- Valoración de los excedentes: Si se asigna un valor económico a los excedentes que se producen

Estos datos fueron sistematizados para relacionar los excedentes con la producción mundial y nacional de hortalizas, y confirmar las teorías de porcentajes de excedentes de hortalizas reportados en bibliografía

3.2 Caracterización de los excedentes post cosecha

En relación a caracterización bromatológica y microbiológica de hortalizas se colectaron muestras directamente de productores de hortalizas de los municipios en cuestión y centrales de abastos de los municipios (o centros de comercialización). El procedimiento de recolección se realizó de acuerdo a la producción que se tengan en el momento del muestreo los municipios, debido a que la producción no es continua del mismo producto por las condiciones de clima y demanda del mercado. Aún con este condicionante de producción, se toman las hortalizas priorizadas por la cadena de hortalizas de la Secretaría de Agricultura, en orden de no afectar la obtención de los resultados.

De acuerdo a la temporada de producción de un producto en específico se recolectó mínimo 5 kg de producto, que no estuvieran en estado de descomposición³, a razón de satisfacer las cantidades requeridas para todos los análisis, asegurando una muestra uniforme del cultivo y que no representará un sesgo en los resultados. Las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas de 10cm x 14cm, y transportadas en un tiempo menor a tres horas a los laboratorios de la Corporación Universitaria Lasallista. Allí las muestras se conservaron a una temperatura menor a 20°C en un cuarto con ventilación abundante.

Para conservar las muestras de hortalizas, se secaron en las instalaciones de la Corporación Universitaria Lasallista, en un equipo de secado por lecho fluidizado dentro de las 24 horas siguientes a su adquisición. El proceso de secado fue a una temperatura máxima de 50°C y una temperatura mínima de 45°C.

³ El estado de descomposición impide que sea utilizado en la mayoría de cadenas, por la aparición de aflatoxinas que son tóxicas para animales y seres humanos.

Para la caracterización bromatológica de los excedentes se tuvieron en cuenta los protocolos establecidos por la Asociación de Análisis Químicos Oficial (AOAC por sus siglas en inglés) para calidad de alimentos:

3.2.1 Determinación de humedad

El contenido de humedad se cuantificó utilizando el método No 925.10 de la AOAC. Se pesó una cápsula de porcelana con tapa previamente deshumedecida (H_0), luego se pesaron 5 gramos de muestra fresca en la cápsula y se llevó a una estufa a 105 °C durante 5 horas (H_1). Se retiró de la estufa y se llevó a desecador, se pesó y nuevamente se llevó a la estufa durante una hora más hasta que dos pesadas sucesivas no excedan de 5 mg (H_3). La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\%humedad = \frac{H_2 - H_3}{H_2 - H_1} * 100$$

Ecuación 1. Porcentaje de Humedad

Dónde:

H_1 : masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos

H_2 : masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos

H_3 : masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos

3.2.2 Determinación de proteínas

El contenido de proteína cruda se cuantificó utilizando el método No 954.01 de la AOAC. Se pesaron 0,3g de muestra seca en un papel filtro previamente pesado, se llevó al tubo digestor y posteriormente se adicionaron 4 g de catalizador ($K_2SO_4 - CuSO_2$) y 10 mL de ácido sulfúrico al 96% de igual forma se preparó un blanco utilizando un papel filtro. Los tubos digestores se llevaron al equipo de digestión de nitrógeno DK 20 (VelpScientifica, Italia) durante 45 min a 420°C y se dejaron enfriar. Pasado este tiempo se llevó a la unidad de destilación automática UDK 150 (VelpScientifica, Italia) se programó el respectivo protocolo de adición de reactivos (50 mL de agua destilada, 50 mL de NaOH 40 % y 50 mL H_3BO_3), luego de recoger el destilado se procedió a titular, adicionado 3 gotas de indicador de tashiro y se valoró con solución volumétrica de HCl 0.1N hasta que el destilado cambie de color verde a violeta y este permanezca por 30 segundos.

El cálculo se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{\left(14 \frac{mg}{meq}\right) * (Vm - Vb) * N * 100}{W}$$

Ecuación 2. Determinación de proteína

Dónde:

%N: Porcentaje de nitrógeno total

N: Normalidad del titulante

14mg: Peso de un miliequivalente de Nitrógeno

Vb: Volumen en mL de HCl 0.1N gastado en blanco de reactivos

Vm: Volumen en mL de HCl 0.1N gastados por la muestra en la titulación

W: Peso en mg de la muestra alimenticia/agrícola

F: 6,25 (Factor de conversión de N a proteína para vegetales)

%P: Porcentaje de proteína en base seca

3.2.3 Determinación de grasa (extracto etéreo)

El contenido de extracto etéreo se cuantificó utilizando el método No 989.05 de la AOAC. Se Pesaron 3 g (P₁) de muestra triturada y seca sobre un papel filtro, luego se llevó a un dedal. Posteriormente se adiciono 200 mL de hexano en un balón con perlas de ebullición previamente pesado (P₀). Se llevó al montaje de soxhlet y la extracción se efectuó durante 3 horas. Se evaporó el solvente, se transfirió a un desecador y se pesó (P₂). Para calcular el porcentaje de extracto etéreo se utilizó la siguiente fórmula

$$\%EE = \frac{P_1 - P_0}{P_2}$$

Ecuación 3. Porcentaje extracto etéreo

Dónde:

P₀: Peso del matraz

P₁: Peso de la muestra triturada y seca

P₂: Peso del residuo

3.2.4 Determinación de cenizas

El contenido de cenizas se cuantificó utilizando el método No 942.05 de la AOAC. Se pesaron 2g de muestra en un crisol previamente pesado, calcinado y deshumedecido (C1) y posteriormente calcinados en una mufla a 550°C durante 3 horas hasta obtener unas cenizas blancas o grisáceas. Luego se enfrió la mufla hasta ±40°C, el crisol se llevó a un desecador y se pesó a temperatura ambiente (C2) (Hotwitz & Latimer, 2007). El porcentaje de cenizas (%) se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\%cenizas = \frac{C_2 - C_0}{C_1} * 100$$

Ecuación 4 Determinación de cenizas

Dónde:

C₀: Peso del crisol vacío calcinado

C₁: Peso del crisol más la muestra

C₂: Peso del crisol más la muestra calcinada

3.2.5 Determinación de fibra dietaria

El contenido de fibra dietaria se calculó utilizando el método No 993.21 de la AOAC. Se pesaron 0.5g ± 0.1 g de la muestra previamente seca, desengrasada y homogenizada en un beaker de 250 mL, se mezcló con 25 mL de agua desionizada y se llevó al baño María con agitación por 90 minutos a 37°C. Pasado este tiempo se adicionaron 100 mL de etanol al 95%, quedando en reposo a temperatura ambiente por 1 hora y tapado.

Luego se filtró al vacío sobre un crisol, previamente tratado con calor, célite y etanol. El residuo se lavó dos veces con 10 mL de etanol al 78%, 2 veces con 10mL de etanol 95% y una vez con 10mL de acetona. Los crisoles se dejaron secando toda la noche en estufa a 105°C. Luego se pesaron y se incineraron uno de los duplicados en mufla a 550°C y al otro duplicado se le analizó las proteínas según Kjeldahl usando el factor de 6.25. El porcentaje de fibra se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%Fibra\ dietaria = \%residuo - \%Proteínas - \%cenizas$$

Ecuación 5. Porcentaje fibra dietaria

3.2.6 Extracción de carotenos totales

Los extractos para la determinación de carotenoides totales, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, se prepararon moliendo 10 g de muestra en un molino de laboratorio Dimaq® (Dimaq, Rionegro, Colombia) por 30 segundos. Para la preparación de los extractos lipofílicos e hidrofílicos se modificó el método empleado por Sales y Resurrección (2010) para lo cual se adicionaron 0,1 g de la muestra molida en un tubo para microcentrífuga Eppendorf® de 2 mL al cual se le agregó 1.5 mL de una mezcla de hexano y diclorometano (1:1), se llevó al agitador vórtex KMC 1300v (Vision Scientific, Korea) durante un minuto. Luego se sometió a sonicación por 10 minutos a 25°C, y se centrifugó a 14.000 rpm durante 15 minutos a una temperatura máxima de 10°C. El sobrenadante se separó en un tubo de ensayo, considerando este como la primera extracción [62]. El residuo fue sometido nuevamente a una segunda extracción tal como fue descrito anteriormente; el sobrenadante se unió con el primer extracto y fue sometido a secado bajo una corriente de nitrógeno constante hasta evaporación completa del extractante, constituyéndose este en la fase lipofílica para el análisis de ORAC y de carotenoides totales. El residuo también fue sometido a una corriente de nitrógeno para eliminar el exceso de extractante, siendo este la fase hidrofílica para el análisis de ORAC y compuestos fenólicos. Ambas fases secas se conservaron a -20°C y en oscuridad hasta su análisis.

El perfil cromatográfico para determinar cantidad de carotenos se realizó en un HPLC Ultimate 3000® (Dionex), equipado con una columna de fase reversa YMC Carotenoid (250 mm x 4.6mm, 5µm de tamaño de partícula) con metanol (A) y acetona (B) como eluentes. La proporción utilizada fue del 100% de A, la cual se mantuvo durante los primeros 30 segundos, luego se pasa a 100% de B en 1,5 minutos y se mantiene en esta proporción hasta el minuto 34 donde se retoma A en 100% 1,5 minutos para un total de 35,5 minutos. El flujo del solvente fue de

1mL/min, una detección a 450 nm, una temperatura de 20 °C y un volumen de inyección de 10 µL (el método fue desarrollado al interior del laboratorio de Trazabilidad y Residualidad de la Corporación Universitaria Lasallista). La identificación de los picos de carotenoides se hizo por comparación del tiempo de retención de los estándares inyectados y por su espectro de absorción. Los estándares empleados fueron licopeno, luteína, β-caroteno, zeaxantina preparados a una concentración de 0,1 mg/mL disueltos en cloroformo y acetona según las propiedades de solubilidad de cada uno de los compuestos.

3.2.7 Capacidad antioxidante ORAC

La capacidad antioxidante fue determinada usando el método capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC). Para ello se midió la disminución en la fluorescencia resultado del daño oxidativo causado por el 2-Amidinopropano dihidrocloruro (AAPH) como fuente de radicales peróxidos (ROO•). De esta manera se midió la capacidad de los antioxidantes presentes en las muestras para proteger la fluoresceína del daño oxidativo, midiendo la intensidad de fluorescencia en un lector de placas Synergy HT (Biotek Instruments Inc, USA). Para la curva de calibración se utilizó el análogo soluble en agua del tocoferol conocido como Trolox (análogo de la vitamina E con capacidad oxidativa similar) en concentraciones de 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200 µM, en buffer de fosfato 10Mm a pH 7,4. La muestra utilizada fue el extracto lipofílico reconstituido, siguiendo el método modificado de Sales y Resurrección (2010) con acetona; esta solución se mezcló con una solución de β ciclo dextrina metilada al azar (RMCD).

En una microplaca de 96 pozos (Costar, USA) se adicionaron en estricto orden fluoresceína, buffer fosfato (B), la dilución respectiva de trolox (5, 10, 25, 50, 100, 150, 200 µM) y la muestra. Se llevó el plato al lector de placas donde se pre incubó durante 30 min a 37°C. Pasado este tiempo se le adicionó a cada pozo la solución de AAPH y se procedió a la medición por triplicado de la intensidad de la fluorescencia cada 2 min durante 2 horas con una longitud de onda de excitación y emisión de 485 y 520 nm respectivamente[63].

La protección del antioxidante se midió a partir del área de fluorescencia bajo la curva (AUC) de la muestra en comparación con la AUC del blanco, donde el antioxidante no está presente. La AUC se calculó mediante la siguiente expresión:

$$AUC = \left(0,5 + \left(\sum_{i=1}^{i=31} \frac{f_i}{f_1} \right) \right) \cdot CT$$

Ecuación 6. Área bajo la curva

Dónde:

I: Número de ciclos

F: Unidades de fluorescencia

CT: Tiempo de cada ciclo en minutos. En este caso, CT=2

El área limpia bajo la curva (AUC limpia) se encontró por diferencia entre el AUC de la muestra y el AUC del blanco. Esta AUC limpia (y) se representó delante de la concentración de Trolox como patrón (X) obteniendo la recta de regresión lineal; a partir de aquí, se calcularon las moles equivalentes de Trolox (ET) por litro de muestra.

$$ORAC = \frac{ABC_{AH}}{ABC_{Trolox}} * \frac{[Trolox]}{[AH]}$$

Dónde:

ABC_{AH} : Área bajo la curva en presencia de antioxidante.

ABC_{Trolox} : Área bajo la curva de Trolox.

[Trolox]: Concentración de Trolox.

[AH]: Concentración de Antioxidante.

3.2.8 Determinación del contenido de compuestos fenólicos

El contenido de fenoles totales fue determinado usando el reactivo de Folin-Ciocalteu y leyendo la absorbancia en un lector de placas Synergy HT (Biotek Instruments Inc, USA). Para la curva de calibración se utilizó ácido gálico en concentraciones de 10, 20, 40, 60, 80, 100 µg/mL, preparados a partir de una

solución madre de 1000 µg/mL de ácido gálico en agua destilada. La muestra utilizada fue la obtenida del extracto hidrofílico reconstituido con 2mL de una mezcla de acetona, agua y ácido acético (70:29,5:0,5), se agitó durante 30 segundos en agitador mecánico y luego se llevó al baño de ultrasonido UC 300 (Scientz, Ningbo City, China) por 3 minutos a 25°C para posteriormente centrifugar a 14.000 rpm por 15 min[62].

Con las muestras diluidas se procedió al ensayo espectrofotométrico utilizando una microplaca de poliestireno de 96 pozos Corning Costar (Corning, USA) agregando los reactivos en el siguiente orden: agua destilada, dilución respectiva de ácido gálico (10, 20, 40, 60, 80, 100µg/mL), cada muestra a las diluciones indicadas. A todos los pozos se les adicionó carbonato de reactivo de folin excepto al blanco (Agua destilada). La microplaca con las muestras, blanco y estándares se llevó al lector de placas a 25 °C durante 60 minutos. Se registró la absorbancia a 760 nm por triplicado

3.2.9 Determinación de mesófilos

Para la preparación de la muestras se siguió el método establecido por la NTC (Norma Técnica Colombiana) 4491-4, de esta manera, 10 gramos de muestra se disolvieron en 90 mL de agua peptonada y fueron triturados durante dos minutos utilizando un homogenizador MIX 2® (AES, Francia), posteriormente se hicieron diluciones decimales en 9 mL de agua peptonada hasta una dilución de 10^{-6} (NTC4491-4, 2005) para realizar la determinación de Coliformes totales, *Escherichia coli*, hongos, Salmonella y mesófilos.

Se sembró 1 mL de las diluciones desde 10^{-1} hasta 10^{-3} por duplicado en cajas de petri estériles vacías, a las cuales se les agregó entre 15 y 20 mL de agar cuenta gérmenes, se mezclaron bien con la muestra, y se dejaron solidificar para ser incubadas a 37°C por 24 a 48 horas. Pasado este tiempo se escogió la dilución conteniendo entre 30 y 300 colonias y se procedió a su conteo[64].

3.2.10 Determinación de Coliformes

Para esta prueba se utilizó un método modificado, basado en las NTC 4458 y 4516. De las diluciones decimales de 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} se tomaron 1 mL de cada una y se depositaron en tubos de ensayo con 9 mL del medio fluorogénico Flourocult LMX®; los tubos fueron incubados a 37 °C de 24 a 48 horas. El contenido nutricional del caldo fluorocult LMX® garantiza una alta tasa de crecimiento de

coliformes, mientras que el lauril sulfato inhibe el crecimiento de las bacterias gram positivas. El medio contiene el sustrato cromógeno 5 -bromo-4-cloro -3-indolil- α - β -D-galactopiranosido (X-GAL) el cual es desdoblado por los coliformes tornando el caldo verde azul; adicionalmente el medio contiene el sustrato fluorógeno 4-metil lumbelliferil- α - β -D-glucuronido (MUG), el cual es altamente específico para *Escherichia coli* quien lo transforma produciendo un color azul fluorescente en el medio de cultivo, la cual es solo visible bajo la luz UV (366 nm). La presencia de *Escherichia coli* se confirmó adicionando al caldo unas gotas de reactivo de KOVÁCS® para la prueba del INDOL, la cual es positiva si esta capa se torna de color rojo en unos dos minutos después de haber adicionado el reactivo (Merck, 2004). Se registró el número de tubos positivos por dilución tanto para coliformes totales como fecales y con ello se formó una clave para leer en la tabla del Número Más Probable (NMP) (NTC4516, 2009). Los resultados se expresan como número más probable de coliformes fecales o totales por gramo [65].

3.2.11 Determinación de mohos y levaduras

Se sembraron 0.1 mL de las diluciones desde 10^{-1} hasta 10^{-6} por duplicado en cajas de Petri con agar selectivo para mohos y levaduras (Agar OGYE®), las cuales fueron incubadas a 25°C por 5 días. Pasado este tiempo se escogió la dilución con colonias menores a 150 y se procedió a su conteo[66].

3.2.12 Determinación de Salmonella

Para este análisis se empleó un método modificado, basado en la ISO 6579 y la NTC 4574. Esta prueba consta de cuatro etapas las cuales se realizaron como se explica a continuación.

Enriquecimiento no selectivo: Se pesaron asépticamente 25 g de muestra los cuales se diluyeron en 225 mL de caldo Salmosyst® y se trituraron durante dos minutos en un homogenizador MIX 2® (AES, Francia), luego se incubó por 6 a 8 horas a 35 °C

Enriquecimiento selectivo: Pasadas las 6 a 8 horas de incubación 10 mL del caldo Salmosyst®, se depositaron en un tubo tapa rosca estéril y se le adicionó una pastilla de Salmosyst®, se dejó en reposo durante 30 minutos para luego homogenizarlo en el vortex durante un minuto. Luego de esto se incubó a 35 °C durante 18 a 22 horas en un baño María.

Demostración de Salmonella. Pasado el tiempo de incubación se tomó una asada del tubo con caldo Salmosyst® y se sembró por el método de estrías múltiples en un agar XLD y agar Rambach®, los cuales se incubaron durante 24 a 48 horas a 35 - 37 °C (Merck, 2003).

Para la identificación de la salmonella específica, se utiliza agar XLD (Xilosa, lisina desoxicolato) contiene xilosa, lactosa y sacarosa los cuales al ser degradados hacen que el rojo de fenol presente en el medio cambie a color amarillo, por lo tanto las colonias de Salmonella aparecen de color rojo con centro negro. En el caso del agar Rambach® las Salmonellas se pueden diferenciar de otras bacterias por su contenido de propilenglicol. Las Salmonellas forman ácido a partir del propilenglicol y en combinación con el indicador de pH producen colonias rojas características (Merck, 2003). Teniendo en cuenta lo anterior, se tomaron las colonias sospechosas de ser Salmonella, para hacerles la respectiva identificación bioquímica en medios como agar lisina hierro (LIA), agar triple azúcar hierro (TSI), sulfuro indol movilidad (SIM), caldo urea y caldo Voges Proskauer [67]

3.2.13 Determinación poder calorimétrico

Para determinar la relación de calorías de cada uno de los residuos a analizar se utilizó un calorímetro automático isoperibólico 6200 (Parr), el cual tiene sensores térmicos de alta precisión para medición de temperatura en tiempo real de ignición del residuo además de llenado de oxígeno automático que permite la presencia de oxígeno constante en el proceso. La muestra analizada siguió dos procesos:

- Base húmeda: La muestra se secó hasta el 40% de humedad relativa, para eliminar la interferencia de este parámetro en el momento de la ignición. Posteriormente se tomaron entre 1 – 3 gramos del residuo aleatoriamente y se dispuso en la capsula de ignición. Se procedió con la programación del equipo para realizar la ignición y se tomó la lectura arrojada por el equipo. Se realizaron 5 repeticiones en diferentes momentos para asegurar el resultado con un margen de error de menos del 5%.
- Base seca: De los residuos secados en los diferentes equipos se tomaron de 1 a 3 gramos y se dispusieron en la cápsula de ignición. Se procedió con el proceso en el equipo tal y cómo se describe en el manual y se realizaron las repeticiones respectivas para asegurar el margen de error de menos del 5%.

3.3 Asignación de pesos a factores del modelo de gestión

Una vez realizada la revisión de literatura y definidos los factores a evaluar en cada uno de los usos posibles de los excedentes de hortalizas que fueron seleccionados para el presente estudio, se procedió a consultar con diferentes actores de la cadena de hortalizas, así como investigadores relacionados en el área de alimentos y ambiental, seleccionados por su trayectoria en el área de investigación y relación con la cadena de hortalizas, los siguientes aspectos:

- Importancia de los excedentes de hortalizas en los procesos urbanos
- Relevancia de los posibles usos
- Relación con el trabajo académico
- Interacción con las cadenas de uso de excedentes

Para tomar sus respuestas se diseñó un instrumento como se observa en el Anexo 3, a través de un formulario de la plataforma gratuita Google Docs, en el cual se establecía un perfil rápido del investigador a aplicar la encuesta en la primera parte que incluía su formación, su relación con los tópicos de agricultura (docencia, investigación, relación laboral directa) y su lugar de trabajo. Posteriormente se indagaba sobre la preferencia de usos alternativos al compostaje, y para confirmar estas preferencias se siguió de dos preguntas para determinar la convicción del investigador en adquirir un producto hipotético que tuviera en su composición excedentes de hortalizas, debido a que en el mercado se pueden introducir productos como alimento animal o humano que contengan estos excedentes. Luego de esto se indaga por el concepto de impacto ambiental y según la respuesta el cuestionario toma dos opciones. Si la respuesta es afirmativa el investigador puede continuar con el formulario, asignando la importancia del uso respectivo mediante preguntas con respuestas múltiples y agregando comentarios al final si lo considera necesario. Si el investigador responde de forma negativa, o considera no conocer el concepto la encuesta se da por terminada para evitar posibles confusiones con el término de impacto ambiental.

De esta forma, los resultados que se obtienen a través de la encuesta con expertos en temas de agricultura y medio ambiente se relacionan a los pesos de los factores asignados a cada uso alternativo. La encuesta estuvo disponible para su realización en la plataforma en línea durante 15 días, y su duración estimada era de 15 minutos, con el fin de generar una herramienta práctica y rápida para obtener las respuestas indicadas.

Con las respuestas otorgadas y según el orden de importancia se procedió a organizar los usos.

Los intervalos de cada uno de los parámetros bromatológicos y microbiológicos de cada hortaliza fueron descritos con la tabla de índices de calidad, explorada por Araujo (2014), la cual fue modificada y adaptada para los excedentes de hortalizas como se puede observar en la Tabla 2 y Tabla 3 [68, 69]. Estas tablas representan los niveles normales de cada uno de los parámetros descritos, que luego se deberán tener en cuenta para restringir o no el uso de una hortaliza posterior a su caracterización si no está dentro de los intervalos observados:

Tabla 2. Intervalos de Indicadores bromatológicos y microbiológicos (Adaptado de Normas AOAC)

Indicador	Unidad	Límites Observados	
		Mín	Máx
Humedad	%	85	95
Proteína	%	15	50
Grasas	%	0,01	0,05
Fibra dietaria	%	0,5	6,5
Mesófilos	UFC/g	Ausencia	10x10 ⁵
Coliformes fecales	NMP/g	Ausencia	10 x 10 ⁴
Salmonella	Presencia	Ausencia	Presencia
Mohos y levaduras	UFC/g	Ausencia	10 x 10 ⁴
Poder Calorimétrico	Cal	0,001 kCal	-

Tabla 3. Intervalos de de capacidad antioxidante y Polifenoles Totales (Haytowitz, 2010)

Hortaliza	Polifenoles Totales (mg GAE/100g)		ORAC (umol TE/100g)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
Tomate	635	665	15440	15444
Zanahoria	12	16	261	289
Pimentón	156	161	3516	3900
Lechuga	1	33	382	3845
Coliflor	59	63	512	520
Brócoli	109	113	1324	1348

La asignación de los pesos según las restricciones de las normas técnicas colombianas, establecieron los siguientes parámetros de uso en el orden que se describe en la Tabla 4. Estos pesos fueron adoptados de Araujo (2014) y Gary (1998) de acuerdo a los intereses de investigadores en el tema [25, 68]:

Tabla 4. Criticidad y pesos según literatura

Posible Uso	Peso	Parámetro crítico
Aplicación directa	5	N/A
Compostaje	15	Humedad
Energía	20	Calorías desprendidas
Alimentación/Nutrición	25	Nutrientes
Farmacéutica	35	Recuento microbiológico

Los pesos según literatura se asignan en un valor entre [0,100] tomando en cuenta que las sumatorias de todo sea 100. Los pesos se asignan de acuerdo al potencial beneficio que transfieren los materiales al medio en el que se aplican, siendo así la aplicación directa el menor peso debido a que esta actividad no transfiere los nutrientes de manera efectiva al suelo como se discutió anteriormente, mientras que un producto farmacéutico transfiere al organismo de manera más eficiente los nutrientes que puedan existir en determinado material.

3.4 Diagnóstico de los impactos ambientales

Se efectuó un levantamiento previo de información referente a la oferta de residuos post cosecha y se evaluaron las condiciones ambientales asociadas a los ecosistemas que estaban alrededor de los campos de agricultura y el modelo agrícola tradicional empleado en la actualidad por los horticultores del departamento. Con la ayuda de la encuesta a productores para el levantamiento de la información de excedentes post cosecha (Ver Anexo 1) se indagó por las actividades que pudieran generar impactos sobre el agua y el suelo en relación tanto de la actividad agropecuaria cómo de la disposición de los excedentes.

Posteriormente con las actividades de la actividad agrícola se llevó a cabo la elaboración de una matriz de causa y efecto utilizando el método propuesto por Vicente Conesa Fernández (2010), empleado para realizar una evaluación cualitativa del impacto ambiental. Para esto se describe un listado de actividades identificadas en campo y los impactos asociados a cada uno de los componentes físico, biológico y social. En esta fase del estudio se asignó la tipología del impacto y se calificó según la escala de Conesa (2010) en Muy Alto, Alto, Medio y Bajo en concertación con las UMATAS y los representantes de la cadena de hortalizas, de acuerdo a las necesidades que veían en terreno[70].

Capítulo IV. Análisis de resultados

En este capítulo se presentan los resultados de cada una de las fases de la metodología con el respectivo análisis, y falencias encontradas en el proceso, de modo que a futuras investigaciones se puedan validar los resultados de manera efectiva.

4.1 Estadísticas oficiales de excedentes post cosecha y resultados de encuestas

Los excedentes de cosecha están generalmente asociados a la estacionalidad de los cultivos y la oferta temporal de los mismos, por lo tanto, un análisis del anuario estadístico de producción agropecuaria del Departamento de Antioquia permite ver la evolución de cada uno de los cultivos de hortalizas priorizados por la Cadena productiva en el Departamento:

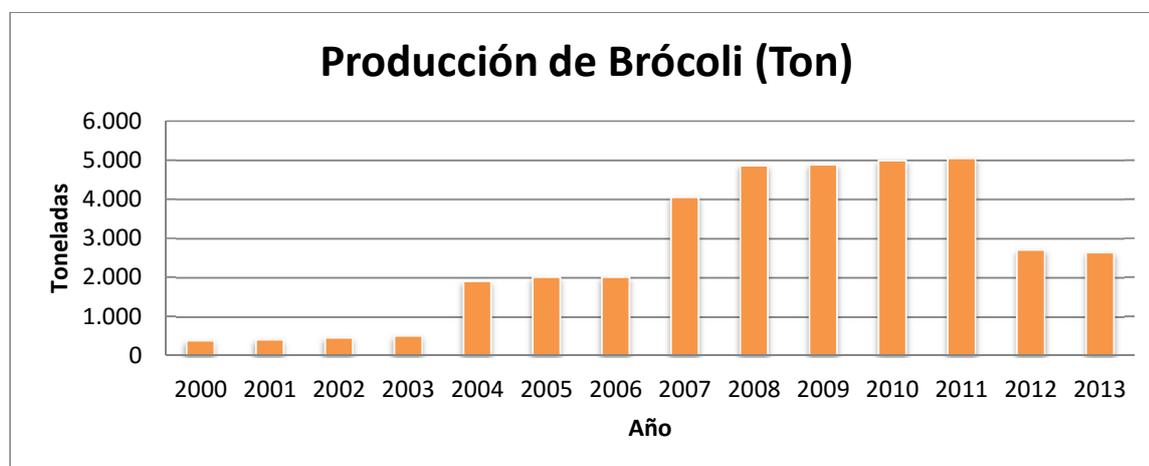


Gráfico 1. Producción departamental de brócoli (ton)

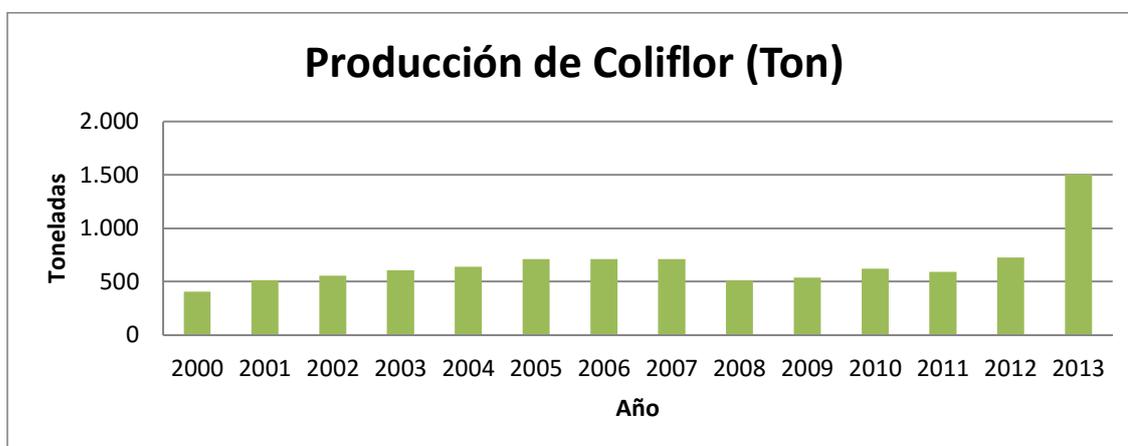


Gráfico 2. Producción departamental de coliflor (ton)

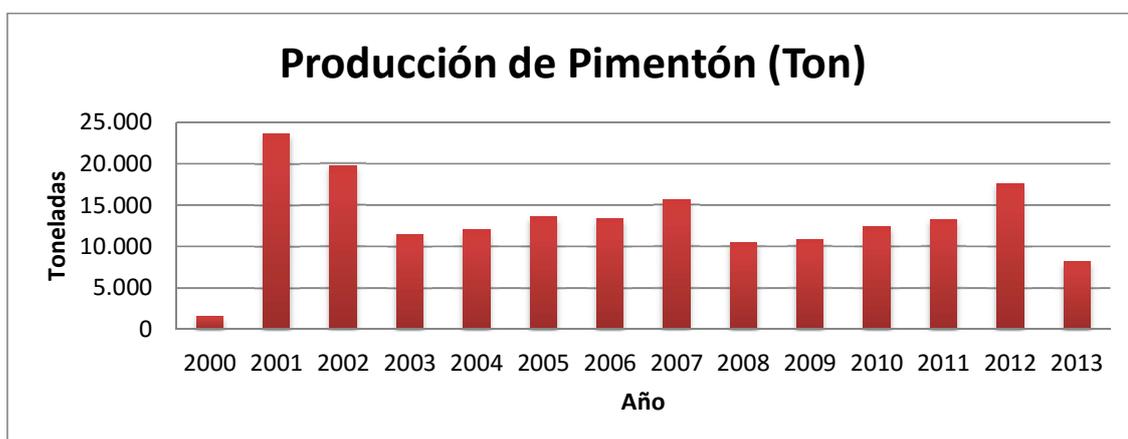


Gráfico 3. Producción departamental de pimenton (ton)

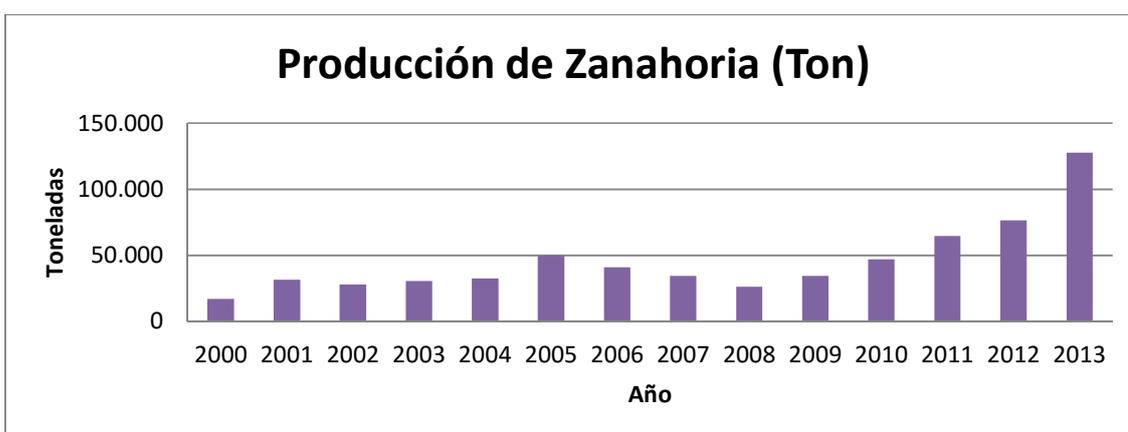


Gráfico 4. Producción departamental de zanahoria

En las gráficas uno a cuatro, de las distintas hortalizas se puede observar un comportamiento errático en la producción, ya que si bien la demanda de alimentos está aumentando a nivel mundial por el aumento poblacional desmedido, la producción debería corresponder en cierta medida al aumento de la demanda en alimentos por lo que se esperaría un comportamiento ascendente. La razón que se pudo constatar con autoridades municipales y UMATAS en este sentido es que el cambio climático que afecta a la región genera inviernos más fuertes que afectan la producción por arrastre del cultivo (lluvias fuertes que incluyen granizo), y veranos que disminuyen la oferta hídrica de la región y por lo tanto aumentan la demanda insatisfecha de los cultivos en este requerimiento.

En primer lugar, y con el objetivo de conocer el estado de las centrales de abastecimiento de los municipios, se realizó un acercamiento a las plazas de mercado de los municipios seleccionados encontrando que los escasos volúmenes de generación de residuos se deben a la utilización de los mismos campesinos de la región para la alimentación de animales de granja (alimentación directa porcinos sin ningún tratamiento previo). Se encontró además que no existe un criterio de rechazo por parte de los comercializadores más allá de la demanda que tenga la población de la zona, es decir si la población requiere una hortaliza se acepta para su venta, de lo contrario se rechaza y termina convirtiéndose en excedente de cosecha.

Los resultados de las visitas en campo apuntan a que los excedentes post cosecha y residuos en los centros de comercialización son bajos, por lo cual se debe estudiar otro grupo dentro de la cadena que se presume genera grandes volúmenes de desperdicios con una utilidad nula. El siguiente foco de estudio se centra en evaluar la oferta de excedentes que se presenta en las fincas con vocación agrícola ya que se reportan pérdidas del 10 al 15% del total de los productos cosechados.

Los datos obtenidos son el resultado de 35 encuestas (15% del listado de agricultores proporcionado) realizadas en campo específicamente pequeños agricultores que manifiestan en su mayoría generar pérdidas en cada cosecha, las causas obedecen principalmente a la falta de comercialización por los precios inestables del mercado, desconocimiento en manejo de enfermedades y plagas que afectan los cultivos y los suelos, adversas condiciones climáticas (atribuidas al cambio climático), altas temperaturas y mala calidad de las semillas. Estas pérdidas por lo general suponen un problema de generación de residuos ya que el material vegetal es utilizado en procesos de compostaje de baja calidad, alimentación animal (aplicación directa) o como aporte de materia orgánica cuando es incorporado directamente en el suelo, lo cual se debe cuantificar con modelos de

transferencia de masa para verificar el estado de los suelos en relación a los agroquímicos que pueden contener dichos residuos.

La principal dificultad a la hora de estimar los volúmenes de generación, cuando se intentan determinar en campo será una unidad de medida estándar que puedan entender los agricultores para la cuantificación de los excedentes, ya que hasta el momento no se tiene una medida oficial, actitud que es comprensible dentro del gremio ya que por las actividades que realizan de disposición final no están asociadas a costos para su recolección y tratamiento y por ende no se hace fácil el acceso a esta información.

Los resultados de las encuestas se pueden observar en la Tabla 5

Tabla 5 Resultados Encuestas a Productores

MPIO.	AGRIC.	PRODUCCION DE HORTALIZAS (kg/mes)								PERDIDAS TOTALES	PRINCIPALES MOTIVOS DE PERDIDA			Aprovechamiento de Residuos		
		T	P	R	C	B	Z	L	O		Falta Mercado	Manejo Enfermedad	Otro (cual)	Compost	Alim. Animal	Inc. A Suelo
San Pedro de los milagros	A1								X	0						
San Pedro de los milagros	A2	x						x	X						X	
San Pedro de los milagros	A3								X	0						
San Pedro de los milagros	A4			x	10.000 Kg/cosecha	x	x	x						X		
San Pedro de los milagros	A5								X					X		
San Pedro de los milagros	A6	x	x	x	x	x	x	x		5 kg/d				X		
San Pedro de los milagros	A7	x	x	x	x	x	x	x								
Guarne	A8															
Guarne	A9	x		x				x	x							
Guarne	A10	x	x	x	x			x	x							
El peñol	A11	x	x	x	x	x	x	x								
El peñol	A12								X	4.5 ton/Mes	x	x		X		
El peñol	A13	9000 u							X							

4.2 Resultados de caracterización de excedentes

Las muestras tomadas en los diferentes puntos del Oriente correspondieron a las hortalizas priorizadas antes mencionadas, las cuales fueron secadas según el procedimiento descrito, en la Ilustración 1 e Ilustración 2, se puede observar tomate y brócoli seco, cómo ejemplo de la matriz tomada para los análisis:



Ilustración 1. Tomate orgánico seco



Ilustración 2. Residuos secos en proceso de ORAC

En orden de información primero se presentan los resultados de grasa, proteína, extracto etéreo, cenizas, fibra dietaria, carotenos totales y capacidad antioxidante (Tabla 6):

Los resultados de la caracterización, estuvieron dentro de los límites normales observados en la literatura, lo cual puede ser considerado para los usos establecidos en un principio sin alteración de sus propiedades por el método de secado utilizado.

Sin embargo, para los análisis microbiológicos se obtuvieron ciertas dificultades con el material adquirido de los productores, debido a que este había comenzado su proceso de descomposición en algunos casos. En otros los productos estaban contaminados con gusanos y otros insectos que pueden interferir en los resultados y por lo tanto se repitieron en diferentes ocasiones y con diferentes predios el muestreo microbiológico para asegurar que la cantidad de microorganismos fuera consecuente con lo registrado en la literatura.

En la Tabla 7 se pueden observar los resultados de los parámetros microbiológicos estudiados, teniendo en cuenta que se presentan el promedio de los resultados registrados de todas las repeticiones de los diferentes muestreos.

Según estos resultados, el uso farmacéutico se puede ver restringido debido a que los parámetros de legislación para productos que tengan que ver con la salud humana son menos permisivos que los productos de alimentación. Si en un futuro se requieren los excedentes para productos farmacéuticos se debe considerar una desinfección del residuo, que pueda disminuir la cantidad de microorganismos presentes y no presente riesgo de enfermedades a los seres humanos. Para el uso alternativo y para producción de energía los excedentes están en óptimas condiciones de uso, teniendo en cuenta que no deben pasar por un proceso de secado para su conservación.

Tabla 6. Análisis bromatológicos de hortalizas

Muestra	%Grasa	%Proteína	%Cenizas	%Fibra	Carotenos totales (mg/100g)	Polifenoles totales (mgGAE/100G)	Capac. Antioxidante (umol TE/100g)	Poder Calorimétrico (Cal)
Zanahoria	2.22	6.51	8.46	9.55	10.36	5.90	3151.46	3,987
Lechuga	3.01	16.80	19.07	52.38	4.41	19.80	863.53	5,678
Pimentón	5.79	7.47	5.19	20.90	16.16	96.63	2550.61	7,432
Tomate	3.43	12.47	9.23	1.20	8.37	16.45	1783.90	6,237
Coliflor	0.001	20.13	1.35	30.8	190	0.75	30.85	4,876
Brócoli	2.01	22	8.93	17.34	354.6	0.76	30.85	9,877

Tabla 7. Microbiológicos excedentes post cosecha

Muestra	Mesófilos (UFC/g)	Coliformes (NMP/g)	Aislamiento de E.coli (NMP/g)	Recuento de hongos (UFC/g)	Aislamiento de salmonella en 25 g
Zanahoria	6×10^6	>2.400	>2.400	2×10^6	Ausente
Lechuga	> 10	500	9	70×10^4	Ausente
Pimentón	58×10^5	210	4	5×10^4	Ausente
Tomate	15×10^2	>2400	150	4×10^6	Ausente
Coliflor	Incontable	64	<3	5×10^4	Ausente
Brócoli	Incontable	>11000	6.1	15×10^2	Ausente

Los perfiles de cromatografía de los excedentes se utilizaron para determinar la presencia efectiva de componentes esenciales para el uso farmacéutico y nutricional como lo son los carotenos, a modo de verificación de los resultados de carotenos totales. Se pudo comprobar la presencia de β - caroteno, zeaxantina, luteína y licopeno en los excedentes de tomate, zanahoria, lechuga, brócoli y pimentón debido a que los métodos para coliflor aún no se han estandarizado. En las gráficas siguientes se pueden comprobar los perfiles obtenidos en el laboratorio de Residualidad y Trazabilidad de la Corporación Universitaria Lasallista:

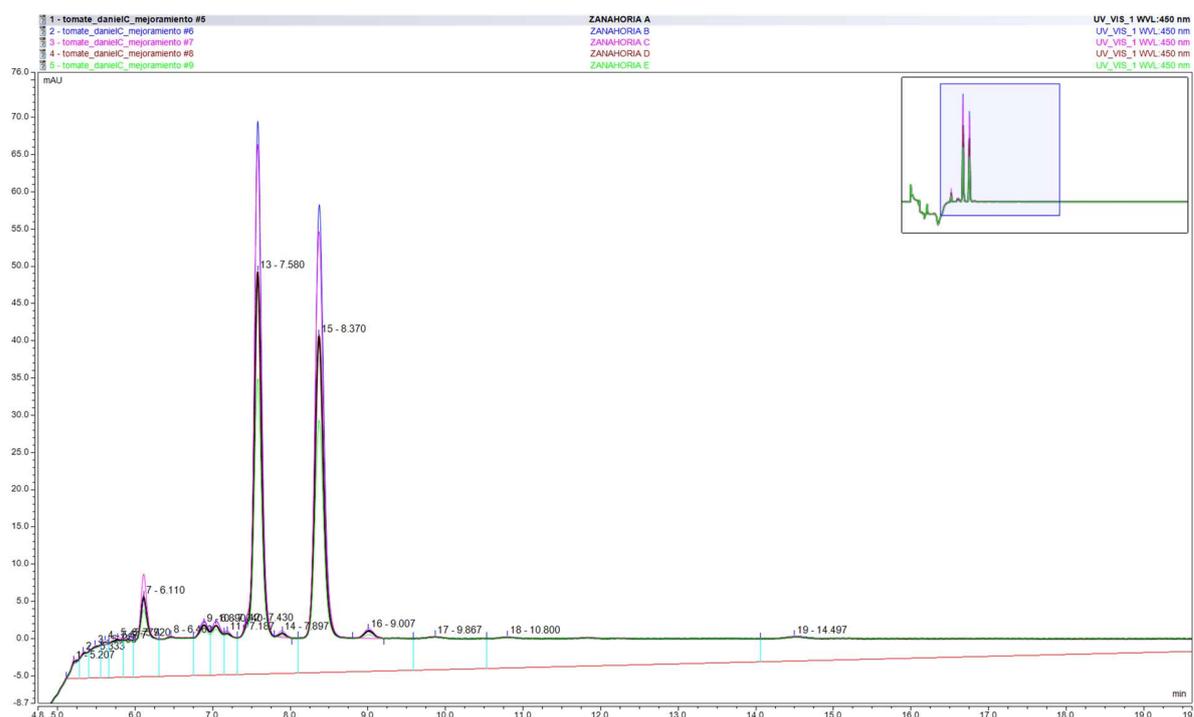


Gráfico 5. Cromatograma de zanahoria

En el caso de la zanahoria, en el gráfico 5, puede identificarse luteína y β -Caroteno, siendo este último el compuesto en mayor concentración, con tiempos de retención de 6.110 minutos y 8.370 minutos respectivamente. Con respecto compuesto que aparece a los 7.580 minutos no se logra identificar claramente, pero por comparación de su espectro de absorción con los estándares que se analizaron previamente puede corresponder al grupo de xantófilas.

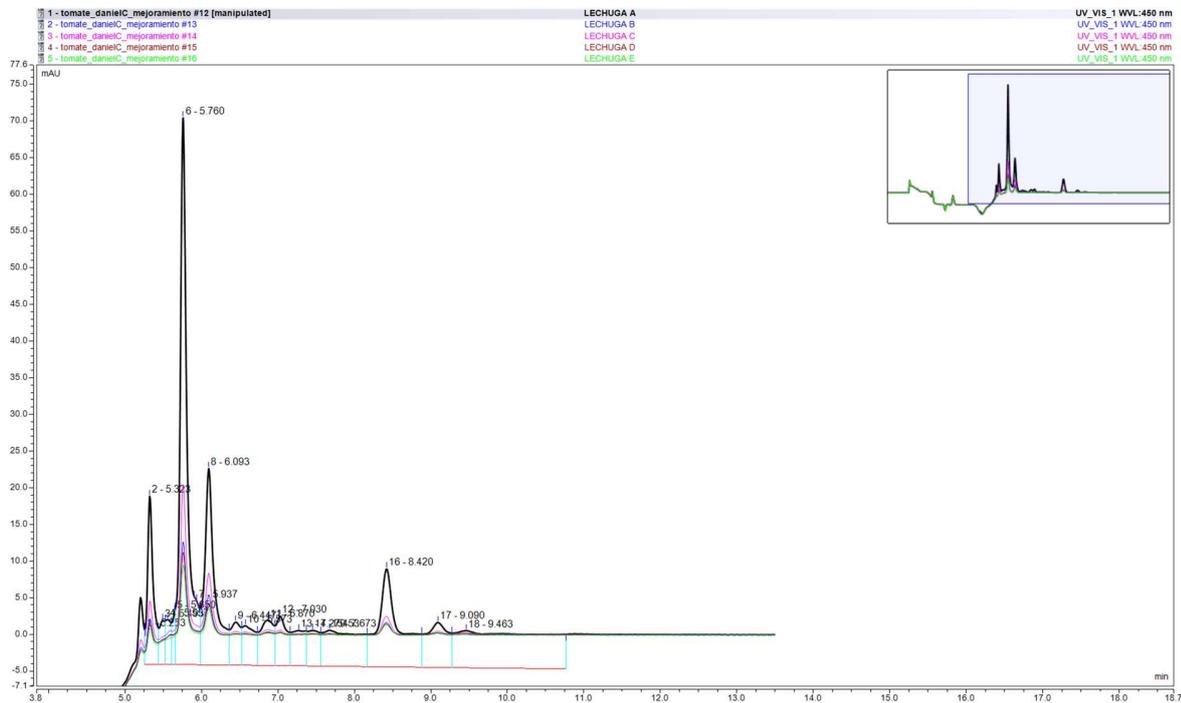


Gráfico 6. Cromatograma lechuga

En el gráfico 6 se observa la presencia de luteína a 6.093 minutos y de β -caroteno a 8.420 minutos y de otros dos ingredientes que no pudieron ser identificados a 5.303 y 5.760 minutos respectivamente, con los estándares existentes en el laboratorio de Trazabilidad y Residualidad de la Corporación Universitaria Lasallista.



Gráfico 7. Cromatograma de tomate

En el gráfico 7 puede observarse como ingredientes principales del tomate luteína, β -caroteno y licopeno (forma trans) a 6.077, 8.460 y 32.10 minutos respectivamente. En el caso del licopeno se observa un pequeño pico a los 33.403 minutos, el cual corresponde a la forma cis del licopeno, es por ello que la resolución entre estos picos no logra ser muy efectiva, al tratarse de isómeros es difícil su separación

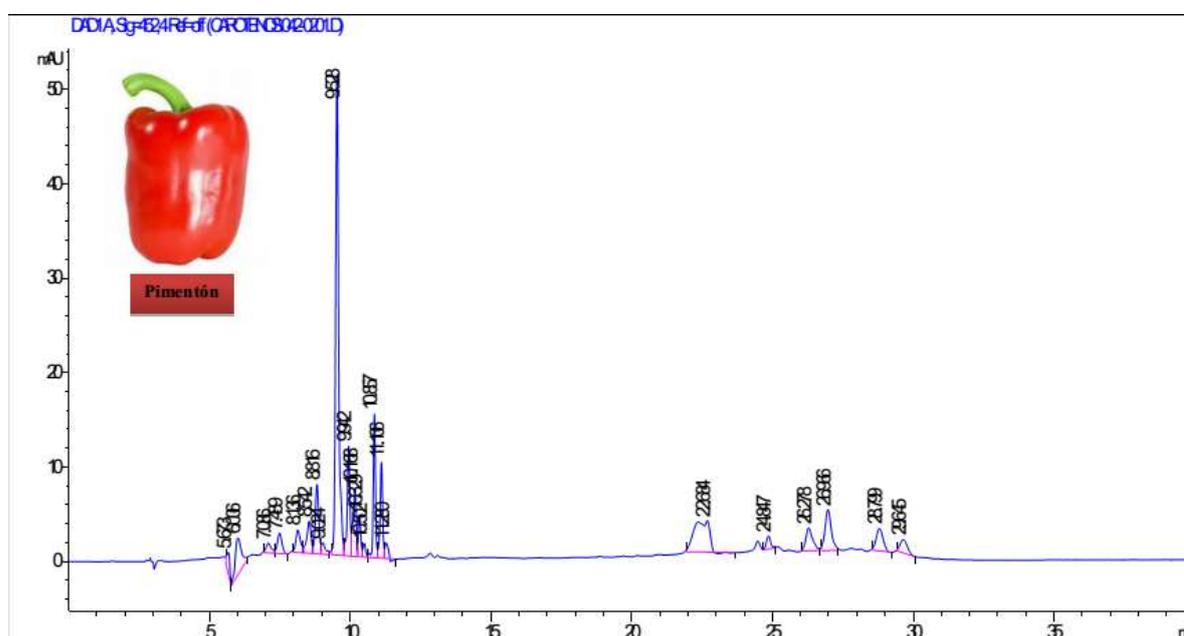


Gráfico 9. Cromatograma de pimentón

En el caso del pimentón, expuesto en el gráfico 9 se puede observar una presencia de zeaxantina y capsantina en tiempos de retención comprendidos en el intervalo de 5 a 10 minutos, pero dado a que el compuesto no ha sido estandarizado completamente no se puede identificar claramente su pico de absorción en tiempos de retención específicos

De los perfiles expuestos anteriores, se pudo comprobar la presencia de los compuestos de carotenos que son de interés a nivel global por sus usos en productos farmacéuticos y de nutrición tanto animal como humana. Es recomendable que se estudien los productos orgánicos versus los tradicionales, y analizar el efecto de la interacción de los agroquímicos con las hortalizas y su producción de compuestos bioactivos, ya que en el presente estudio no se realizó la cuantificación de cada uno de los compuestos en los dos sistemas de producción.

4.3 Asignación de orden de importancia a factores del modelo: Panel de expertos

Los expertos, convocados en línea para realizar la cuantificación del orden de importancia de los usos posibles de hortalizas, realizaron la encuesta sin ningún comentario adicional, o sugerencia de cambio del formulario por lo cual se procedió a realizar una nueva asignación de los pesos con las respuestas otorgadas.

El perfil de los encuestados tuvo una proporción del 83.3% de investigadores con maestría, y el 16.7% restante tenía por lo menos especialización. El total de encuestados fueron 12 investigadores vinculados a la Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Corporación Universitaria Lasallista y la Gobernación de Antioquia.

Para indagar sobre la viabilidad del uso de los excedentes y generar un orden de importancia para los factores de uso del modelo versus la importancia otorgada por las referencias, los investigadores encuestados respondieron según el conocimiento y trayectoria⁴ que tuvieran. Los resultados están presentados en el Gráfico 10, por el número de respuestas afirmativas de cada uso:



Gráfico 10. Número de respuestas, posibles usos.

De la gráfica anterior se puede concluir que el uso de alimentación tiene una importancia muy alta dentro de la comunidad académica, seguida por el compostaje y luego la energía. El uso farmacéutico es el cual tiene menor importancia, no por la contribución a los compuestos bioactivos que puedan tener las hortalizas, si no por el requerimiento tecnificado y de control microbiológico que deben tener dichos productos. La encuesta también arrojó que el uso en construcción (como agregados de muro paneles o material de relleno) y tratamiento de aguas residuales era de consideración por los investigadores,

⁴ Es importante aclarar que los investigadores están relacionados directamente con hortalizas, pero su formación por lo general obedece a químicos farmacéuticos, ingenieros ambientales y de alimentos lo cual no representa sesgo en una respuesta por su preferencia profesional.

pero el nivel de respuesta era menor del 8.3% y no se tomó en cuenta para la asignación de pesos.

Finalmente, la asignación de pesos por el orden de importancia de las encuestas se computó de la siguiente manera, de acuerdo a las respuestas otorgadas por los investigadores siguiendo la Ecuación 7 que se presenta:

$$X_i = \left| \frac{W_o - W_i}{W_o} * 100 \right| \pm f$$

Ecuación 7. Ponderación de pesos

Dónde

X_i : Asignación de peso del investigador i

W_o : Peso inicial

W_i : Peso otorgado por el investigador

f : Factor de corrección

La corrección de la asignación del peso, se realiza de acuerdo al valor que se obtenga, si es por encima del 100% escalando el producto a una relación equivalente dentro del rango de porcentaje

Con la tabla propuesta en la sección de materiales y métodos se le asignó a cada uso un número de orden de importancia, y se construyó la Tabla 8, para la asignación de pesos original:

Tabla 8. Asignación de orden de importancia vs pesos originales

Posible Uso	Peso	Orden de Importancia
Aplicación directa	5	5
Compostaje	15	4
Energía	20	3
Alimentación/Nutrición	25	2
Farmacéutica	35	1

Esta actividad se realizó debido a que en la encuesta se preguntaba por el orden de importancia y no por el peso específico de los usos, que podría generar una confusión.

Es así que la sesión de encuesta arrojó los datos propuestos en la tabla, que da una asignación de peso a cada uno de los usos posibles:

Tabla 9. Asignación de pesos de investigadores

Peso	Farmacéutico	Alimentación Humana	Generación Energía	Compostaje	Aplicación directa
I1	25	25	20	20	20
I2	15	5	20	25	35
I3	20	35	25	15	5
I4	20	35	25	15	5
I5	20	20	25	35	35
I6	25	35	35	25	20
I7	25	35	35	20	15
I8	35	35	20	20	5
I9	25	25	35	20	15
I10	20	25	35	35	35
I11	5	15	5	20	20
I12	15	35	35	35	35

De acuerdo a la Ecuación 7 y utilizando los datos otorgados por los investigadores, la asignación de pesos finales sería de la siguiente forma:

Tabla 10. Asignación de pesos nueva

Uso	Asignación de peso
Aplicación directa	35
Compostaje	20
Alimentación animal	25
Generación de energía	10
Farmacéutica	10

Según la asignación de pesos de la Tabla 2Tabla 10, la aplicación directa sería la mejor opción de control de los excedentes de cosecha, asumiendo que estos puedan distribuir

los nutrientes en la zona de tierra que son aplicados. Sin embargo y pese a este hallazgo, de acuerdo con Westerman (2005) y Cambier (2014) se debe tener consideración con los contaminantes que pueden ser transferidos al suelo, y pueden llegar a fuentes de agua subterránea y cuencas cercanas a los cultivos generando un problema de salud a las comunidades cercanas, o a comunidades que tomen de estos cauces el recurso para agua potable[15, 71].

El uso farmacéutico, es entonces el de menor peso, y esto es debido a la tecnificación que requiere el proceso de encapsulación de los componentes, el control microbiológico que se debe efectuar para impedir una contaminación del producto final, y el riesgo en aplicación humana[71, 72].

4.4 Diagnóstico ambiental de la producción hortícola

De acuerdo a la información provista por las encuestas y las visitas a campo realizadas, se identificaron diferentes actividades correspondientes a los procesos agrícolas que se presentan en la Tabla 11, y las cuales podrían tener un impacto en los ecosistemas en los cuales estaban emplazados, o ecosistemas cercanos a la zona de producción. Tanto las actividades como los impactos fueron tomados directamente de los agricultores, secretarios de agricultura y técnicos de las UMATAS como ejercicio de consolidación de la información y se consignaron como tal en la tabla a continuación:

Tabla 11. Actividades agrícolas con impactos

ACTIVIDADES AGRICOLAS	IMPACTO	IMPACTOS SECUNDARIOS
Aplicación de fertilizantes para crecimiento plantular	Disminución en la capacidad de intercambio de elementos	Eutrofización de cuerpos de aguas
	Aumento de pH en los suelos	Aumento en los niveles de fosfato en cuerpos de agua
	Disminución de pH en los suelos	Acidificación de la lluvia
	Disminución en la capacidad para fijar nitrógeno orgánico	Aumento de la DQO y DBO en aguas superficiales
	Acumulación de sales solubles	Lixiviación de nutrientes nitrato, fosforo, magnesio, calcio, azufre
	Disminución de la capacidad de intercambio catiónico del suelo	Erosión

	Pérdida del horizonte O	
	Acumulación de nitratos en el suelo	
	Emisión atmosférica de metano y óxido nitroso	
	Disminución en la capacidad de intercambio de elementos	Efectos nocivos sobre la salud de los animales
	Aumento de pH en los suelos	Bioacumulación de sustancias químicas en los alimentos
	Disminución de pH en los suelos	Resistencia de plagas
Aplicación de agroquímicos para control integrado de plagas	Disminución en la capacidad para fijar nitrógeno orgánico	
	acumulación de sales solubles	Emisión atmosférica de VOC
	Pérdida del horizonte O	Bioacumulación de sustancias químicas en las personas
	Disminución de Comunidades microbiológicas	Erosión
	Disminución de la capacidad de intercambio catiónico del suelo	
	Variaciones Micro climáticas	Erosión
	Pérdida Coberturas vegetales	Cambios desfavorables en la Regulación climática
	Afectación de la estabilidad ecosistémica	Pérdida de valor estético
Desbroce de malezas y arbustos	fragmentación del hábitat de especies endémicas	Afectación en los valores de Recreación pasiva
	Afectación de cadenas tróficas	
	pérdida del horizonte O	Disminución de la Capacidad del suelo para retener nutrientes
	Aumento en la aireación del suelo	Erosión
	Afectación de la textura del suelo	
Arado del suelo y preparación de zanjas para el drenaje	Disminución de la capacidad de intercambio catiónico del suelo	
	Cambios geomorfológicos	
	Aumento de la permeabilidad del suelo	

	Aumento en la porosidad	
	Cambios en la coloración del suelo	
Deforestación	Variaciones micro climáticas	Pérdida de valor estético
	Pérdida del horizonte O	Erosión
	Disminución de Comunidades microbiológicas	Afectación en los valores de Recreación pasiva
	Pérdida Coberturas vegetales	Disminución en la síntesis de CO ₂
	Fragmentación del hábitat de especies endémicas	Disminución en el aporte de materia orgánica
	Afectación de cadenas tróficas	
	Disminución de la humedad local	
	régimen bajo de evapotranspiración	
Quema de arbustos y material vegetal residual	Variaciones microclimáticas	Aumento de pH en los suelos
	Disminución de la densidad aparente	aumento de la conductividad eléctrica
	buen penetración de raíces	Disminución de Comunidades microbiológicas
	Pérdida de la capacidad del suelo para retener la humedad	Fragmentación del hábitat de especies endémicas
	Reducción de la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio	
	Disminución de la micro Flora	
	Aumento en concentraciones de monóxido y dióxido de carbono, humo, polvo y cenizas.	
Riego en cultivos bajo invernadero	Disminución del caudal	Aumento en los niveles de fosfato en cuerpos de agua
	Movilidad de nutrientes	Aumento de la DQO y DBO en aguas superficiales
	Salinización de suelos	Lixiviación de nutrientes nitrato, fósforo, magnesio, calcio, azufre
	Eutrofización de cuerpos de aguas	
	Acumulación de nitratos en aguas subterráneas	
	Aumento de pH en los suelos	

	Disminución de pH en los suelos	
Transporte de agua por motobomba	Disminución del caudal	Aumento en los niveles de ruido
	Fragmentación del hábitat de especies endémicas	
	Reducción del cauce de cuerpos de agua	
Cosecha y post cosecha	Generación de residuos	
	Gasto de agua	
	Aumento de mano de obra local	

Una vez realizada la lista, y tomadas todas las actividades que expresaron los agricultores se tradujeron en impactos y se fueron agrupando en las dimensiones propuestas por Ángel (2000), y se modificaron las expresiones de los agricultores en impactos de manera que se tuviera la matriz en términos técnicos[73]. Dentro de los alcances del proyecto se logró concluir la matriz evaluando únicamente el tipo de impacto y la intensidad como parámetros principales, con lo cual se conoce el carácter del impacto que puede ser positivo o negativo y la incidencia de la acción causal sobre el factor impactado en el área en la que se produce el efecto. La matriz que se presenta en la Tabla 12, pretende realizar un primer ejercicio de identificación de impactos en el Oriente Antioqueño, de manera que futuros ejercicios puedan lograr un alcance mayor y determinar ciertos impactos que son de importancia para la región

Tabla 12. Matriz de impactos

		Impactos	Aplicación de fertilizantes para crecimiento plantular		Aplicación de agroquímicos para control integrado de		Desbroce de malezas y arbustos		Arado del suelo y preparación de zanjas para el drenaje		Deforestación		Quema de arbustos y material vegetal residual		Riego en cultivos bajo invernadero		Transporte de agua por motobomba		Cosecha y post cosecha			
			-	A	-	A	-	B	-	M	-	B	-	M	-	B	-	B	-	B	-	B
Componentes Ambientales	Dimensión física	Aire	Emisión atmosférica de metano y óxido nitroso	-	A									-	B							
			Aumento en los niveles de ruido									-	M					-	B			
			Emisión atmosférica de VOC			-	A							-	M							
			Variaciones Microclimáticas					-	B			-	MA	-	B							
			Cambios desfavorables en la Regulación climática					-	B			-	B									
			Aumento en concentraciones de monóxido y dióxido de carbono, humo, polvo y cenizas.													-	M					
			Disminución en la síntesis de CO2					-	B			-	M									
	Suelo	Diminución en la capacidad de intercambio de elementos	-	A	-	A											-	B				

			Disminución de la capacidad de intercambio catiónico del suelo	-	A	-	M													
			Pérdida del horizonte O	-	MA	-	MA			-	M	-	B							
			Acumulación de nitratos en el suelo	-	A															
			Disminución de la Capacidad del suelo para retener nutrientes	-	A	-	A													
			Lixiviación de nutrientes nitrato, fosforo, magnesio, calcio, azufre	-	M									-	A					
		Agua	Eutrofización de cuerpos de aguas	-	M	-	M							-	M					
			Aumento en los niveles de fosfato en cuerpos de agua	-	A										-	M				
			Acidificación de la lluvia	-	M									-	B					
			Aumento de la DQO y DBO en aguas superficiales	-	A	-	A													
			Acumulación de nitratos en aguas subterráneas	-	A											-	A			
			Disminución del caudal													-	M	-	M	

Dimensión biológica	Fauna	Efectos nocivos sobre la salud de los animales			-	A								-	M						
		Resistencia de plagas			-	M															
		Disminución de fauna benéfica para el ecosistema			-	A							-	A	-	M					
		Disminución de Comunidades microbiológicas			-	A									-	M					
		Fragmentación del hábitat de especies endémicas							-	M				-	A	-	B				
		Afectación de cadenas tróficas			-	A	-	B					-	A	-	M					
	Flora	Bioacumulación de sustancias químicas en los alimentos	-	A	-	A															
		Afectación del paisaje							-	B	-	B	-	A	-	B					
		Pérdida Coberturas vegetales							-	A			-	A	-	M					
		Afectación de la estabilidad ecosistémica	-	M	-	M	-	B					-	A	-	M				-	M
		Régimen bajo de evapotranspiración												-	M						
		Disminución en el aporte de materia orgánica	-	A	-	B	+	M						-	M	-	M				

En la matriz se generaliza un alto número de impactos de carácter negativo y una intensidad en su mayoría con una estimación media igual al 37%. El 32% de los impactos cualificados obtienen una intensidad alta, lo cual asevera un daño ambiental notorio ya que abarca aproximadamente la mitad del recurso, el nivel bajo obtiene un porcentaje total del 26% lo que indica que la intensidad del impacto es leve, por lo tanto no tiene consecuencias considerables sobre el recurso; El nivel de afectación muy alto se le atribuye a los impactos relacionados con la pérdida de horizonte orgánico y la deforestación ya que se evidencia un daño grave para el recurso mayor al 76%.

Después de realizar la matriz de evaluación cualitativa de impactos ambientales asociados a la producción de hortalizas se puede concluir que la implementación de sistemas agrícolas con bajos recursos tecnológicos y técnicos, contribuye al aumento del impacto ambiental generado por los procesos de expansión de la frontera agropecuaria, afectando directamente el componentes suelo, la calidad del recurso hídrico, el paisaje y la flora, promoviendo con ello, el cambio de las condiciones físico-químicas del suelo, la disminución de la capa orgánica, aumento de procesos erosivos, pérdida en la flora nativa y disminución en la presencia de especies vegetales, todos estos aspectos deterioran la estabilidad y la dinámica natural de los ecosistemas, por lo cual se hace necesario la aplicación efectiva del modelo, para generar una conciencia sobre los excedentes.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El departamento de Antioquia y en general Colombia, es una región de gran biodiversidad y reconocida a nivel mundial por los diferentes productos de gran calidad para exportación y consumo interno. Sin embargo, este factor de calidad reconocido en diferentes países se ve traducido en el cambio de la vocación del suelo, convirtiendo campos de bosques en terrenos para la explotación agrícola. Así mismo estos cambios en el terreno están conllevando al territorio a una serie de afectaciones a los ecosistemas, los cuales se pueden visualizar fácilmente y que deben ser atendidos mediante políticas públicas para la recuperación del territorio, y que detengan la degradación de los suelos, el cambio en el micro clima y la explotación del territorio de manera indiscriminada.

Se evidencia la necesidad de implementar la producción de hortalizas bajo un sistema de producción limpia, que involucre el manejo integrado del cultivo, el manejo integrado de plagas y enfermedades y una adecuada cosecha, lo cual se convierte en clave para obtener hortalizas de buena calidad y el aseguramiento de la inocuidad a un menor costo, dado que se reduce el uso de productos químicos y el costo de producción al ahorrar la compra de productos químicos para el control fitosanitario.

La recopilación de información obtenida en campo se convierte en un insumo clave para explorar la situación actual de los agricultores y los ecosistemas cercanos, ya que se evidencia falta de información confiable para la investigación; y es de gran importancia continuar con el levantamiento de información preliminar con el fin de tomar decisiones acertadas sobre el territorio y encaminar el proyecto de investigación de una manera objetiva que responda a las necesidades latentes de la cadena hortícola en la actualidad.

Es de suma importancia que se aplique un modelo de gestión de residuos en el territorio, a través de educación ambiental y acompañamiento técnico tanto a los representantes de la cadena hortícola como de los agricultores, que genere un cambio en la cultura de disposición de los excedentes post cosecha y residuos agroindustriales del proceso productivo, disminuyendo así los volúmenes de generación.

La evaluación cualitativa del impacto ambiental se convierte en una herramienta técnica muy importante si se quiere realizar una predicción sobre la forma en que las actividades del proyecto impactarán sobre el medio ambiente, sin desconocer que la incertidumbre

estará presente en algunos de los parámetros involucrados, se advierte un panorama general del contexto agrícola, sin embargo, es necesario ahondar más en este tema para el contexto local

Los modelos de gestión de residuos en general ofrecen beneficios tanto para los generadores como para la sociedad en general al evitar incurrir en gastos de disposición final y deterioro del entorno cercano a la disposición de los residuos, pero para llegar a una aplicación efectiva tanto del presente modelo como de otros diferentes se debe regular de manera directa para generar oportunidades en los productores, que obtengan beneficios a través de la gestión del trabajo que no pueda ser aprovechado.

5.2 Recomendaciones

La recuperación y conservación de las condiciones ecológicas del entorno agrícola es una labor de vital importancia, debido al agotamiento, el deterioro de los recursos y a la continua presión a la cual se enfrentan los ecosistemas por la instalación de actividades antrópicas, representadas en el aumento de asentamientos humanos, actividades agropecuarias agresivas y cambios en el uso y aprovechamiento del suelo, para contrarrestar este impacto ambiental negativo es de vital importancia la implementación de prácticas agrícolas que integren un manejo racional de los recursos, lo que permite que se continúen aprovechando sus servicios ambientales, aplicando el concepto de desarrollo sostenible y eficiencia productiva.

La medición de los volúmenes de generación se convierte en un insumo importante para la gestión de los residuos, dado que estos datos deben ser concisos y confiables para trazar los diferentes planes de manejo integral de residuos institucionales y territoriales. Es por esto, que para futuras experiencias se asuma esta labor de manera directa, y así disminuir el nivel de incertidumbre en las unidades de medida de los volúmenes de residuos.

Se hace necesario ampliar la investigación y formular un estudio de impacto ambiental más amplio que permita establecer una cuantificación específica de las problemáticas que aquejan la situación ambiental en las zonas productivas, ya que la situación es desfavorable en cuanto al nivel de vida de los agricultores y el deterioro de nuestros recursos naturales.

La necesidad de una modelación de contaminantes químicos en el suelo y en el recurso hídrico se hace latente con esta experiencia investigativa, además de un análisis de la situación actual de salud de los productores que permita conocer el riesgo toxicológico en

al cual se encuentran expuestos los alimentos cultivados en la zona, la fauna y flora del Oriente Antioqueño y sobre todo la población que depende laboralmente de esta actividad económica.

Mención especial

El presente trabajo fue financiado a través de la Secretaría de Agricultura del Departamento de Antioquia con fondos del Sistema General de Regalías, por medio del convenio “Aprovechamiento de los excedentes de cosecha en la cadena de hortalizas de Antioquia para la obtención de productos con alto valor agregado” (No. 4600001050) suscrito entre la entidad en mención y la Corporación Universitaria Lasallista (Grupo de Investigación en Medio Ambiente –GAMA e Investigación en Ingeniería de Alimentos – GRIAL de la Vicerrectoría de Investigación)

Anexos

Anexo 1. Encuesta a productores



Proyecto			
Municipio		Lugar	
		Nombre del encuestado	
Fecha		Hora	
Responsables			



Encuesta						
1) Qué tipo de hortalizas comercializa y/o produce						
Tomate	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Cantidad	
Pimentón	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Cantidad	
Repollo	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Cantidad	
Coliflor	si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Cantidad	
Brócoli	si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Cantidad	
Zanahoria	si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Cantidad	
Lechuga	si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Cantidad	
Otra	<input type="checkbox"/>	¿Cuál?				
2) Origen						
Vereda /finca		Productor/Centro de acopio		Municipio		



3) Forma de comercialización				
Por mayor	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Producto empaçado	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Detal /unidad	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>	¿Cual?		
4) Rechazo				
4.1) ¿recibe todas las hortalizas que le llegan u ofrecen?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
4.2) ¿Cuáles son los criterios de rechazo?				
Magulladura (golpe)	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Descomposición	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
tamaño	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Aspecto visual	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Presencia de hongos	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Presencia de insectos	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Daño foliar	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>	¿Cual?		
5) Cantidad aproximada de rechazo				
Tomate	Cantidad (kg)			
Coliflor	Cantidad (kg)			
Repollo	Cantidad (kg)			
Pimentón	Cantidad (kg)			
Zanahoria	Cantidad (kg)			
Brócoli	Cantidad (kg)			
Lechuga	Cantidad (kg)			



6) Valora las hortalizas según la calidad del producto recibido		Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
¿Por qué?					
7) Realiza clasificación de las hortalizas que no comercializa		Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
De responder si en la pregunta número siete elija la opción que mejor describe la actividad de clasificación					
Recipiente común		<input type="checkbox"/>	Alimentación animal		<input type="checkbox"/>
Recipiente individual		<input type="checkbox"/>	Compostaje		<input type="checkbox"/>
Centro de acopio		<input type="checkbox"/>	Comercialización como segundas		<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>	¿Cuál?			
8)Cuál es la estacionalidad del producto (hortalizas) en exhibición					
1-2 Días		<input type="checkbox"/>	4-7 Días		<input type="checkbox"/>
2-4 Días		<input type="checkbox"/>	>7 Días		<input type="checkbox"/>
9) Cantidad estimada del producto que se pierde diariamente					
Tomate	Cantidad (kg)				
Coliflor	Cantidad (kg)				
Repollo	Cantidad (kg)				
Pimentón	Cantidad (kg)				
Zanahoria	Cantidad (kg)				
Brócoli	Cantidad (kg)				
Lechuga	Cantidad (kg)				

Observaciones	

Anexo 2. Listado de Agricultores, Cadena de Hortalizas

Agricultor	Municipio	ID
	San Pedro de los Milagros	A1
	San Pedro de los Milagros	A2
	San Pedro de los Milagros	A3
	San Pedro de los Milagros	A4
	San Pedro de los Milagros	A5
	San Pedro de los Milagros	A6
	San Pedro de los Milagros	A7
	Guarne	A8
	Guarne	A9
	Guarne	A10
	El Peñol	A11
	El Peñol	A12
	El Peñol	A13
	El Peñol	A14
	Marinilla	A15
	Marinilla	A16
	Marinilla	A17
	Marinilla	A18
	Marinilla	A19
	Marinilla	A20
	Marinilla	A21
	El Santuario	A22
	El Santuario	A23
	El Santuario	A24
	El Santuario	A25

	El Santuario	A26
	El Santuario	A27
	San Vicente	A28
	La Ceja	A29
	La Unión	A30
	Rionegro	A31
	Santa Rosa de Osos	A32
	El Peñol	A33
	El Peñol	A34
	Rionegro	A35

Anexo 3 Encuesta a investigadores

Asignación de importancia a factores de Uso. Propuesta de modelo de gestión para excedentes de Hortalizas

La Corporación Universitaria Lasallista en aras de generar experiencias de investigación que propenden al beneficio de la sociedad, y en aras de cumplir con el Convenio macro de la Cadena de Hortalizas para el "Fortalecimiento de la cadena de hortalizas del Departamento de Antioquia mediante la generación de conocimiento científico y tecnológico aplicado para el desarrollo de un sistema de trazabilidad e inocuidad y de aprovechamiento de residuos que potencie su productividad y competitividad" se presenta a continuación una serie de posibles usos para excedentes de producción.

Por favor responda las siguientes preguntas, tomando en cuenta que los excedentes de producción citados no serán utilizados en ninguna actividad agropecuaria, que tienen calidades óptimas nutricionales y que no presentan riesgo para las aplicaciones descritas en el cuestionario. Sus respuestas serán tratadas de manera confidencial y serán usadas únicamente con fines de la investigación.

*Obligatorio

Cuál es el último nivel de formación alcanzado

- Profesional
- Bachiller
- Especialización
- Doctorado
- Maestría
- Posdoctorado

Seleccione su edad

- 18-25 años
- 26-30 años
- 30-40 años
- Más de 40 años

Actualmente labora en: *

- Entidad pública
- Entidad privada
- En entidades privadas y públicas
- Independiente
- No labora

Continuar »

 20 % completado

Asignación de importancia a factores de Uso. Propuesta de modelo de gestión para excedentes de Hortalizas

*Obligatorio

Cuestionario sobre usos

Usted considera que los excedentes pos cosecha pueden ser utilizados en (puede marcar más de una opción): *

Entienda excedente cómo todo aquel producto que no fue comercializado, convirtiéndose en un residuo que puede ser aprovechado, y que conserva sus propiedades originales.

- Ninguna
- Alimentación animal y/o humana
- Compostaje
- Tratamiento de aguas residuales
- Usos farmacéuticos cómo cremas, medicamentos, o suplementos
- Agregados para construcción (muro panel, material de relleno, material de mezcla)
- Producción de energía por combustión

« Atrás

Continuar »



Asignación de importancia a factores de Uso. Propuesta de modelo de gestión para excedentes de Hortalizas

*Obligatorio

Parte 2

Si un producto farmacéutico tuviera en su composición excedentes de hortalizas ("producto mejorado"), usted: *

Esta pregunta es obligatoria.

Si un producto alimenticio (suplemento, o producto terminado) tuviera en su composición excedentes de hortalizas ("producto mejorado")

Es indiferente
Prefiere el tradicional
Toma la decisión basado en precio/beneficio
Depende del grado de composición, prefiere el "mejorado" sobre el tradicional
Prefiere el que tiene excedentes sobre el tradicional

60 % completado

Asignación de importancia a factores de Uso. Propuesta de modelo de gestión para excedentes de Hortalizas

*Obligatorio

Parte 3

¿Entiende usted qué es un impacto ambiental? *

- No
 Sí
 No estoy seguro

« Atrás

Continuar »

80 % completado

Parte 4

Asigne, en una escala de 1 a 5 dónde 1 es el más importante y 5 el menos importante, los usos que le parezcan de mayor importancia. *

Considere para esta pregunta que el uso que usted posicione cómo más importante es el que va a disminuir los impactos ambientales negativos, y aumentar los impactos ambientales positivos.

	5	4	3	2	1
Uso farmacéutico	<input type="radio"/>				
Uso para alimentación animal/humana	<input type="radio"/>				
Uso para generación de energía	<input type="radio"/>				
Compostaje	<input type="radio"/>				
Aplicación directa a la tierra	<input type="radio"/>				

Desea agregar algún comentario?

« Atrás

Enviar

100 %: ¡Lo loaraste!

Bibliografía

- [1] U. N. A. y. a. D. UNAD. (2014, Oct 15). *Comercio Hortícola y Acuerdo De Competitividad de la Cadena*. Available: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201618/exe-horticultura2/leccin_13.html
- [2] O. d. E. y. P. Agrarias, "Mercado de las hortalizas procesadas," M. d. Agricultura, Ed., ed. Chile 2013, p. 10.
- [3] M. d. A. y. D. Rural, "Documento CONPES 3514. Política Nacional Fitosanitaria y de Inocuidad para las cadenas de frutas y otros vegetales," ed. Bogotá: Dirección Nacional de Planeación, 2008, p. 45.
- [4] O. d. I. N. U. p. I. A. y. I. Agricultura. (205, Octubre). *El derecho a la alimentación adecuada*. Available: <http://www.fao.org/righttofood/our-work/global-and-regional-fsn-governance/es/>
- [5] FAO, *Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo - Alcances, causas y prevención* Roma: FAO, 2012.
- [6] F. Food and Agriculture Organisation, "Pérdidas y Desperdicio de Alimentos en el Mundo," presented at the International Conference "Save Food", Rome, 2012.
- [7] J. A. Londoño Londoño, O. J. Lara G, T. Creczynski Pasa, V. De Lima, J. A. Gil Quintero, and J. R. Ramírez Pineda, "Clean recovery of antioxidant flavonoids from citrus peel: Optimizing an aqueous ultrasound-assisted extraction method," *Food Chemistry*, pp. 81-87, 2009.
- [8] L. M. Alzate Tamayo, "Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales para la producción de alimentos funcionales: Una aproximación desde la nutrición Animal," Medellín Tesis Maestría 2013.
- [9] L. M. Alzate Tamayo, C. Jimenez Cartagena, and J. Londoño Londoño, "Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas," *Producción + Limpia*, vol. 6, pp. 108-127, 2011.
- [10] M. Álvarez, S. Hincapié, N. Saavedra, L. Alzate, A. Muñoz, C. Cartagena, and J. Londoño-Londoño, "Exploring feasible sources for lutein production: food by-products and supercritical fluid extraction, a reasonable combination," *Phytochemistry Reviews*, pp. 1-7, 2015/08/29 2015.
- [11] S. Saval, "Residuos agroindustriales, pasado, presente y futuro," *BioTecnología*, vol. 16, pp. 14-46, 2012.
- [12] F. Baudron and K. E. Giller, "Agriculture and nature: Trouble and strife?," *Biological Conservation*, vol. 170, pp. 232-245, 2014.
- [13] I. Y. R. Odegard and E. van der Voet, "The future of food — Scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050," *Ecological Economics*, vol. 97, pp. 51-59, 2014.
- [14] K. M. Lockhart, A. M. King, and T. Harter, "Identifying sources of groundwater nitrate contamination in a large alluvial groundwater basin with highly diversified intensive agricultural production," *J Contam Hydrol*, vol. 151, pp. 140-54, Aug 2013.
- [15] P. Cambier, V. Pot, V. Mercier, A. Michaud, P. Benoit, A. Revallier, and S. Houot, "Impact of long-term organic residue recycling in agriculture on soil solution composition and trace metal leaching in soils," *Sci Total Environ*, vol. 499, pp. 560-73, Nov 15 2014.

-
- [16] L. M. A. Tamayo, "Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de alimentos funcionales: Una aproximación desde la nutrición animal," Magister en Ciencias Farmacéuticas, Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, 2013.
- [17] J. F. Ayala-Zavala, V. Vega-Vega, C. Rosas-Domínguez, H. Palafox-Carlos, J. A. Villa-Rodríguez, M. W. Siddiqui, J. E. Dávila-Aviña, and G. A. González-Aguilar, "Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives," *Food Research International*, vol. 44, pp. 1866-1874, 2011.
- [18] Y. A. R. V. Salinas García, Blanca Edilia "Análisis de la situación de Colombia como productor de hortalizas en el mercado internacional," *Agronomía*, vol. 13, p. 15, 2005.
- [19] C. C. Internacional, "Actividades generadoras de empleo " *Sembramos*, p. 3, 2013.
- [20] R. M. López. (2015, 21/12/2015). Balance preliminar de 2015 y perspectivas de 2016. 1.
- [21] S. Saval, "Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro," *BioTecnología*, vol. 16, p. 33, 2012.
- [22] R. Lal, "Anthropogenic Influences on World Soils and Implications to Global Food Security," in *Advances in Agronomy*. vol. Volume 93, L. S. Donald, Ed., ed: Academic Press, 2007, pp. 69-93.
- [23] P. Soni, C. Taewichit, and V. M. Salokhe, "Energy consumption and CO2 emissions in rainfed agricultural production systems of Northeast Thailand," *Agricultural Systems*, vol. 116, pp. 25-36, 2013.
- [24] V. Di Felice, R. Mancinelli, R. Proulx, and E. Campiglia, "A multivariate analysis for evaluating the environmental and economical aspects of agroecosystem sustainability in central Italy," *J Environ Manage*, vol. 98, pp. 119-126, 2012.
- [25] C. Gary, J. W. Jones, and M. Tchamitchian, "Crop modelling in horticulture: state of the art," *Scientia Horticulturae*, vol. 74, pp. 3-20, 1998.
- [26] H. Webber, T. Gaiser, and F. Ewert, "What role can crop models play in supporting climate change adaptation decisions to enhance food security in Sub-Saharan Africa?," *Agricultural Systems*, vol. 127, pp. 161-177, 2014.
- [27] F. Ewert, R. P. Rötter, M. Bindi, H. Webber, M. Trnka, K. C. Kersebaum, J. E. Olesen, M. K. van Ittersum, S. Janssen, M. Rivington, M. A. Semenov, D. Wallach, J. R. Porter, D. Stewart, J. Verhagen, T. Gaiser, T. Palosuo, F. Tao, C. Nendel, P. P. Roggero, L. Bartošová, and S. Asseng, "Crop modelling for integrated assessment of risk to food production from climate change," *Environmental Modelling & Software*, vol. 72, pp. 287-303, 2015.
- [28] G. Brankatschk and M. Finkbeiner, "Modeling crop rotation in agricultural LCAs — Challenges and potential solutions," *Agricultural Systems*, vol. 138, pp. 66-76, 2015.
- [29] M. Rio, A. Franco-Uria, E. Abad, and E. Roca, "A risk-based decision tool for the management of organic waste in agriculture and farming activities (FARMERS)," *J Hazard Mater*, vol. 185, pp. 792-800, Jan 30 2011.

-
- [30] L.-A. Sutherland, S. Peter, and L. Zagata, "Conceptualising multi-regime interactions: The role of the agriculture sector in renewable energy transitions," *Research Policy*, vol. 44, pp. 1543-1554, 2015.
- [31] S. Morais, T. M. Mata, A. A. Martins, G. A. Pinto, and C. A. V. Costa, "Simulation and life cycle assessment of process design alternatives for biodiesel production from waste vegetable oils," *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, pp. 1251-1259, 2010.
- [32] H. W. Peppelenbos, L. M. M. Tijsskens, J. van 't Leven, and E. C. Wilkinson, "Modelling oxidative and fermentative carbon dioxide production of fruits and vegetables," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 9, pp. 283-295, 1996.
- [33] J. M. Fernandez, C. Plaza, A. Polo, and A. F. Plante, "Use of thermal analysis techniques (TG-DSC) for the characterization of diverse organic municipal waste streams to predict biological stability prior to land application," *Waste Manag*, vol. 32, pp. 158-64, Jan 2012.
- [34] L. M. Ribeiro da Silva, E. A. Teixeira de Figueiredo, N. M. Silva Ricardo, I. G. Pinto Vieira, R. Wilane de Figueiredo, I. M. Brasil, and C. L. Gomes, "Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil," *Food Chem*, vol. 143, pp. 398-404, Jan 15 2014.
- [35] P. Gónaś, I. Mišina, A. Olšteine, I. Krasnova, I. Pugajeva, G. Lācis, A. Siger, M. Michalak, A. Soliven, and D. Segliņa, "Phenolic compounds in different fruit parts of crab apple: Dihydrochalcones as promising quality markers of industrial apple pomace by-products," *Industrial Crops and Products*, vol. 74, pp. 607-612, 2015.
- [36] L. M. Silva, L. E. Hill, E. Figueiredo, and C. L. Gomes, "Delivery of phytochemicals of tropical fruit by-products using poly (dl-lactide-co-glycolide) (PLGA) nanoparticles: Synthesis, characterization, and antimicrobial activity," *Food Chem*, vol. 165, pp. 362-370, 2014.
- [37] J. Londoño-Londoño, V. R. d. Lima, O. Lara, A. Gil, T. B. C. Pasa, G. J. Arango, and J. R. R. Pineda, "Clean recovery of antioxidant flavonoids from citrus peel: Optimizing an aqueous ultrasound-assisted extraction method," *Food Chem*, vol. 119, pp. 81-87, 2010.
- [38] B.-H. Lee, B.-K. Kim, Y.-J. Lee, C.-H. Chung, and J.-W. Lee, "Industrial scale of optimization for the production of carboxymethylcellulase from rice bran by a marine bacterium, *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* A-53," *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 46, pp. 38-42, 2010.
- [39] R. Sathishkumar, G. Ananthan, and J. Arun, "Production, purification and characterization of alkaline protease by ascidian associated *Bacillus subtilis* GA CAS8 using agricultural wastes," *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 4, pp. 214-220, 2015.
- [40] D. J. Hayes, S. Fitzpatrick, M. H. B. Hayes, and J. R. H. Ross, "The Biofine Process – Production of Levulinic Acid, Furfural, and Formic Acid from Lignocellulosic Feedstocks," in *Biorefineries-Industrial Processes and Products*, ed: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2008, pp. 139-164.

- [41] A. P. Tathod and P. L. Dhepe, "Efficient method for the conversion of agricultural waste into sugar alcohols over supported bimetallic catalysts," *Bioresour Technol*, vol. 178, pp. 36-44, 2015.
- [42] H. H. Khoo, L. L. Wong, J. Tan, V. Isoni, and P. Sharratt, "Synthesis of 2-methyl tetrahydrofuran from various lignocellulosic feedstocks: Sustainability assessment via LCA," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 95, pp. 174-182, 2015.
- [43] T. A. H. Nguyen, H. H. Ngo, W. S. Guo, J. Zhang, S. Liang, Q. Y. Yue, Q. Li, and T. V. Nguyen, "Applicability of agricultural waste and by-products for adsorptive removal of heavy metals from wastewater," *Bioresour Technol*, vol. 148, pp. 574-585, 2013.
- [44] H. A. Hegazi, "Removal of heavy metals from wastewater using agricultural and industrial wastes as adsorbents," *HBRC Journal*, vol. 9, pp. 276-282, 2013.
- [45] S. Rangabhashiyam, N. Anu, and N. Selvaraju, "Sequestration of dye from textile industry wastewater using agricultural waste products as adsorbents," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 1, pp. 629-641, 2013.
- [46] A. K. Anupam, P. Kumar, and G. D. Ransinchung R.N, "Use of Various Agricultural and Industrial Waste Materials in Road Construction," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 104, pp. 264-273, 2013.
- [47] S. R. Karade, "Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes," *Construction and Building Materials*, vol. 24, pp. 1323-1330, 2010.
- [48] P. Shafigh, H. B. Mahmud, M. Z. Jumaat, and M. Zargar, "Agricultural wastes as aggregate in concrete mixtures – A review," *Construction and Building Materials*, vol. 53, pp. 110-117, 2014.
- [49] M. T. Varnero M, C. Rojas A, and R. Orellana R, "ÍNDICES DE FITOTOXICIDAD EN RESIDUOS ORGÁNICOS DURANTE EL COMPOSTAJE," *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, vol. 7, pp. 28-37, 2007.
- [50] K. Willekens, B. Vandecasteele, and S. De Neve, "Limited short-term effect of compost and reduced tillage on N dynamics in a vegetable cropping system," *Scientia Horticulturae*, vol. 178, pp. 79-86, 2014.
- [51] R. Quirós, G. Villalba, P. Muñoz, X. Font, and X. Gabarrell, "Environmental and agronomical assessment of three fertilization treatments applied in horticultural open field crops," *Journal of Cleaner Production*, vol. 67, pp. 147-158, 2014.
- [52] M. d. Marinilla. (2015, Octubre 21). *Información general* Available: http://www.marinilla-antioquia.gov.co/informacion_general.shtml
- [53] M. E. Santuario. (2015, Octubre 21). *Información General*. Available: http://www.elsantuario-antioquia.gov.co/informacion_general.shtml
- [54] M. E. Peñol. (2015, Octubre 21). *Información General*. Available: <http://www.elpenol-antioquia.gov.co/index.shtml#7>
- [55] M. d. Rionegro. (2015, Octubre 21). *Información general del municipio* Available: <http://www.rionegro.gov.co/datos-del-Municipio-de-Rionegro>
- [56] M. d. L. Ceja. (2015, Octubre 21). *Información general del municipio*. Available: <http://www.laceja-antioquia.gov.co/index.shtml#7>
- [57] M. S. V. Ferrer. (2015, Octubre 21). *Información general del municipio* Available: http://www.sanvicente-antioquia.gov.co/informacion_general.shtml

- [58] M. L. Unión. (2015, Octubre 21). *Información general del municipio* Available: <http://www.launion-antioquia.gov.co/index.shtml#4>
- [59] M. d. S. P. d. I. Milagros. (2015, Octubre 21). *Información general del municipio* Available: <http://www.sanpedrodelosmilagros-antioquia.gov.co/index.shtml#2>
- [60] M. d. S. R. d. Osos. (2015, Octubre 21). *Información general del municipio* Available: <http://www.santarosadeosos-antioquia.gov.co/index.shtml#3>
- [61] *Protección de datos personales*, 1581, 2012.
- [62] J. M. Sales and A. V. A. Resurreccion, "Maximizing phenolics, antioxidants and sensory acceptance of UV and ultrasound-treated peanuts," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 43, pp. 1058-1066, 2010.
- [63] A. D. B. B. J. S. C. Gómez-Cordovés, "ORAC- FLUORESCHEIN AS A MODEL FOR EVALUATING ANTIOXIDANT ACTIVITY OF WINES," *Polish Journal of food and nutrition sciences*, vol. 12, p. 4, 2003.
- [64] *Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de microorganismos. técnica de recuento de colonias a 30 °c*, 2009.
- [65] *Microbiología de alimentos y productos para alimentación animal. Requisitos generales y directrices para análisis microbiológicos*, ICONTEC, 2009.
- [66] *Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la enumeración de mohos y levaduras. parte 1: Técnica de recuento de colonias en productos con actividad acuosa (aw) superior a 0,95.*, ICONTEC, 2009.
- [67] *Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la detección de salmonella spp*, ICONTEC, 2007.
- [68] Q. R. Araujo, C. A. F. Fernandes, D. O. Ribeiro, P. Efraim, D. Steinmacher, R. Lieberei, P. Bastide, and T. G. Araujo, "Cocoa Quality Index – A proposal," *Food Control*, vol. 46, pp. 49-54, 2014.
- [69] D. B. Haytowitz and S. Bhagwat, "USDA database for the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of selected foods, Release 2," *US Department of Agriculture*, 2010.
- [70] V. C. Fernández-Vítora, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*: Ediciones Mundi-Prensa, 2010.
- [71] P. W. Westerman and J. R. Bicudo, "Management considerations for organic waste use in agriculture," *Bioresour Technol*, vol. 96, pp. 215-21, Jan 2005.
- [72] J. E. Hayes, P. Allen, N. Brunton, M. N. O'Grady, and J. P. Kerry, "Phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of four commercial phytochemical products: Olive leaf extract (*Olea europaea* L.), lutein, sesamol and ellagic acid," *Food Chem*, vol. 126, pp. 948-955, 2011.
- [73] E. A. Sanint, *Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones Ambientales*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2000.