

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

*Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniera Ambiental*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO DE LOS
SISTEMAS HORTÍCOLAS, PARROQUIA SAN JOAQUÍN, CANTÓN CUENCA”**

AUTORA:

JOHANNA MARICELA CHACHO RIERA

TUTOR:

ING. JUAN GERARDO LOYOLA ILLESCAS, Ph. D.

CUENCA-ECUADOR

2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Johanna Maricela Chacho Riera con documento de identificación N° 0105158844, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO DE LOS SISTEMAS HORTÍCOLAS, PARROQUIA SAN JOAQUÍN, CANTÓN CUENCA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo el derecho moral de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, abril 2019.

A handwritten signature in blue ink that reads "Johanna Chacho". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dotted line.


Johanna Maricela Chacho Riera

C. I. 0105158844

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO DE LOS SISTEMAS HORTÍCOLAS, PARROQUIA SAN JOAQUÍN, CANTÓN CUENCA”**, realizado por Johanna Maricela Chacho Riera, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, abril 2019

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop and several horizontal strokes, positioned above a dotted line.

Ing. Juan Loyola Illescas, Ph. D.

CI. 0102378544

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Johanna Maricela Chacho Riera con número de cédula 0105158844, autora del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO DE LOS SISTEMAS HORTÍCOLAS, PARROQUIA SAN JOAQUÍN, CANTÓN CUENCA”**, certifico que el total contenido del *Trabajo Experimental* es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, abril 2019.

A handwritten signature in blue ink that reads "Johanna Chacho". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dotted line.

Johanna Maricela Chacho Riera

C. I. 01050158844

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi querido Dios, a mis padres Román Chacho y Juana Riera, a mis hermanos Carlos, Paola y Romanela, a mi esposo Gustavo, quienes me apoyaron de manera incondicional y así poder alcanzar una meta más. De manera especial a mi hijo Ezequiel quien fue y será el motor de inspiración para seguir superándome.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a Dios y a la Virgen, por darme el don de la vida, a mis padres por darme ese apoyo emocional y económico para lograr este objetivo, a mis hermanos por brindarme esa ayuda incondicional al igual que a mi esposo, quien me ha acompañado a lo largo de mi vida como estudiante, a mi hijo Ezequiel por ser esa fuente de inspiración para seguir luchando. A mis suegros Gustavo y Rosa, a mis cuñadas Jessica, Linda y Tania por toda esa motivación. A mis amigos Kleber Quito y Carlos Barba por su aporte en el desarrollo y culminación de este trabajo. A mi tutor Ing. Juan Loyola Illescas por aportar con sus conocimientos y haberme guiado para concluir mi meta.

INDICE

RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUCCION	14
2 JUSTIFICACION.....	16
3 DELIMITACION.....	17
3.1 Temporal.....	17
3.2 Espacial.....	17
3.3 Académica.....	18
4 OBJETIVOS.....	19
4.1 Objetivo general.....	19
4.2 Objetivos específicos	19
5 HIPOTESIS	19
6 MARCO TEORICO.....	20
6.1 El carbono y su influencia en el Cambio Climático.	20
6.1.1 El carbono en la biomasa, fotosíntesis.....	21
6.2 Sumideros de carbono.....	22
6.2.1 Suelos como sumideros de carbono.....	24
6.3 Asociación de cultivos, agroecología	25
6.3.1 Agroecología y la biodiversificación.....	26

6.4	Agricultura familiar	27
6.4.1	Contribución de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe	30
6.5	Agricultura en zonas periurbanas.....	30
6.5.1	Consecuencias territoriales de la peri-urbanización.	31
6.5.2	La peri-urbanización en Cuenca.	32
6.6	Hortalizas como captadores de carbono.	33
6.6.1	Zanahoria (<i>Daucus carota</i>).....	35
6.6.2	Ajo (<i>Allium sativum</i>)	35
6.6.3	La papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	36
6.6.4	Brócoli (<i>Brassica oleracea var. Itálica</i>).....	36
6.6.5	Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	37
6.6.6	Col de repollo (<i>Brassica oleracea var. Capitata</i>)	37
6.6.7	Cebolla (<i>Allium cepa</i>).....	37
6.6.8	Rábano (<i>Raphanus sativus</i>)	38
6.6.9	Lechuga repollo (<i>Lactuca sativa</i>)	38
6.6.10	Nabo silvestre o de chacra (<i>Brassica rapa</i>)	38
6.6.11	Nabo repollo (<i>Brassica rapa subsp. Pekinensis</i>)	38
6.6.12	Lechuga seda (<i>Lactuca sativa</i>).....	39
6.6.13	Col de brusela (<i>Brassica oleracea var. Gemmifera</i>)	39
6.6.14	Perejil (<i>Petroselinum crispum</i>)	39

7	AREA DE ESTUDIO.....	40
7.1	Descripción de la zona de estudio.....	40
8	MARCO METODOLOGICO	42
8.1	Esquema metodológico descriptivo	42
	En base a los objetivos que se plantearon, se especifica los métodos para llevar a cabo la ejecución de los objetivos descritos en él.....	42
8.2	Materiales y equipos	42
8.3	Fase de campo.....	43
8.3.1	Muestreo	43
8.4	Fase de laboratorio.....	44
8.5	Cálculos.....	44
b.	Cantidad de carbono en biomasa de hortaliza.....	44
9	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
9.1	Resultados.....	46
9.1.1	Especies de hortalizas que componen las diferentes asociaciones	46
9.1.2	Datos generales de peso por especie encontrados en las diferentes asociaciones	47
9.1.3	Relación de la cantidad de biomasa obtenido en las diferentes asociaciones y especies	48
9.1.4	Carbono (C) y Dióxido de carbono (CO ₂) fijado por las diferentes especies que conforman las diferentes asociaciones.....	49

9.1.5	Relación de los resultados totales entre biomasa, carbono y dióxido de carbono	50
9.2	Discusión.....	52
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
10.1	Conclusiones.....	54
10.2	Recomendaciones.....	55
11	Referencias.....	57
12	ANEXOS.....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	18
Figura 2. Ciclo del Carbono	20
Figura 3. Principios y procesos agroecológicos para la conversión de los sistemas agrícolas..	26
Figura 4. Sistema de producción Familiar.....	28
Figura 5. Estrategia de adaptación al cambio climático en hortalizas nativas.	35
Figura 6. Ubicación de la Parroquia San Joaquín.....	40
Figura 7. Desarrollo Metodológico	42
Figura 8. Relación de peso verde y peso seco por especie hortícola.....	47
Figura 9. Relación peso verde y peso seco por asociación.....	48
Figura 10. Variación de la cantidad de Biomasa por especie hortícola.....	49
Figura 11. Cantidad de Carbono por especie hortícola y por asociación	49
Figura 12. Cantidad de CO ₂ por especie hortícola y por asociación	50
Figura 13. Relación de la cantidad de biomasa, C y CO ₂ en las diferentes asociaciones.....	51
Figura 14. Valores totales de biomasa, C y CO ₂	51

RESUMEN

En diversos estudios, se ha propuesto que los sistemas hortícolas son importantes para la captura y almacenamiento de carbono, es así que, en el presente trabajo con la finalidad de aportar evidencia experimental en esta línea de investigación, se planteó evaluar la capacidad de almacenamiento en la biomasa de los sistemas hortícolas en la Parroquia San Joaquín, de la ciudad de Cuenca, siendo esta la mayor productora de hortalizas a nivel cantonal (PDYOT, 2015), por ello es necesario determinar la cantidad retenida de carbono en su biomasa, y así demostrar su aporte como sumidero de carbono a través de absorción de CO₂, uno de los principales gases de efecto invernadero (GEI). Se escogió el sistema agrario “El Labriego Alegre”, por sus características de cultivo agroecológico, donde se establecieron 20 especies de hortalizas, tomando muestras de la parte aérea con tres repeticiones cada una, dividida en seis asociaciones. A través del método de relación entre materia seca y materia húmeda, se evaluó la cantidad de carbono presente en la biomasa de las especies estudiadas. El análisis estadístico indicó que la asociación cinco es la de mayor absorción de carbono con una cantidad de 6,6599 KgC, equivalente a 25,0414 KgCO₂. La especie de mayor absorción es la alcachofa (*Brassica oleracea*) con un valor 3,2276 KgC que representa a 12,13568 KgCO₂. Los sistemas hortícolas al ser un tipo de cultivo transitorio acompañados de prácticas agroecológicas pueden llegar a ser considerados como una de las principales alternativas de fijación de carbono.

ABSTRACT

In several studies, has realized that horticultural systems are important for the capture and storage of carbon, so, in the present work with the purpose of providing experimental evidence in this line of research, it has been planned to evaluate the capacity of storage in the biomass of the horticultural systems in the parish of San Joaquín, the city of Cuenca, being this the largest producer of vegetables at the cantonal level (PDYOT, 2015), so it is necessary to determine the amount of carbon in its biomass, and so. Demonstration as a carbon sink through the absorption of CO₂, one of the main greenhouse gases (GHG). The agrarian system "El Labriego Alegre" was chosen, due to its characteristics of agroecological cultivation, where 20 species of vegetables were established, responses of the aerial part with the repetitions of each, divided into six associations. Through the method of relationship between dry matter and wet matter, the amount of carbon present in the biomass of the species studied is evaluated. The statistical analysis indicates that the association five is the highest absorption of carbon with an amount of 6.6599 KgC, equivalent to 25.0414KgCO₂. The most widely absorbed species is the artichoke (*Brassica oleracea*) with a value of 3.2276 KgC which represents a 12.13568 KgCO₂. Horticultural systems are a type of transient crop accompanied by agroecological practices can come to be considered as one of the main alternatives of carbon fixation.

1 INTRODUCCION

El efecto invernadero es uno de los fenómenos naturales en el planeta Tierra, este fenómeno ha ayudado a mantener la temperatura adecuada (15°C y 20°C) para que se genere la vida, lamentablemente en los últimos años este fenómeno se ha alterado debido al aumento y acumulación de gases de efecto invernadero (GEI), cuyo nivel aumentó, según la (OMM, 2018), de 400,1 ppm en 2015 a 403,3 ppm en 2016 (Echarri, 2009).

Ecuador se destaca por su biodiversidad y sus reservas de recursos naturales que se han visto afectados por la deplorable gestión ambiental, expansión poblacional urbana (27% entre 2001 y 2010), desarrollo social y aumento de las actividades productivas (MIDUVI, 2017), esto ha generado la creación de una constitución que proteja al ambiente, pues es el primer país en el mundo en establecer leyes donde se considera a la naturaleza un ente de derecho y que también impulsa un plan de desarrollo sostenible dentro del Plan Nacional para el Buen Vivir (MAE, 2007). A pesar de que a nivel mundial el país representa el 0,0001% del total de los gases (la agricultura con el 55% de emisiones entre 1990 y 2006), se ha encaminado a investigaciones de alternativas para frenar el incremento de gases de efecto invernadero, mismas que han sido de interés nacional e internacional, para citar algunas de ellas, incrementar la eficiencia energética disminuyendo el consumo de energía, utilización de biocombustibles para reemplazar los combustibles derivados del petróleo, energías renovables y fomentar los sumideros naturales de carbono (IPCC, 2014). Es este último el que incentiva esta investigación, pues según el Protocolo de Kioto las formaciones vegetales actúan como sumideros de carbono a través de la fotosíntesis.

Según (Acosta, Quednow, Etchevers, y Monreal, 2001) los sistemas de producción agrícola son cultivos con alta capacidad de captura y almacenamiento de carbono, pero siempre y cuando la producción este basado en una agricultura de conservación y otros métodos que ayuden a mantener

suelos fértiles. Es por esto por lo que la asociación de cultivos es una técnica de práctica tradicional que no altera el ciclo del cultivo como lo que sucede con los monocultivos o con la agricultura convencional. De tal manera se ha considerado necesario dar a conocer el beneficio ambiental que produce el cultivo de hortalizas sembradas en asociación (policultivo).

2 JUSTIFICACION

La problemática ambiental, motivo para la realización de este trabajo está directamente relacionada con la reducción de gases que causan el efecto invernadero, siendo estos gases los responsables de esta alteración ambiental. Este fenómeno se produjo con la llegada de la revolución industrial que contempla los últimos 50 años ocasionado principalmente por las actividades antropogénicas (deforestación, agricultura convencional, urbanización, industria, comercio y manejo de desechos), las cuales han desencadenado un crecimiento elevado de gases, principalmente el dióxido de carbono (CO₂), que pasó de 280ppm en el año 1950 a 405.5ppm en 2017 (OMM, 2018).

A nivel internacional se han planteado posibles soluciones a esta problemática tales como: uso de energías alternativas y renovables, implementación de sumideros de carbono, aplicación de tecnologías limpias, entre otras. De entre estas alternativas, la implementación de sumideros de carbono es considerada una solución económicamente factible, socialmente sostenible y ambientalmente amigable, pues la vegetación ocupa aproximadamente 3861,1 millones de hectáreas de tierra, que equivale al 60% del carbono de la vegetación terrestre (FAO, 2002).

Estevez, (2010), indica que la vegetación junto con los sistemas agrícolas actúa como sumideros o captadores de CO₂ por sus características fotosintéticas, siempre que sus prácticas de cultivos sean amigables con el ambiente, es decir prácticas de conservación, que engloba tres principios fundamentales, como la reducción en labranza, retención significativa de residuos del producto cosechado y cobertura del suelo, y finalmente el uso de rotación de cultivos. Los suelos agrícolas también depositan carbono (C) a través de la agricultura agroecológica y al manejo sostenido del suelo.

La agricultura familiar incluye todas las actividades agrícolas de base familiar y está relacionada con varios ámbitos del desarrollo rural, que tiene un importante papel socioeconómico ambiental y cultural (FAO, 2014).

Todo esto conlleva a establecer cuál es la capacidad de captura de carbono en los sistemas hortícolas de la parroquia San Joaquín del Cantón Cuenca, con lo que se busca conocer su función y prestación ambiental mediante la reducción de emisiones de CO₂ a través de la agricultura familiar.

3 DELIMITACION

3.1 Temporal

La delimitación temporal ocupó un tiempo de 400 horas, clasificándose en las siguientes actividades: observación de especímenes taxonómicas en especies hortícolas (80 horas), toma de muestras hortícolas (90 horas), análisis en el laboratorio (50 horas), cálculos (50 horas), revisión de información y resultados obtenidos en el laboratorio (50 horas), y obtención de Resultados y elaboración del producto final (80 horas).

3.2 Espacial

La investigación del presente trabajo, se llevó a cabo en la parroquia San Joaquín, en el sistema agrario “El Labriego Alegre”, con una extensión aproximada de 4,2 Km², ubicado en la provincia del Azuay, cantón Cuenca (Figura 1), aproximadamente a 2600 y 4320 msnm, cuyas coordenadas son: Norte: 79°15'48" W y 2°49'15" S; Sur: 79°14'7" W y 2°57'6" S; Este: 79°2'5" W y 2°53'51" S; Oeste: 79°17'29" W y 2°53'51". Debido a que sus prácticas de cultivo se basan en una agricultura limpia.



Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

3.3 Académica

La delimitación académica estuvo enfocada a la mitigación y biorremediación comprendida en el área del suelo y aire, relacionado al manejo de suelos y los parámetros de control de calidad del aire. Todo esto nos encamina a comprender cuales son los niveles de mitigación por parte de estos sistemas de hortalizas como bioindicadores.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Evaluar la capacidad de captura de carbono en los sistemas hortícolas de la Parroquia de San Joaquín, para establecer el volumen del secuestro de carbono presente en la biomasa.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la capacidad de captura de carbono mediante la valoración energética de la biomasa, a través de la relación materia seca y húmeda, para establecer el volumen de secuestro de carbono presente en la biomasa.
- Establecer la relación existente entre la capacidad de captura de carbono de las diferentes especies de hortalizas a través de datos estadísticos para definir el volumen de fijación de carbono en los mismos. |
- Obtener información cuantitativa sobre el potencial de fijación de carbono en la biomasa hortícola, mediante comparación de resultados, para conocer la contribución en la disminución de los gases de efecto invernadero.

5 HIPOTESIS

- Los sistemas hortícolas de la Parroquia San Joaquín tienen mayor índice de captación de CO₂ que cualquier otro tipo de sistema de cultivo en la provincia del Azuay.
- Los sistemas hortícolas de la Parroquia San Joaquín son un tipo de sistema de cultivo 100% sustentable.

6 MARCO TEORICO

6.1 El carbono y su influencia en el Cambio Climático.

El carbón como elemento se encuentra en cada rincón del planeta tierra, almacenado en rocas por millones de años. El 2% de C está en la atmosfera como CO_2 , una cantidad de 5% está en las plantas y en el suelo en forma de biomasa, 8% se encuentra en la parte interna del suelo en combustibles fósiles y en reservas geológicas y el 85% se encuentra en los océanos (McKinley, 2018).

El ciclo del carbono es uno de los más importantes porque de este depende la concentración de CO_2 en la atmosfera, y por ende el grado de efecto invernadero. Hay dos tipos de ciclos Biológico y Biogeoquímico, el biológico donde los vegetales fijan Carbono atmosférico y a través de la fotosíntesis metabolizan el carbono y lo devuelve una parte como CO_2 a la atmosfera, otra porción se transfiere a los animales que al momento de respirar liberan CO_2 . En el ciclo biogeoquímico, el CO_2 atmosférico se disuelve en el agua, los animales marinos lo absorben para su formación y al morir estos carbonatos son depositados y sedimentados donde dan forma a rocas calizas las mismas que al fundirse en los volcanes, devuelven el carbono a la atmosfera (Sagan, 2010).

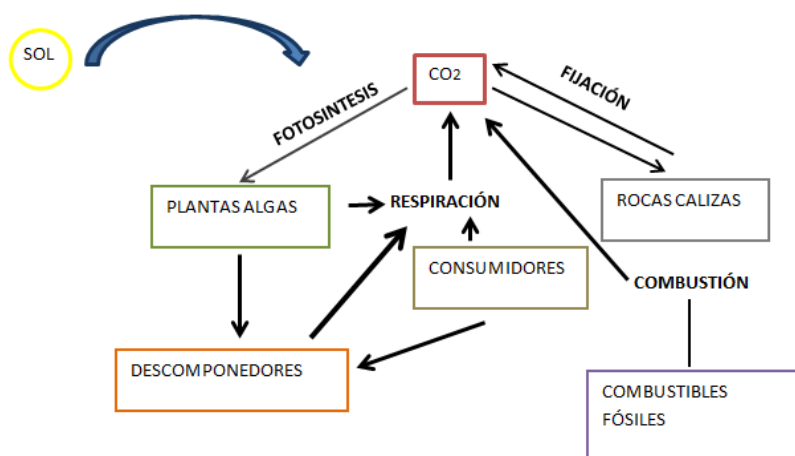


Figura 2. Ciclo del Carbono

Fuente: (Matxinga, 2012)

El cambio climático por incremento de temperatura es el mayor problema ambiental que se enfrenta en la actualidad, debido al incremento torrencial de los gases de efecto invernadero, este problema sumado con la pérdida de vegetación y la desertificación provocan que el ciclo del carbono no se autorregule y la temperatura incremente hasta producir daños al ambiente y a los ecosistemas (Martinez y Fernandez, 2007).

Autores como Motoyuki, Naohiro, & Akiyoshi, (1993); Schneider, Körkel, & Weinert, (1989) afirman que el CO₂ es uno de los más relevantes dentro de los gases de efecto invernadero generado principalmente por el cambio en el uso del suelo, produciendo una emisión directa a la atmosfera que se da de manera descontrolada por la deforestación que a nivel mundial avanza anualmente 17 millones de hectáreas, que representa el 20% de las emisiones antropogénicas totales (IPCC, 1992; Montoya, Zapata, y Correa, 2013).

Los sistemas de vegetación agrícola tienen la capacidad de secuestrar CO₂ proveniente de la atmosfera y aportar con el cambio climático global por lo que es importante estudiar de manera cuantitativa la absorción de C por los diferentes sistemas vegetativos, en este caso las hortalizas.

6.1.1 El carbono en la biomasa, fotosíntesis.

Para Bromhead, (2011) la actividad agrícola convencional aporta grandemente a la producción de gases de efecto invernadero (14%), pero hay que resaltar también que es un sector estratégico para la producción de alimentos, contribuye al desarrollo sostenible en el medio rural y sobre todo aporta beneficios ambientales, ya que la vegetación en general a través de su función fotosintética eliminan parcialmente el CO₂ de la atmosfera, almacenándolo y actuando como sumideros; gracias a este procedimiento el CO₂ fijado produce alimentos y subproductos agrícolas (Montero, 2015).

En la fotosíntesis existen diferentes tipos de fijación de carbono en las plantas dependiendo de su metabolismo C₃, C₄ y CAM. Las plantas C₃ mantienen las estomas abiertos durante el día, permitiendo la fijación de CO₂, provocando la pérdida de agua por transpiración y produciendo cierre de las estomas de la planta, disminuyendo de esta manera la fotosíntesis (trigo, cebada, pimiento, arroz, frutales, tomate). Las plantas C₄ tienen estomas abiertas durante el día y pueden permitirse un cierre de estomas imprevisto, por ende, el proceso fotosintético es continuo, (maíz, sorgo, caña azúcar). Las plantas CAM tienen estomas abiertas durante la noche, aumentando la transpiración y reduciendo la pérdida de agua, creando un almacenamiento de CO₂, con lo cual también pueden cerrar estomas sin que ello conlleve una disminución fotosintética (Piña, Chumbera) (Sotelo, 2014)

La demasía de CO₂ altera el recuento final del ciclo de carbono, influenciando de manera directa sobre el climático ya que al incrementar las concentraciones de C, el CO₂ en la atmósfera también va aumentando, en lo que se refiere a las emisiones del sector agrícola y del sector forestal se añaden a las emisiones de CO₂ generadas al quemar combustibles fósiles por parte del transporte y energía (Valera, 2014).

Todos los organismos vivos están compuestos de C, el cual es resultado de su proceso metabólico durante el crecimiento y desarrollo, pues llega a constituir el 50% del peso seco, (Ayala, Villa, Aguirre, y Aguirre, 2014). La cantidad de C de una vegetación capturado llega a formar parte del 42% a 50% de la biomasa de un árbol.

6.2 Sumideros de carbono.

A lo largo del tiempo se han desarrollado tecnologías para ayudar a reducir los GEI, estas tecnologías introducidas por ejemplo en el mercado de turbinas eólicas, eliminación de N₂O de la producción de ácido adípico, automóviles con motores híbridos eficientes, así como también la

utilización de combustibles con pequeños porcentajes de carbono, y la implementación de tecnologías de emisiones cero (IPCC, 2001). Sin embargo, se han registrados algunos progresos en lo que tiene que ver con la eficiencia energética del sector agrícola y adelantos biotecnológicos relacionados con la producción vegetal y animal. La IPCC señala que las emisiones de GEI podrían reducirse si se produjeran cambios en las prácticas agrícolas, como, por ejemplo:

- Acrecentar la fijación de carbono mediante las prácticas de labranza de conservación y reducir la intensidad de uso de tierra.
- Disminuir el CH₄ a través de una gestión adecuada del riego, mejor uso de los fertilizantes.
- Evitar emisiones de N₂O de origen agrícola (en la agricultura superan a las emisiones de carbono) mediante el uso de abonos orgánicos, fertilizantes de liberación lenta.

Algunas de las técnicas de solución a los mismos son comunes, tomando acciones en todos los niveles, es decir a nivel global, nacional, y local, siendo una herramienta decisiva, el fomento de los sumideros de carbono.

La definición de sumidero de carbono en el contexto de cambio climático viene dado por la Conversión Marco de las Naciones unidas por el Cambio Climático CMNUCC, (1992) y nos dice que sumidero es “cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero”. Para la Federación Española de Municipios y Provincias FEMP, (2012) los sumideros de carbono terrestres cumplen un papel importante en la mitigación del cambio climático dada su capacidad para fijar carbono atmosférico.

Las formaciones vegetales son uno de los sumideros de carbono más importantes, debido a su función transcendental, que es la fotosíntesis “proceso por el que los vegetales captan CO₂ de la

atmósfera y con la ayuda de la luz solar lo utilizan en la elaboración de moléculas sencillas de azúcares” (EPA, 2014).

El adecuado manejo de la vegetación es un mecanismo para la reducción de concentraciones de CO₂ a nivel global, transformándose en una estrategia potencial.

6.2.1 Suelos como sumideros de carbono.

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN, (2015), los suelos tienen la capacidad de almacenar más carbono que la biomasa del planeta y la atmósfera combinadas. De hecho, un aumento de tan solo un 1 % de las reservas de carbono en el metro superior del suelo sería mayor que la cantidad correspondiente a las emisiones anuales de CO₂ antropogénico procedente de la quema de combustibles fósiles.

Según (Smith, Quesnay, & Malthus, 1998), una de las principales maneras de incrementar la materia orgánica del suelo es la agroecología que es una agricultura de conservación, y junto con otros tipos de agricultura como agricultura natural, orgánica, sostenible, y otros, conforman la agricultura familiar que según Roset y Martínez, (2015) siendo una mezcla de métodos ancestrales y campesinos donde se da valor a la tradición y cultura, en búsqueda de prácticas ecológicas.

Además, estas prácticas nos favorecen al reemplazar los combustibles fósiles al momento de operar las maquinarias como es el caso del Reino Unido en Alemania donde en la agricultura convencional se estima una emisión de 0,046 y 0,053 t/C/año y al compararlo con las emisiones generadas en la agricultura familiar son de 0,007 y 0,029t/C/año, esto nos muestra una diferencia importante y considerada que según Smith et al., (1998); Tebruegge, (2000) representan el aumento y eficacia de captura de carbono en los suelos, (aproximadamente 7%).

La pérdida de materia orgánica en el suelo está directamente relacionada con el avance y desarrollo de la agricultura convencional, esto ha llevado a buscar y recuperar otras alternativas de

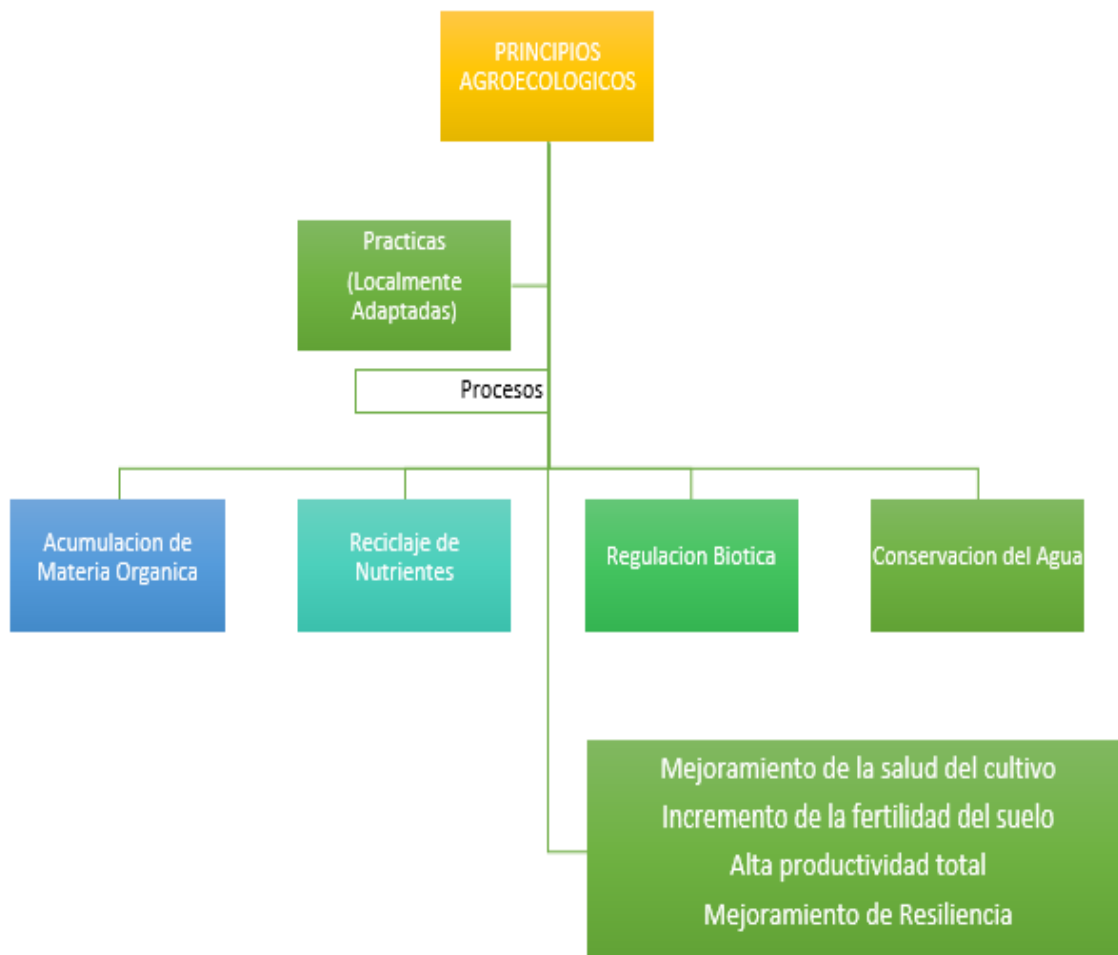
conservación como la agricultura tradicional, familiar, y otro tipo de agricultura con principios de conservación, donde se realizan varias prácticas de manejo de tierras que pueden ser usadas para minimizar este avance convencional para el incremento de la biomasa en los suelos y por ende en aumento de materia orgánica mediante la rotación de cultivos, siembra de policultivos, fertilización orgánica e irrigación (Robert, 2002).

6.3 Asociación de cultivos, agroecología

La agroecología es la base científica y metodológica para poner en práctica la capacidad de producir alimento por medio de la agricultura campesina y familiar conservando la biodiversidad y los recursos naturales, sin dependencia de petróleo ni de productos dañinos para el ambiente, capaz de abastecer en alimentos y eficiente energéticamente (Tello et al., 2009).

La agroecología se inició asegurando una producción de alimentos abundantes bajo la suposición de que siempre habría agua y energía barata y que el clima no cambiaría (Altieri y Nichols, 2013). Los agroquímicos y la mecanización son cada vez más caros debido al aumento en el precio de los combustibles fósiles, el clima ha cambiado siendo más violentas y amenazando los cultivos especialmente los monocultivos (genéticamente modificado), sin dejar de lado que este tipo de cultivo genera emisiones de GEI debido al uso de pesticidas, en los últimos 50 años, se ha incrementado dramáticamente ascendiendo a 2,6 millones de toneladas por año.

Lo anterior nos recuerda el surgimiento de los problemas que provoco que la agricultura sea actualmente la segunda fuente de emisión de GEI, sin embargo el desafío es alinear los sistemas agrícolas con principios agroecológicos (Gliessman, 1998). Esto principios son aplicados a través de diversas prácticas y estrategias con resultados diferentes dentro de la productividad, estabilidad y resiliencia en del sistema agrícola (figura 3).



*Figura 3. Principios y procesos agroecológicos para la conversión de los sistemas agrícolas.
Fuente: (Altieri y Nichols, 2013)*

Cada una de las prácticas están vinculadas a una o más principios y cada una de ellas ponen en marcha las interacciones ecológicas que impulsan procesos claves para el funcionamiento del agroecosistema (Altieri y Nicholls, 2012).

6.3.1 Agroecología y la biodiversificación.

Gliessman (1998), señala que el objetivo de la agroecología es “proveer ambientes balanceados, rendimientos sustentables, una fertilidad del suelo biológicamente obtenida y una regulación natural de las plagas a través del diseño de agroecosistemas y el uso de tecnologías de bajos insumos”. La

agroecología debe basarse en la optimización de nutrientes y de materia orgánica, conservar el agua y el suelo y balancear las poblaciones de plagas. Algunas de las prácticas alternativas para una agricultura sustentable incluyen:

- Rotación de cultivos que ayuda a disminuir la presencia de malezas, insectos plagas; aumentando los niveles de nitrógeno, reduce la necesidad de fertilizantes sintéticos.
- Incremento de la biodiversidad.
- Técnicas de conservación de labranza y manejo de suelos.

6.4 Agricultura familiar

Para Altieri y Nicholls (2013), la pobreza y la inseguridad alimentaria, las altas tasas de hambruna, la inequidad en la distribución de ingresos, tierra, agua y otros recursos ha sido el mayor problema a lo largo de la historia en nuestro planeta, trayendo consigo problemas aún mayores como la degradación ecológica y sobreexplotación de recursos naturales, expansión industrial de monocultivos, reduciendo ecosistemas naturales y disminuyendo la capacidad de la naturaleza (ciclos de agua, suelos fértiles, control biológico, clima regulado, etc.). Debido a ello, buscar soluciones para controlarlos ha sido prioritario e indispensable, buscando alternativas como transformar la agricultura convencional, industrial y en su lugar fortalecer la producción doméstica basada en agricultura familiar.



Figura 4. Sistema de producción Familiar

Fuente: (HIVOS, 2018)

El concepto de agricultura familiar tiene su origen a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, basado en técnicas de cultivo en familia sin intervención de mano de obra asalariada. Existen varios conceptos de agricultura familiar de acuerdo a diversas medidas y de acuerdo a los diversos países donde se busque entender acerca del tema, para Maletta (2011) la agricultura familiar es la “producción agrícola predial por cuenta propia de pequeña escala”, sin embargo, la clasificación va más allá, pues se clasifica en varios estratos que van desde una agricultura familiar campesina, hasta un estrato de agricultura familiar consolidada. La primera se exceptúa de contratación de la

mano de obra asalariada y la otra basada en términos de comercio y rentabilidad económica. En América latina, Brasil fue el primer país en utilizar el término agricultura familiar.

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2014), en América Latina y el Caribe (ALC) alrededor de 16,5 millones de producción agropecuaria se obtiene de agricultores familiares, mismas que agrupan una población de alrededor de 60 millones de personas. El 56 % de esta producción se encuentra en Sudamérica y el 35 % en México y países de Centroamérica.

De acuerdo al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, (2016) la agricultura familiar además de la importancia que tiene en el ámbito de generar alimentos, constituye también un papel muy importante en la gestión del medioambiente y la biodiversidad, ya que impulsa la gestión adecuada de los recursos naturales, preserva la agrobiodiversidad y el ambiente, ofrece servicios ambientales, valora las identidades culturales, promueve la ocupación adecuada del territorio. Cumpliendo con un conjunto integrado de funciones espaciales, ambientales, sociales, político-institucionales y culturales que son esenciales para el desarrollo de la sociedad.

La función principal de la agricultura familiar es la protección física del suelo, de los rayos solares, del viento, de la precipitación y otros fenómenos meteorológicos con la finalidad de que la biota terrenal se proteja y vaya disminuyendo la erosión con el aumentando la cantidad de materia orgánica y de carbono. De acuerdo con la Comunidad Andina y Secretaria General CANSAG, (2011) la agricultura familiar está fundamentada en procesos agroecológicos, que armoniza innovación, ciencia y tradición, donde la biodiversidad y asociación de cultivos, disminuyen notablemente efectos desfavorables para el ambiente, generando equilibrio y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella.

6.4.1 Contribución de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe

De acuerdo al estudio realizado por el (IICA, 2016) en México hay 4.3 millones de unidades productivas familiares, generando un 70% del empleo rural, con siembras de maíz 65.5 %, frejol 14.3% y soya 6.6%. En Centroamérica 2.4 millones de familias de agricultores generando de 36% a 76%, siendo sus principales cultivos, maíz, frijol, frutas y hortalizas. En Colombia 1.8 millones de productores familiares de estos el 90% del total de los productores, proveen el 80% de alimentos. En Perú 2.2 millones de productores familiares, generando 3 millones de empleos.

En Ecuador de toda la producción agropecuaria el 76% de maíz suave, 64% de cultivo hortícola, 49% del arroz, 46% del maíz duro, 71% del frejol, es producido a través de agricultura familiar. En Chile existen 300000 agricultores familiares, generando entre sus principales productos, 45% en hortalizas, 43% del maíz, trigo y arroz. En Bolivia el 93% del total de fincas familiares producen el 70% del maíz, arroz, papas y yuca de todo el país (IICA, 2016).

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura señala que en Venezuela hay 370000 fincas de productores familiares. En Brasil el 84,4% son productores familiares. En Paraguay el 100% de la producción de yuca, maní y hortalizas se realiza por agricultores familiares. En Uruguay existen 23102 productores familiares. Todo esto demuestra que a nivel general en América Latina existe gran cantidad de familias dedicadas a la agricultura familiar.

6.5 Agricultura en zonas periurbanas

El termino Periurbano es diferente de acuerdo los autores que han dedicado el estudio de estos espacios, la mayoría de estos conceptos se asemejan en definir a estos lugares como una franja marginal de transición urbano-rural (Hernández Puig, 2016).

El IX Coloquio de Geógrafos españoles, define a la palabra Periurbano como *“una zona transitoria entre lo urbano y lo rural, de predominio urbano, que ofrece una amplia gama de*

recursos tan dispares como grandes equipamientos, parques metropolitanos y urbanizaciones de baja densidad de edificaciones con espacios de agricultura residual.” Por lo tanto, el crecimiento de las ciudades se da en zonas degradadas en lo urbano y residuales en lo agrario (Valenzuela, 1986).

El Departamento de agricultura, ganadería, pesca y alimentación de Cataluña (1984) describe al área periurbano como: *“aquella área de ámbito rural situada en torno a un hábitat densamente poblado que estado sometida a una fuerte expansión industrial, urbanística y de servicios, y donde a consecuencia de esta existe un grave deterioro de la red de caminos rurales y de drenaje, una alteración de la calidad de aguas de riego, un aumento del valor del suelo, así como un aumento del índice de robos y de daños por irrupción de personas ajenas a la agricultura”* (DAGPA, 1984).

6.5.1 Consecuencias territoriales de la peri-urbanización.

En primer lugar hay que resaltar que la peri urbanización está ligada al fenómeno de urbanización dispersa de baja densidad Hernández Puig, (2016), que se determina por la caracterización y el reclusión de sus habitantes; por lo que estiman (Alonso y Carrasco, 1998) que las consecuencias de la peri urbanización son:

- Ocupación desmesurada de suelo, quedando expuestos a riesgos naturales (erosión, incendios, inundación)
- Elevados consumos de recursos (agua y energía).
- Imposibilidad por parte de la administración de mantener la urbanización y los servicios municipales y,
- Segregación de los grupos sociales en el territorio, problemas de gobernanza.

Todas estas consecuencias que han acarreado a la peri-urbanización van de la mano con el nivel de vida, económicamente caro, para vivir en las ciudades, también las áreas periurbanas se han

revalorizado su realidad y su imagen y un aumento en el precio de las tierras periurbanas por la reducción en la disponibilidad de estas. Pero por otro lado la condición de marginalidad y precariedad favorece la expansión de uso no ordenados (degradación ambiental) del territorio; vertido de residuos, movimiento de tierra, colonización ilegal, conflictos sociales (Hernández Puig, 2016).

6.5.2 La peri-urbanización en Cuenca.

En los últimos 40 años se han experimentado grandes cambios en el uso de suelo, tanto a nivel nacional como a nivel local (Pinos, 2016), todos estos cambios de uso de suelo, relacionados con la agricultura y la ganadería, obedecen a la influencia de las actividades económicas de las áreas adyacentes, a nivel nacional la pérdida de vegetación boscosa por otro tipo de cobertura es de 200.00 hectáreas/año (MAE, 2007).

En Cuenca lamentablemente el acelerado y desordenado crecimiento (últimos 20 años) en zonas circundantes al área urbana ha reducido en gran porcentaje los suelos productivos del cantón. Las consecuencias económicas de esta problemática debido a la dotación de servicios básicos que son complicados y la pérdida de zonas boscosas reemplazadas por viviendas dispersas.

La parroquia San Joaquín toma gran relevancia en este tema, debido a su importancia en la producción agrícola por poseer suelos sumamente fértiles, pero que actualmente se ha visto afectado por el acelerado proceso de urbanización, pues según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) la actividad agropecuaria ha venido descendiendo, en 1990 la agricultura y ganadería con un 43%. En 2001 desciende al 34%, y en el 2010 la actividad agrícola y la ganadería sigue siendo la principal actividad económica, pero con un porcentaje del 22% (Durán y Jerves, 2015).

6.6 Hortalizas como captadores de carbono.

Según el Código Alimentario Español por *“hortaliza se conoce a cualquier cultivo herbáceo, preferiblemente, que se puede utilizar como alimento, ya sea crudo o cocinado y mientras la hortaliza esté unida a la planta, o sea aún sin ser cosechada, cada parte de la planta cumple alguna de las siguientes funciones: crecimiento, reproducción, almacenamiento y supervivencia. “*

Muchas especies de interés agrícola como las hortalizas se identifican por tener una aceptación en cuanto a velocidad de desarrollo, ya que mientras mayor sea su desarrollo y crecimiento mayor es también su tasa de fijación de CO₂. Debido principalmente al corto ciclo de vida de las hortalizas, además de su fisiología reducida, es una alternativa perfecta para la absorción de CO₂ y fijación directa (Polanco, 2000).

En el Ecuador la horticultura ha tenido un crecimiento paulatino a partir de la década de los 90's, concentrándose principalmente en la sierra con una participación del 86% de producción, ya que esta región ofrece las condiciones edáficas, climáticas y sociales para la producción de hortalizas (FAO y CAF, 2012).

La provincia del Azuay ocupa el tercer lugar de producción de hortalizas en el Ecuador con una superficie cultivada de 9737 ha del total de la provincia, produciendo hortalizas como lechuga, coliflor, brócoli, rábano, zanahoria, tomate riñón, etc. que sirven tanto para el consumo interno, regional y provincial (FAO, 2009).

Los sistemas hortícolas como áreas verdes más allá de servir como alimento y ser parte fundamental en la nutrición; son capaces de brindar infinitos servicios ambientales. *“Los servicios ambientales son los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas o biomasa ponen a disposición de la sociedad de manera natural e influyen en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades”* (Reyes y Gutiérrez, 2010).

Los impactos que ha producido el cambio climático se pueden determinar en diferentes escenarios como el sector energético, ecosistémico y agrícola. Los efectos directos sobre los cultivos y plantas son debido a las modificaciones en los patrones de precipitación y de la temperatura del aire (Fernandez, 2013), el incremento de CO₂ también provocan la modificación en los cultivos debido al incremento en la población de plagas y efectos directos sobre el proceso fisiológico de las plantas incidiendo en el crecimiento, desarrollo y producción vegetal (CEPAL, 2018).

Por otro lado Tubiello, (2000) señala que el incremento del Dióxido de Carbono eleva la tasa fotosintética y por consiguiente eleva el rendimiento, las plantas C₃ (trigo, papa, soya, frejol) no se saturan con la concentración actual de CO₂ por lo que incrementan la velocidad de carboxilación (fijación de CO₂) y la fotosíntesis neta. Resalta al CO₂ como un inhibidor competitivo de la reacción de oxigenación la cual conduce a la fotorrespiración.

La modificación climática puede afectar más gravemente a la economía campesina o a los agricultores que se ubican en ambientes frágiles y que por lo general se ubican en países en vías de desarrollo. La agricultura de subsistencia es la más preocupante, porque la disminución de tan solo una tonelada de productividad podría llegar a desequilibrar la vida rural (Jones y Thornton, 2003).

A continuación, se da a conocer algunas de las características generales de la vegetación de ciclo corto, es decir de las hortalizas que son los particulares del estudio.



Figura 5. Estrategia de adaptación al cambio climático en hortalizas nativas.

Fuente: (Gutierrez, 2008)

6.6.1 Zanahoria (*Daucus carota*)

La zanahoria es de forma gruesa y alargada, en la parte subterránea esta su raíz, tubérculo comestible con una longitud entre los 15-20 cm, sus hojas que se encuentran en la parte aérea tienen una altura aproximada de 20-30 cm, su peso varía de entre los 100-250g (FAO, 2001). Su capacidad de captura es de 0,9002 kgC y 3,38464 KgCO₂, tanto de biomasa aérea como subterránea.

6.6.2 Ajo (*Allium sativum*)

La parte subterránea, es decir, su raíz, está compuesta por 6-12 bulbillos, de color blanco y sus hojas verdes que están en la parte aérea, tiene una altura aproximada de 20-40cm. Se compone de los comúnmente llamados dientes de ajo, recubiertos por una membrana semitransparente (UNODC, 2017). Tiene una capacidad de captura de 0,9856 KgC y 3,70590 KgCO₂ en biomasa aérea y subterránea.

6.6.3 La papa (*Solanum tuberosum*)

Es una planta herbácea, su parte aérea está formada por hojas compuestas y flores de color blanco con una altura de hasta 80 cm, en la parte subterránea se encuentran sus raíces fibrosas finas y largas y sus frutos en forma redondeada de tamaño inferior a 3 cm de diámetro (Rozano et al., 2004). Su capacidad de captura en biomasa aérea y subterránea es igual a 1,6432 KgC y 6,1786 KgCO₂.

Las consecuencias del cambio climático sobre la producción de los cultivos son muy complejas, ya que el crecimiento y rendimiento de la vegetación están relacionados con la temperatura. En el caso del cultivo de la papa puede crecer en varios ambientes, por ejemplo, si la temperatura esta sobre los 17°C los tuberización disminuye y si ésta es inferior a 0°C puede ocasionar daños severos en el cultivo (Gutierrez, 2008).

Algunas estimaciones sobre el efecto del cambio climático a nivel mundial en el cultivo de papa durante los próximos 50 años estiman que la reducción del rendimiento puede oscilar entre 18 y 32% y este no se adapta adecuadamente, pero puede ser menor (9%) entre las variedades adaptadas (Flores, 2013).

6.6.4 Brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*)

El cogollo del brócoli junto con sus hojas alargadas ubicadas alrededor del mismo se encuentra en la parte aérea y puede llegar a medir hasta 20 cm de diámetro, generalmente su color es verde oscuro en el tallo y verde azulado en el extremo de la flor. La raíz es corta mide hasta 7 cm (PBHF, 2014). Tiene una capacidad de captura de 1,0659 KgC y 4,0077 KgCO₂ en biomasa aérea y subterránea.

6.6.5 Remolacha (*Beta vulgaris*)

La remolacha es característica por un intenso color rojo o morado, dependiendo de la variedad, tiene una raíz profunda y esférica, generalmente tiene un diámetro de entre 5-10 cm, cuando está en su total maduración con un peso de entre los 80-200 gramos (MAG, 2010). Su capacidad de absorción tanto en biomasa aérea como en subterránea es de 1,3694 KgC y 5,1489 KgCO₂.

6.6.6 Col de repollo (*Brassica oleracea* var. *Capitata*)

La col de repollo es una planta de periodo perenne cultivada como anual, es de tallo corto y de raíces poco profundas, las hojas parten del tallo en ángulos que difieren de la variedad, son de color verde azulado, verde y rojas. (Montes et al., 2009), el límite de la temperatura para su óptimo desarrollo va desde 15 a 18°C con máximos de 23°C. Su diámetro puede medir hasta 35 cm. Tiene una capacidad de captura en biomasa mayormente aérea de 2,3497 KgC y 8,8348 KgCO₂.

6.6.7 Cebolla (*Allium cepa*).

En el Ecuador el cultivo de cebolla es de gran importancia, debido a la demanda en los mercados de todo el país, esto debido a sus propiedades nutritivas y sus cualidades medicinales siendo imprescindibles en la dieta alimenticia de los ecuatorianos (Cargua, 2013). En el país se cosechan 2861ha de cebolla perla siendo la provincia de Manabí con la mayor producción (INEC, 2017). Este cultivo está formado por numerosas capas gruesas, cubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes. El tallo es derecho hueco y con inflamamiento ventrudo en su mitad interior, la semilla es de color negro, angulosa aplastada y rugosa, un gramo contiene entre 250 – 300 semillas (Cargua, 2013). Tiene una altura que varía entre 20-25 cm, la raíz corresponde a su fruto que generalmente es de color morado y blanco. Tiene una capacidad de captura en biomasa aérea y subterránea de 1,6135 KgC y 6,0666 KgCO₂.

6.6.8 Rábano (*Raphanus sativus*)

Se caracteriza por ser un cultivo hortícola anual con un sistema radicular poco desarrollado con una raíz principal y finas raicillas laterales, sus hojas compuestas imparipinnadas, vellosas y de un color verde intenso. (Carrera Bastidas, 2015). Este tipo de cultivo se compone en su parte aérea de varias hojas verdes y su raíz es la parte frutal de color rojo opaco que puede llegar a medir hasta 3 cm de diámetro, su capacidad de captura en sus partes aérea y subterráneas es de 1,1014 KgC y 4,1412 KgCO₂.

6.6.9 Lechuga repollo (*Lactuca sativa*)

La lechuga repollo tiene una forma redondeada compuesta por capas de hijas de color verde claro que es su parte aérea puede llegar a medir hasta 15 cm de diámetro, su raíz es pequeña (UNODC, 2017). Su capacidad de captura mayormente aérea es de 1,5652 KgC y 5,8849 KgCO₂.

6.6.10 Nabo silvestre o de chacra (*Brassica rapa*)

El nabo tiene hojas alargadas con una longitud en la parte aérea de entre 12 y 15 centímetros, tiene un peso aproximado de 100-200 gramos sus hojas son verdes con flores amarillas, su raíz es engrosada similar al rábano de color blanco y de forma redondeada (Rozano et al., 2004). La capacidad de captura mayormente en la parte aérea es de 2,010 KgC y 7,5577 KgCO₂.

6.6.11 Nabo repollo (*Brassica rapa subsp. Pekinensis*)

Tiene forma de cogollo, forma grandes repollos más o menos alargados, con hojas verticales, es de color verde claro con nervios en las hojas de color blanco, puede alcanzar hasta 50-60 cm de altura, su raíz es pequeña (FAO, 2001), tiene una capacidad de captura mayormente aérea de 1,1217 KgC y 4,2177 KgCO₂.

6.6.12 Lechuga seda (*Lactuca sativa*)

La lechuga seda es una planta herbácea de tipo repollo de unos 15 cm de longitud, con raíz pivotante y ramificada, sus hojas son redondeadas de color verde claro (PBHF, 2014). Tiene una capacidad de captura de 1,8016 KgC y 6,7741KgCO₂.

6.6.13 Col de brusela (*Brassica oleracea var. Gemmifera*)

La Col de Bruselas es una planta de gran tamaño puede alcanzar de 60 a 125 cm de altura toda la planta, compuesta por coles diminutas de color verde de 2.5 a 4 cm de diámetro deben su nombre a su lugar originario de cultivo (UNODC, 2017). Por su contextura tiene una gran capacidad de absorción de 2,2859 KgC y 8,5951.

6.6.14 Perejil (*Petroselinum crispum*)

Es una planta herbácea de 60-90 cm de altura aproximada con hojas de color verde y muy abundantes, posee una raíz engrosada axonomorfa, su crecimiento para consumo es inconsistente y puede tardar de 3 a 6 semanas (FAO, 2001). Tiene una capacidad de captura en biomasa aérea y subterránea de 1,2770 KgC y 4,8015 KgCO₂.

7 AREA DE ESTUDIO

7.1 Descripción de la zona de estudio

San Joaquín es una parroquia rural de Cuenca, cuenta con una población de 7455 habitantes (CENSO, 2010), dividida en 24 comunidades, tiene una extensión aproximada de 21007,60 ha que representa el 5,73% del total del cantón Cuenca (Figura 6)

Las principales actividades de la población son, la construcción que representa el 11,79%, actividad manufacturera con el 19,83%, comercio mayor y menor con 16,67%, y en su mayoría dedicándose a actividades agrícolas, ganadería, pesca y silvicultura con un 22,23% (PDYOT, 2015).



Figura 6. Ubicación de la Parroquia San Joaquín
Fuente: (PDYOT, 2015)

Con respecto al clima según los registros hidrometeorológicos de la CG Paute y ETAPA esta parroquia presenta una precipitación promedio anual de 850 a 1100 mm. Su temperatura varía de acuerdo con su altitud en zonas altas como la comunidad de Soldados llega a temperaturas de 2 a 8°C mientras que las temperaturas más altas se encuentran entre los 12 y 16 °C (PDYOT, 2015).

En cuanto a su sistema hídrico está conformado por 3 cuencas hidrográficas (cuena del rio Paute, rio Cañar y rio Balao), 4 subcuencas (Subcuena del rio Balao, rio Cañar, rio Tomebamba y rio Yanuncay) y 12 microcuencas.

De acuerdo con el (PDYOT, 2015) la cobertura y uso de suelo se encuentra ocupada por paramo (14618,35 ha), también predomina zonas de pasto cultivados (1311,97 ha), los cultivos de ciclo corto representan el 1,42% del territorio es decir 297,95 ha.

8 MARCO METODOLOGICO

8.1 Esquema metodológico descriptivo

En base a los objetivos que se plantearon, se especifica los métodos para llevar a cabo la ejecución de los objetivos descritos en él.

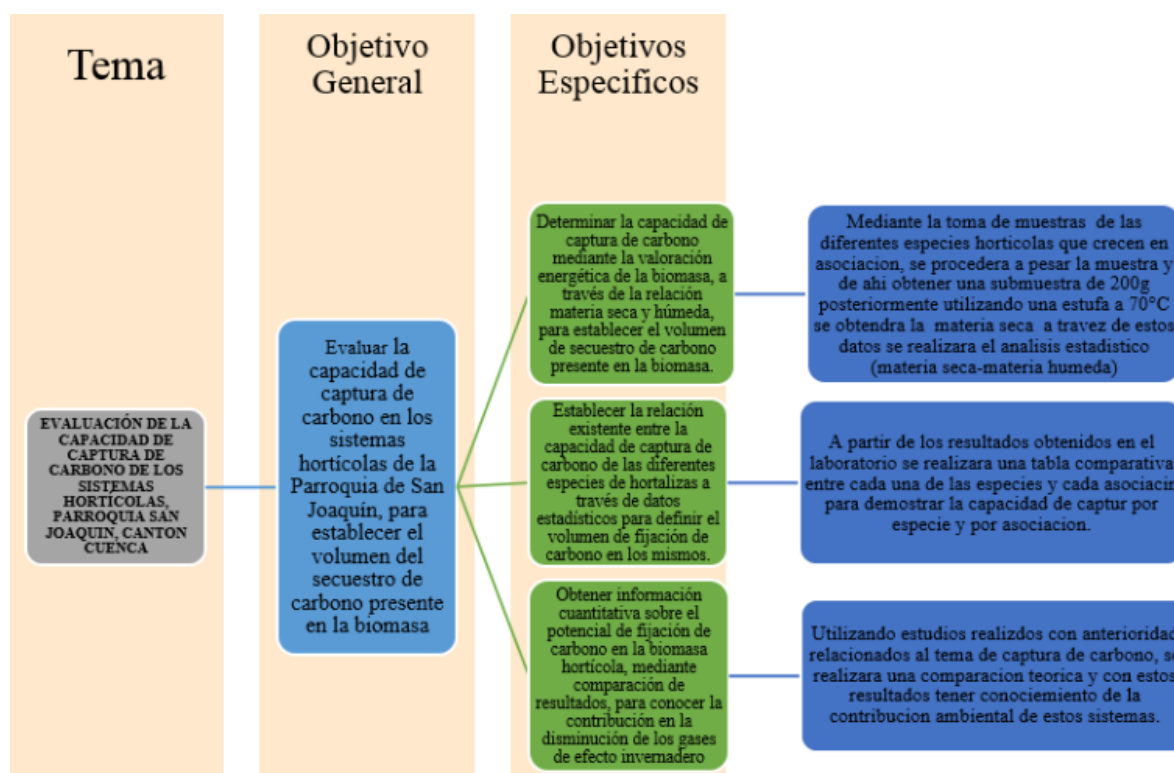


Figura 7. Desarrollo Metodológico

El método utilizado para la presente investigación fue el método de observación que permitirá analizar de manera profunda la zona de estudio, con una metodología de trabajo de campo para levantar información sobre el ambiente físico y biológico del huerto (características físicas y biológicas del sistema de cultivo), el manejo agronómico del huerto (cultivos principales, fertilización del suelo y físicas de los sistemas hortícolas).

8.2 Materiales y equipos

Los equipos y materiales que se utilizaron para la investigación son los siguientes

Materiales

- Pala manual
- Cinta métrica
- Guantes
- Funda plástica
- Papel aluminio
- Mandil

Equipos

- Balanza eléctrica
- Estufa
- GPS

8.3 Fase de campo

8.3.1 Muestreo

Según los autores Rugnitz, Leon, & Porro, (2009) para la determinación del carbono mediante la relación materia seca materia húmeda (muestras herbáceas), se procedió a realizar una selección de seis asociaciones, de las cuales se obtuvieron muestras de la siguiente manera. En un trazado de un marco de 1m x 1m, se seleccionó 20 especies de hortalizas las mismas que se pesaron una por una en su totalidad para obtener la muestra que corresponde al peso verde. Posteriormente se separó una submuestra de 200g, las que se recolectaron en fundas herméticamente selladas y con su respectivo etiquetado (número de parcela, tipo de vegetación, numero de muestra, georreferenciación). Los diferentes grupos de hortalizas que se siembran en conjunto periódicamente forman las asociaciones.

8.4 Fase de laboratorio

En el laboratorio se procede al secado de cada submuestra de 200g, utilizando una estufa a una temperatura de 70°C, en un tiempo aproximado de 24 horas hasta obtener un peso constante, de esta manera se logra obtener la relación entre materias, materia seca y materia húmeda, y la cantidad de C (Rugnitz, et. al, 2009). Una vez obtenidos los valores luego del proceso de secado, se procede a calcular el total de materia seca, ya sea en t o en Kg de materia seca por cada metro cuadrado y por cada hectárea, a continuación, se obtiene la cantidad de carbono.

8.5 Cálculos

a. Cálculo de muestreo Biomasa

El cálculo del porcentaje de biomasa seca de cada componente se obtiene del cociente entre la diferencia del peso seco dividido para el peso verde inicial de la muestra (Jiménez y Landeta, 2009).

$$\% \text{Biomasa seca (kg)} = \text{Peso seco (kg)} / \text{Peso verde (kg)}$$

b. Cantidad de carbono en biomasa de hortaliza.

- *Materia seca de la muestra.*

Para la determinación de la biomasa se basó en el método de cantidad de carbono en biomasa no arbórea, donde tenemos la siguiente ecuación (Rugnitz et al., 2009):

$$MS_{muestra} = (MF_{submuestra} / MS_{submuestra}) \times MF_{muestra}$$

Donde:

$MS_{muestra}$ = Materia fresca de la muestra (kg/0,25 m² para vegetación no arbórea)

$MF_{submuestra}$ = Materia fresca (kg) de la submuestra llevada para la determinación de la cantidad de humedad.

$MS_{submuestra}$ = Materia seca (kg) de la submuestra llevada para la determinación de la cantidad de humedad.

$MF_{muestra}$ = Materia fresca de la muestra (kg/0,25 m² para vegetación no arbórea).

c. Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra de hortaliza

Para la obtención de la cantidad de carbono, se multiplica el valor de biomasa obtenido con anterioridad por el factor 0,5 dado por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), donde el 50% de biomasa vegetal es equivalente al valor del carbono (Jimenez & Landeta, 2009).

$$\Delta C_{BN \text{ muestra}} = MS_{\text{muestra}} \times CF$$

Donde:

$\Delta C_{BN \text{ muestra}}$ = Cantidad de carbono en la biomasa de la muestra de vegetación no arbórea (kg C/0,25 m²)

CF = es la fracción de carbono (kg C/kg MS) determinada en el laboratorio o utilizando el valor patrón del IPCC = 0,5

d. Dióxido de carbono fijado.

Para determinar la cantidad de dióxido de carbono, después de determinar el carbono se utiliza la siguiente ecuación.

$$CO_2 = Kr * C$$

Dónde: CO₂ = Dióxido de carbono

B = Carbono

Kr = 3,67. Factor de conversión a CO₂, resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono 44 y del carbono 12.

De acuerdo con el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), se estima que 1 KgC tiene 3.67 KgCO₂ (Jiménez & Landeta, 2009)

9 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Resultados

Para la demostración de resultados se establecen gráficos estadísticos, en donde se muestra la variación de biomasa, cantidad de carbono y cantidad de CO₂ fijado, de las seis asociaciones compuestas en su totalidad por 20 especies de hortalizas, mostrando un promedio de tres repeticiones.

9.1.1 Especies de hortalizas que componen las diferentes asociaciones

En la tabla 1, se muestra el número de asociaciones correspondientes al análisis, dichas asociaciones están conformadas por especies con características similares en cuanto a periodo de siembra, maduración y espacio que ocupa cada especie hortícola y su correspondiente peso unitario.

No Asociación	Especie Hortícola	Peso Unitario (Kg)
ASOCIACION1	Zanahoria	0,211
	Ajo	0,274
	Brócoli	0,233
	Remolacha	0,248
ASOCIACION2	Lechuga Repollo	0,221
	Cebolla	0,283
	Nabo	0,401
ASOCIACION3	Lechuga Seda	0,267
	Col Brusela	0,315
	Nabo de Chakra	0,282
ASOCIACION4	Papa	0,421
	Rábano	0,214

	Perejil	0,201
	Culantro	0,231
ASOCIACION5	Espinaca	0,323
	Alcachofa	0,824
	Col Kale	0,218
ASOCIACION6	Col morada	0,378
	Col	0,551
	Apio	0,392

Tabla 1. Numero de asociaciones y especies

9.1.2 Datos generales de peso por especie encontrados en las diferentes asociaciones

En la Figura 8, se establece que cada una de las asociaciones y las diferentes especies que conforman las mismas, lo que hay que destacar de esta figura, es que la alcachofa es la especie de mayor peso verde (0,824 Kg), mientras que la de menor peso es la especie del perejil con un peso verde de 0,202 Kg.

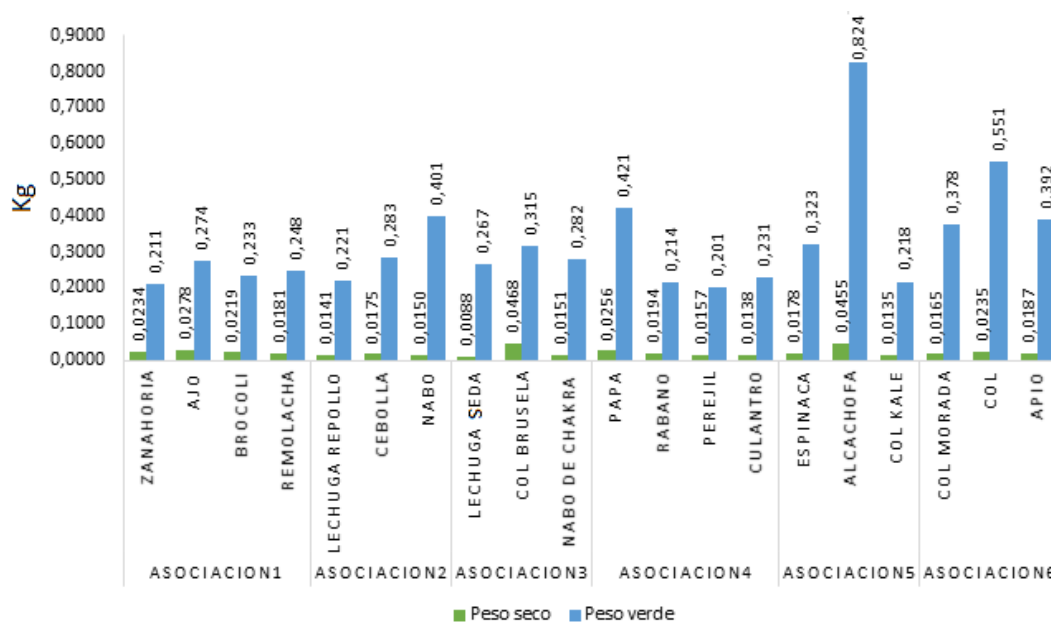


Figura 8. Relación de peso verde y peso seco por especie hortícola

En la Figura 9 se observa la relación que se obtuvo de peso verde y el peso que se obtuvo en el laboratorio, luego del secado utilizando la estufa a una temperatura de 70°C, durante 24 horas aproximadas con el fin de obtener un peso constante que se denomina peso seco, lo que hay que resaltar en esta figura es que los pesos no son directamente proporcionales entre sí.

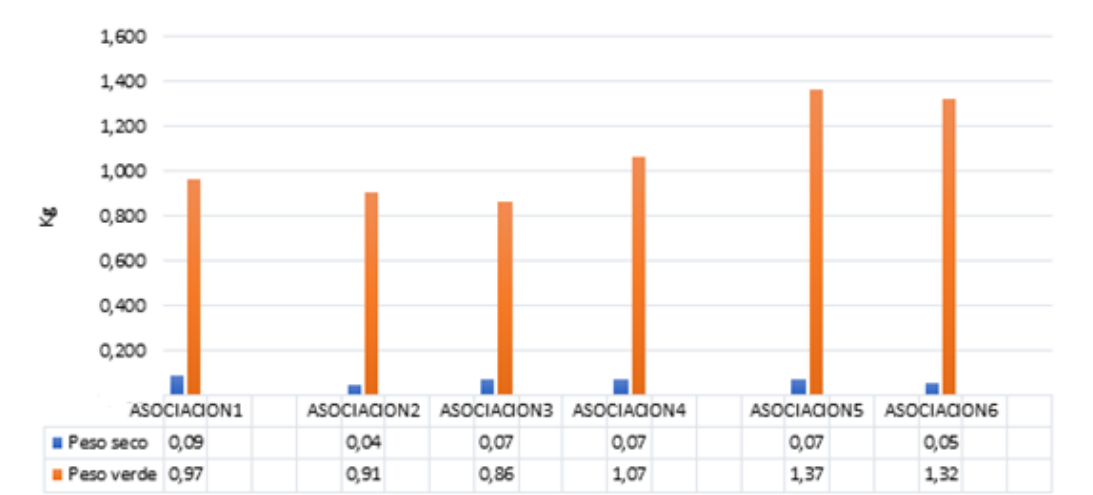


Figura 9. Relación peso verde y peso seco por asociación

9.1.3 Relación de la cantidad de biomasa obtenida en las diferentes asociaciones y especies

La Figura 10, nos muestra la línea de variación de pesos de biomasa, dando como resultado que la asociación cinco representa la mayor cantidad de biomasa (6,65 Kg) de entre todas las especies estudiadas. El peso total de la biomasa se obtuvo de acuerdo con el número de plantas hortícolas por cada metro cuadrado.



Figura 10. Variación de la cantidad de Biomasa por especie hortícola

9.1.4 Carbono (C) y Dióxido de carbono (CO₂) fijado por las diferentes especies que conforman las diferentes asociaciones

La figura 11, nos muestra la cantidad de carbono que absorbe cada una de las especies hortícolas, donde resalta la alcachofa como mayor captador de 3,23 KgC, así mismo podemos ver la capacidad de absorción por asociación en donde la asociación cinco y seis son similares y las de mayor fijación de carbono que va de 6,66 KgC y 6,77KgC respectivamente.

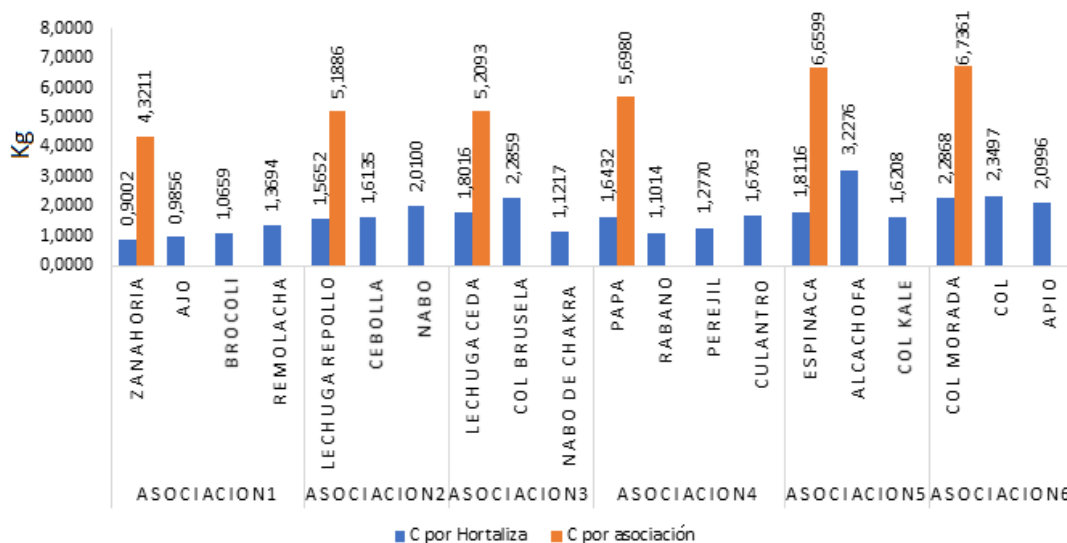


Figura 11. Cantidad de Carbono por especie hortícola y por asociación

En la figura 12, se observa a cada una de las especies que pertenecen a las asociaciones y los resultados de la capacidad de absorción de CO₂, donde la asociación seis es la de mayor capacidad de absorción con un valor de 25,3 KgCO₂ similar a la asociación cinco con 25 KgCO₂ que incluye a la alcachofa como la especie hortícola de mayor captación con 12,1 KgCO₂.

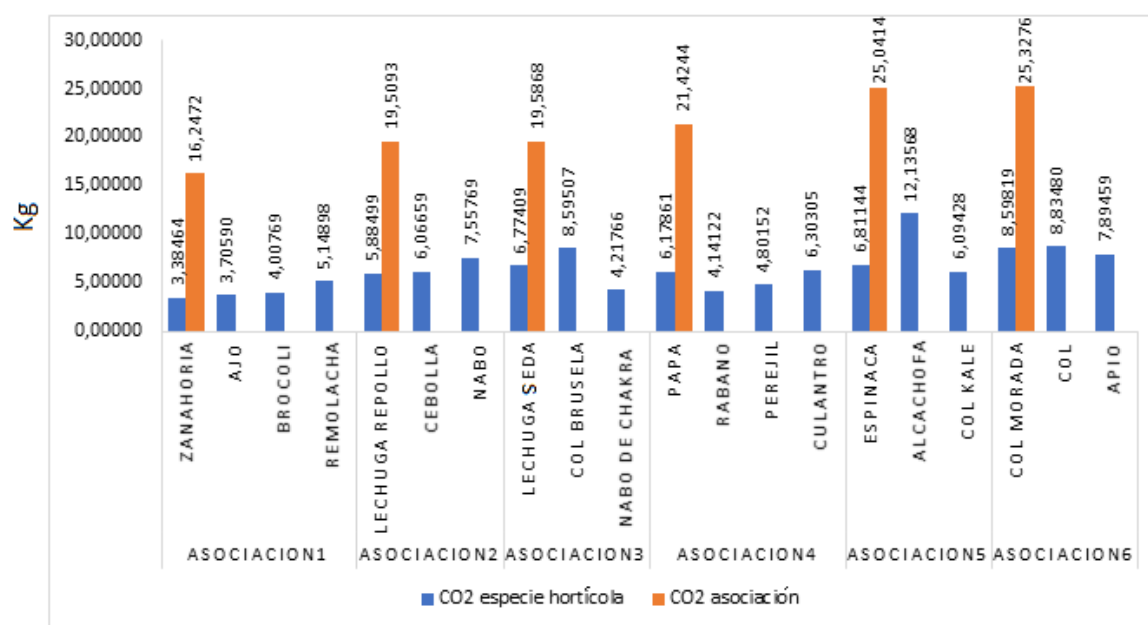


Figura 12. Cantidad de CO₂ por especie hortícola y por asociación

9.1.5 Relación de los resultados totales entre biomasa, carbono y dióxido de carbono

En la Figura 13, se determina la relación entre los valores de biomasa, carbono y dióxido de carbono de las seis asociaciones analizadas, donde observamos una similitud entre las asociaciones cinco y seis con valores de 13,3 Kg y 13,4 Kg con respecto a biomasa, 6,65 KgC y 25,3 KgCO₂ en la asociación cinco, y 6,73 KgC y 25 KgCO₂ en la asociación seis, siendo estas dos asociaciones de valores más altos en cuanto a las tres variables de análisis, así mismo hay una similitud entre las asociaciones dos y tres con valores de 10,3 Kg de biomasa y 10,2 Kg de biomasa respectivamente, y con valores de 5,18 KgC y 19,5 KgCO₂ en la asociación 2, y 10,4 KgC y 19,5 KgCO₂ en la asociación tres.

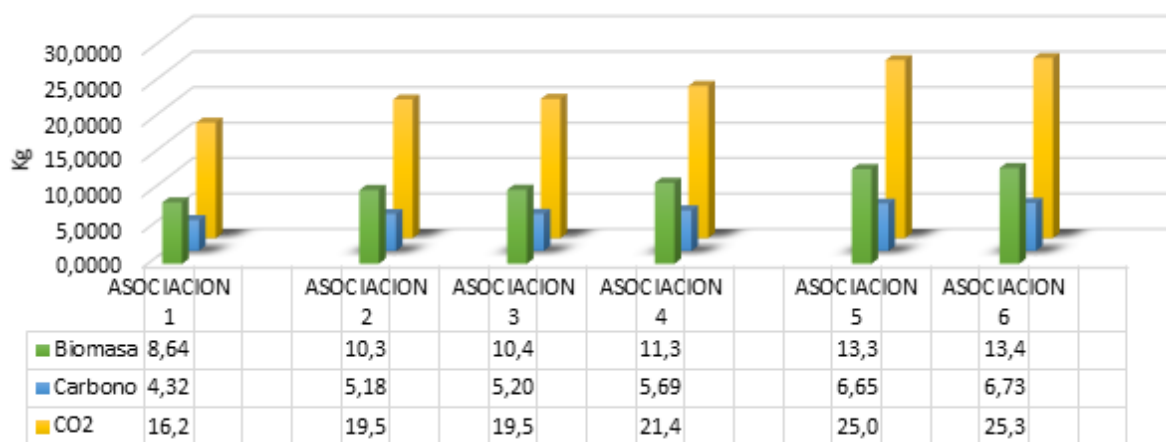


Figura 13. Relación de la cantidad de biomasa, C y CO2 en las diferentes asociaciones

En la Figura 14, tenemos los valores totales en conjunto de todas las especies y asociaciones, dando un valor total de biomasa de 67,1323Kg y la cantidad de carbono total de 33,5661KgC, siendo la cantidad de fijación de CO2 la más representativa con un valor de 126,2086KgCO₂ total.

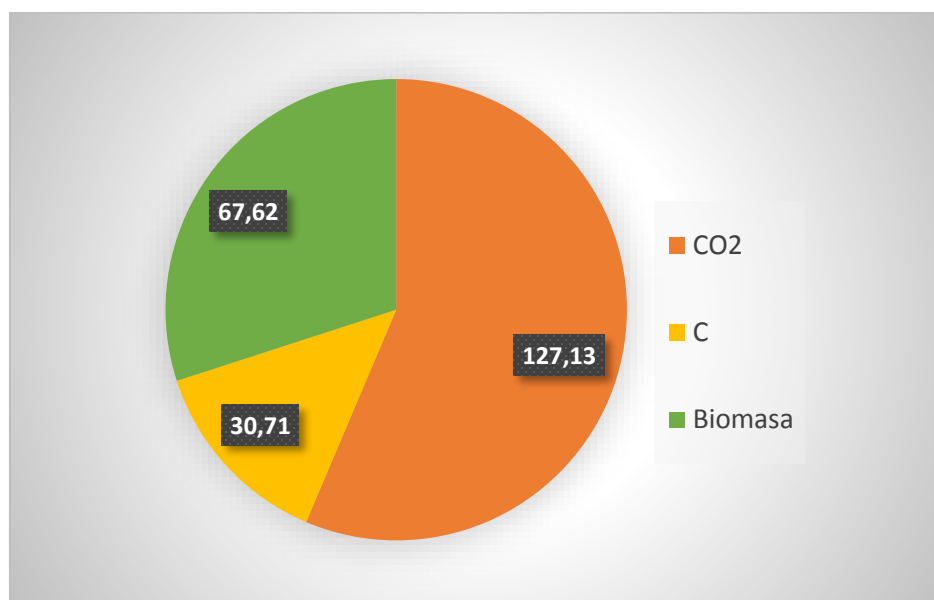


Figura 14. Valores totales de biomasa, C y CO2

9.2 Discusión

En el presente trabajo de investigación se realizó un análisis de Biomasa, Carbono y Dióxido de carbono fijado, donde los valores totales fueron 67,1323kg, 33,5661Kg y 126,21Kg respectivamente. De acuerdo al estudio realizado por (Fernández, 2016), cuyo estudio se desarrolló en los parqueaderos de la Universidad Politécnica Salesiana, arrojó los siguientes resultados; la col morada con 11,57 KgC, la lechuga seda 1,01 KgC, la col 9,95 KgC, y finalmente el brócoli con 1,77 KgC; los valores obtenidos en este estudio difieren al comparar las mismas especies: la col morada con 2,29 KgC, la lechuga seda con 1,801 KgC, la col con 2,35 KgC, y el brócoli con 1,07 KgC. Como se observa algunos valores son similares tal es el caso de la lechuga seda y el brócoli, mientras que en la col morada y la col, los valores difieren de manera significativa, esto se debe al lugar y fecha de siembra, como sugiere el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, 2016) quien manifiesta que en épocas de lluvia la cantidad de emisiones de CO₂ disminuye y aumenta la actividad fotosintética así como también actividad microbiana del suelo, lo que explica los resultados obtenidos en este estudio pues se realizaron durante periodos de lluvia, por ende hubo menor cantidad de contaminantes presentes en el aire. Los estudios de Fernández, (2016), se hicieron en los meses de Mayo-Julio (periodo seco) por lo que sus resultados muestran mayor cantidad de CO₂ absorbidos.

Un estudio realizado en Murcia a cerca de la absorción de C y CO₂ por algunas especies hortícolas utilizando un analizador elemental de carbono (Thermo Finnigan-, Milán, Italia) muestra los siguientes resultados: el nabo cogollo absorbe 0,0151 KgC y 0,0554 KgCO₂, la lechuga absorbe 0,0354 KgC y 0,1298 KgCO₂, el brócoli absorbe 0,0582 KgC y 0,2104 KgCO₂, la alcachofa 0,506 KgC y 1,854 KgCO₂ (Carvajal, 2015), donde a diferencia de la investigación realizada en este trabajo el nabo cogollo absorbe 1,1217 KgC y 4,2177 KgCO₂, la lechuga 1,5652KgC y 5,8849

KgCO₂, el brócoli 1,0659 KgC y 4,007 KgCO₂, la alcachofa absorbe 3,2276 KgC y 12,1357 KgCO₂ ver Anexo 3. La diferencia de los resultados entre ambos estudios se explica fácilmente por el tipo de práctica agrícola utilizada para cada estudio, en Murcia-España el método de labranza es convencional es decir, mayor uso de maquinaria agrícola y uso de agroquímicos, lo que explica que el suelo queda expuesto a perder la capacidad de retención de carbono y la actividad microbiana se reduce (Prause y Soler, 2001). Mientras que en San Joaquín-Ecuador se cultiva mediante agricultura familiar donde se aplica labranza cero, policultivo y uso de abono orgánico, por lo tanto, el cultivo tiene capacidad de depositar mayor cantidad de carbono en el suelo y su desarrollo en biomasa es mucho mejor que el cultivo mediante práctica convencional.

Según (Quito, 2018), otro sistema de cultivo, como la chakra andina tiene una capacidad de captura de C equivalente a 40,79 tC, y al comparar con los valores obtenidos del sistema hortícola de 0,6763 tC, nos muestran una diferencia significativa, debido a que los sistemas de chakra andina tiene mayor volumen en cuanto a biomasa con 25t de biomasa total aérea frente a 0,067t en el total de sistemas hortícolas analizados.

De acuerdo a Smith et al., (1998); Tebruegge, (2000), los sistemas de cultivo de tipo convencional, tienen alto nivel de emisión que varía entre 0,046 y 0,053 t/C/ha/año, debido al manejo de suelo a través de labranza y utilización de maquinaria que también emiten GEI, utilización de fertilizantes que disminuyen la fertilidad de los suelos, a diferencia de la agricultura familiar tradicional donde se tiene valores mínimos de 0,007 y 0,029 t/C/ha/año, ya que en este sistema el tipo de labranza es de cero, no se utiliza maquinaria y se utiliza abonos y fertilizantes orgánicos que no dañan al suelo por lo tanto este tipo de agricultura es sustentable.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

10.1 Conclusiones.

- Los niveles de carbono encontrados en la biomasa de las seis asociaciones en las que se encuentra inmersa las 20 especies hortícolas tienen una capacidad total de absorción de 0,6713 tC (ver anexo 3), menor a otro tipo de cultivo como es el caso de la chakra andina que muestra un resultado total de 40,79 tC, donde la diferencia es muy significativa, por lo tanto, se rechaza la primera hipótesis.
- Los resultados que se encontraron en la investigación muestran niveles aceptables en su función como sumideros de carbono, entre especies la que predomina con mayor cantidad de carbono capturado es la alcachofa (*Cynara scolymus*) con una cantidad de 3,22 kgC, mientras que lo contrario sucedió con el ajo (*Allium sativum*) con un valor de 1,97 kgC.
- La relación existente entre asociación y especie está directamente afín ya que las especies en si suman una cantidad importante y considerable, además es importante resaltar que el tipo de práctica agrícola en nuestro caso es de una actividad sustentable, es decir se cultiva en asociación y con prácticas agroecológicas, englobando una agricultura familiar.
- La cantidad de CO₂ que se obtuvo reflejan valores significativos, pues nuestro país no está dentro de la lista de los mayores generadores de CO₂, y a nivel local según datos del Informe de Calidad Aire Cuenca 2016 por (Parra, 2016), los niveles de CO₂ superaban los niveles permisibles, es decir 2,5 t de dióxido de carbono, considerando este proceso natural (fotosíntesis) puede reducir hasta los 2 t de dióxido de carbono, que son los niveles permisibles según la normativa.
- La práctica de asociación de cultivos es un tipo de contribución al ambiente, ya que además de ser un sustento económico y que puede realizarse en un espacio pequeño, con

una práctica de carácter sustentable que no daña ni disminuye la capacidad del suelo, aporta a través de la generación de biomasa, capturando carbono del ambiente, por lo tanto, se acepta la segunda hipótesis de la investigación.

- El sistema hortícola como sumidero de carbono frente a otro tipo de cultivos perennes y anuales, capta una cantidad significativa, según el (AQUAE, 2016) un árbol de aproximadamente 20 años absorbe de 10Kg a 30 Kg de CO₂ al año frente a los resultados obtenidos en esta investigación comparando con la especie de mayor absorción que es la alcachofa capta 12,13Kg, lo que demuestra que este tipo de sistema si aporta de manera importante al Cambio climático.

10.2 Recomendaciones

- Al ser una agricultura sostenible y de fácil aplicación según (Almada et al., 2014) es importante resaltar su eficiencia económica y su aporte ambiental, al ser de ciclo corto y pertenecer a las plantas C4 deben ser considerados como una importante herramienta de remediación ambiental.
- Es importante que se realicen estudios encaminados a considerar estas especies hortícolas como sumideros de carbono sobre todo en especies que se cultivan con prácticas amigables con el ambiente encabezado por instituciones gubernamentales competentes como el MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca conjuntamente con los Gobiernos descentralizados del cantón Cuenca.
- Es necesario que se incentive a la población en general a realizar este tipo de cultivos, siempre y cuando se practique una agricultura amigable con el ambiente, dando a conocer la importancia y su aporte como sumideros de carbono.

- Otra importante recomendación es realizar este análisis mediante otro método como el utilizado en la ciudad de Murcia mediante la utilización de un analizador de carbono, pues permitirá conocer la efectividad de los resultados que se obtuvieron en nuestro estudio que ayudara a generar información para posteriores estudios.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda realizar más análisis principalmente en suelo, ya que no existen estudios enfocados a suelos como sumidero de carbono de los sistemas hortícolas.
- Como se ha visto que los resultados si tiene un valor significativo frente a otro tipo de cultivo perenne, se recomienda profundizar, cuáles son las especies hortícolas de mayor absorción, ya que además de ser captadores de CO₂, prestan otros servicios ambientales, como, por ejemplo, sirven como alimento.

11 Referencias

- Acosta, M., Quednow, K., Etchevers, J., & Monreal, C. (2001). Un metodo para la medicion del carbono almacenado en la parte aerea de sistemas con vegetacion natural e inducida en terrenos de ladera en Mexico, 1–11.
- Almada, F., Alpizar, K., Ávalos, I., Campos, A., Chavarría, H., García, M., ... Rodríguez, A. (2014). *Gestión de riesgos de la Agricultura familiar en ACL*. Retrieved from <http://repiica.iica.int/docs/b3705e/b3705e.pdf>
- Alonso, F., & Carrasco, J. (1998). LA DINAMICA URBANA EN ESPAÑA. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/407/40726731007.pdf>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2012). Diseños Agroecológicos para Potenciar el Control Biológico de Plagas.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2013). AGROECOLOGIA POTENCIANDO LA AGRICULTURA CAMPESINA PARA REVERTIR EL HAMBRE Y LA INSEGURIDAD ALIMENTARIA EN EL MUNDO.pdf.
- Altieri, M., & Nichols, C. (2013). Agroecologia: Potenciando la Agricultura Campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. Retrieved from <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2011/02/20110210093926617.pdf>
- AQUAE, F. (2016). Los árboles son los pulmones del planeta.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista*

Cedamaz, 4(1), 45–52.

Bromhead, M. (2011). Generalizando la evaluación del balance de carbono en Agricultura Una herramienta para medir el balance de Carbono. Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/templates/ex_act/pdf/Policy_briefs/Policy_brief_ES_mainstreaming.pdf

CANSO, C. A. y S. G. (2011). Agricultura familiar agroecológica campesina en la comunidad andina. Retrieved from http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/2011610181827revista_agroecologia.pdf

Cargua, Y. M. (2013). *RESPUESTA DE LA CEBOLLA PERLA (Allium cepa L.) A CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA Y DOS LÁMINAS DE RIEGO. ASCÁZUBI, PICHINCHA.*

Carrera Bastidas, J. V. (2015). Respuesta agronómica del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*) a la aplicación de abonos orgánicos. *Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi*, 63. Retrieved from <http://181.112.224.103/handle/27000/3546>

Carvajal, M. (2015). INVESTIGACIÓN SOBRE LA ABSORCIÓN DE CO₂ POR LOS CULTIVOS MÁS REPRESENTATIVOS. Retrieved from http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf

CENSO. (2010). CENSO 2010 POBLACION Y VIVIENDA. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Memorias/memorias_censo_2010.pdf

CEPAL. (2014). *Panorama Social*. Retrieved from https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37626/S1420729_es.pdf

- CEPAL. (2018). Estimación del gasto en protección ambiental en Costa Rica. Retrieved from https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43327/1/S1800017_es.pdf
- CMNUCC. (1992). Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, 62301. Retrieved from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). (2016). Las lluvias escasas aumentan la liberación de CO₂ a la atmósfera en los ecosistemas semiáridos. Retrieved from http://www.csic.es/buscar?p_p_state=maximized&p_p_lifecycle=1&_contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_struts_action=%2Fcontentviewer%2Fview&p_p_id=contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet&_contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_nodeRef=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fbb87e4aa-7319-40eb-a8fd-4127bb8cb167&p_p_mode=view&contentType=news
- DAGPA, D. de A. G. P. A. y M. N. (1984). DISPOSICIONES, 1–6. Retrieved from https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/diversificacion/decreto872012decataluna_tcm30-290640.pdf
- DARP, Departamento de Agricultura, Ganadería, P. y A. (1984). Generalidades de Cataluña.
- Durán, K., & Jerves, A. P. (2015). “Expansión Urbana de San Joaquín: 1990- 2012,” 1–93. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22453>
- Echarri, L. (2009). Contaminación de la atmósfera, Cambio climático y efecto invernadero. In *CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE*.
- EPA, A. de P. A. de E. U. (2014). SUMIDEROS DE CARBONO:¿QUÉ SON?¿QUÉ PAPEL JUEGAN EN RELACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO? Retrieved from

<http://www.adaptaclima.eu/sumideros-de-carbono-que-son-que-papel-juegan-en-relacion-al-cambio-climatico/>

Estevez, R. (2010). Manual Practico de planteamiento Urbanistico. Retrieved from <https://www.casadellibro.com/libro-manual-practico-de-planeamiento-urbanistico/9788498360486/1086244>

FAO. (2001). Producción de hortalizas MDRyT re, [M M At A. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-as972s.pdf>

FAO. (2002). *No EL ESTADO LA AGRICULTURA Y MUNDIAL DE LA ALIMENTACIÓN.*

FAO. (2009). *El estado Mundial de la Agricultura y la Alimentacion.*

FAO. (2014). 2014 Año Internacional de la Agricultura Familiar. Retrieved May 25, 2018, from <http://www.fao.org/family-farming-2014/home/what-is-family-farming/es/>

FAO & CAF. (2012). Ecuador, Nota de Analisis Sectorial, Agricultura y Desarrollo Rural, (INFORME), 67. Retrieved from <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak168s/ak168s00.pdf>

FEMP, F. E. de M. y P. (2012). Los Sumideros De Carbono a Nivel Local, 20. Retrieved from <http://www.femp.es/file/manualpdf>

Fernández, J. (2016). CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Trabajo Experimental previo a la obtención del título de : Ingeniero Ambiental TEMA : AGRICULTURA URBANA Y SU APOORTE CONTRA EL SALESIANA SEDE CUENCA AUTOR : JOSÉ VICENTE FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ FREDI PORTILLA FARFÁN , PhD.

Fernandez, M. E. (2013). EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO EN LA AGRICULTURA,

I(1), 1–2. <https://doi.org/10.4081/ija.2015.10.s1.689>

Flores, M. P. (2013). Evaluacion de la captura de carbono en tres sistemas de produccion de papa.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES.

Gliessman, S. (1998). *Agroecologia procesos ecológicos en agricultura sostenible.*

<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Gutierrez, R. (2008). Papas nativas desafiando al cambio climático Papas nativas desafiando al cambio climático, *I*.

Hernández Puig, S. (2016). El periurbano, un espacio estratégico de oportunidad. *Revista*

Bibliografica de Geografía y Ciencias Sociales, 21, 742–798. Retrieved from www.ub.edu/geocrit/b3w-1160.pdf

HIVOS, latin A. (2018). Agroecologia. Retrieved from

<https://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/BVE17089182e.pdf>

IICA. (2016). La agricultura familiar en las Américas : la cooperación técnica del IICA.

INEC. (2017). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2013. *Dirección De*

Estadísticas Agropecuarias Y Ambientales, 23. <https://doi.org/10.4206/agrosur.1974.v2n2-09>

IPCC. (1992). Segundo informe - IPCC. Retrieved from [https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-](https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-sp.pdf)

[1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-sp.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-sp.pdf)

IPCC. (2001). Cambio climático 2001 : Mitigación Resúmenes del Grupo de Trabajo III.

- IPCC. (2014). *Informe de síntesis de CAMBIO CLIMATICO*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Jimenez, P., & Landeta, J. (2009). El estudio de casos como metodología de investigación científica, (May 2014).
- Jones, P., & Thornton, P. (2003). The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055, *Global Environmental Change*.
- MAE. (2007). Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007 - 2016. *Políticas y Plan Estratégico Del Sistema Nacional de Áreas Protegidas Del Ecuador 2007 - 2016.*, 38. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- MAG, M. de A. y G. (2010). ASPECTOS GENERALES DE LAS HORTALIZAS, COSTA RICA. Retrieved from http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/huerta_tema-I.pdf
- Maletta, H. (2011). Tendencias y perspectivas de la agricultura familiar en América Latina.
- Martinez, Julia., & Fernandez, Adrian. (2007). *Cambio climatico una vision desde Mexico*. *Journal of Experimental Psychology: General* (Vol. 136).
- Matxinga. (2012). Educación para el desarrollo sostenible. Retrieved from <http://matxinga2013.blogspot.com/>
- McKinley, G. (2018). Carbono y El Clima. Retrieved November 21, 2018, from https://galenmckinley.github.io/CarbonCycle_Spanish/
- MIDUVI, (Secretaria de Habitat y Asentamientos Humanos). (2017). Habitat 3 informe de las naciones unidas y Vivienda.

Montero, E. G. (2015). SISTEMA DE MITIGACIÓN A LA EDWIN GABRIEL MONTEROS VARELA QUITO-ECUADOR.

Montes, J. L., Pérez, R. J. L., Parajon, L. L., Reyes, R. P., Gutierrez, S. B., & Abarca, M. G. (2009). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de Repollo (*Brassica oleracea* var *capitata*). *Centro Agrícola Cantonal de Tarrazú*, 52. Retrieved from <http://cep.unep.org/repcarUNIDAD/capacitacion-y-concienciacion/upoli/publicaciones-upoli/Manual de BPA en Repollo.pdf>

Montoya, M., Zapata, P., & Correa, M. (2013). Contaminación ambiental por PM 10 dentro y fuera del domicilio y capacidad respiratoria en Puerto Nare, Colombia, *15*(1), 103–115.

Motoyuki, S., Naohiro, G., & Akiyoshi, S. (1993). Simplified dynamic model on carbon exchange between atmosphere and terrestrial ecosystems.

OMM, O. M. de M. (2018). Vol. 67(2) - 2018 - Cambio climático: ciencia y soluciones, 67(2).

Parra, R. (2016). Informe de Calidad Aire Cuenca 2016.

PBHF, M. P. la P. y V. de F. y H. (2014). Índice temático hortalizas. Retrieved from <http://www.fao.org/3/y4893s/y4893s00.htm>

PDYOT. (2015). Diagnóstico de la actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2015. Retrieved from <http://gadsanjoaquin.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/PDYOT-San-Joaquin.pdf>

Pinos, N. (2016). Prospective land use and vegetation cover on land management - Case canton Cuenca. *Estoa*, 5(9), 7–19. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>

- Polanco, L. (2000). Tendencias recientes y notas preliminares sobre perspectivas de las raíces y tubérculos en América Latina y El Caribe.
- Prause, J., & Soler, J. (2001). CAMBIOS PRODUCIDOS EN UN SUELO BAJO LABRANZA CONSERVACIONISTA Y SIEMBRA DIRECTA DE ALGODÓN EN EL CHACO, ARGENTINA. Retrieved from https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072001000400016
- Quito, K. (2018). Evaluación del volumen de captura de carbono en la chakra andina en tres pisos altitudinales en la parroquia San Miguel de Porotos, provincia del Cañar y su aporte al efecto invernadero.
- Reyes, I., & Gutiérrez, J. J. (2010). *LOS SERVICIOS AMBIENTALES DE LA ARBORIZACIÓN URBANA: RETOS Y APORTES PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA CIUDAD DE TOLUCA*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/401/40113202009.pdf>
- Robert, M. (2002). CAPTURA DE CARBONO EN LOS SUELOS PARA UN MEJOR MANEJO DE LA TIERRA. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>
- Roset, M., & Martínez, M. E. (2015). Agroecología, territorio, recampesinización y movimientos sociales Agroecology, territory, re-peasantization and social movements. Retrieved from http://www.landaction.org/IMG/pdf/rosset_y_martinez_torres-agroecologia_y_movimientos_sociales.pdf
- Rozano, V., Guevara, L. De, Santiago, C. Q., Carlos, J., Pulido, A., Adrián, L., ... Ramírez, Q. (2004). Hortalizas, las llaves de la energía.
- Rugnitz, M., Leon, C., & Porro, R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas

propiedades rurales. Retrieved from
http://www.katoombagroup.org/documents/tools/ICRAF_GuiaDeterminacionCarbono_esp.pdf

Sagan, C. (2010). Ciclo del carbono y cambio climático. Retrieved from
<https://lacienciaysusdemonios.com/2010/12/21/ciclo-del-carbono-y-cambio-climatico/>

Schneider, W., Körkel, J., & Weinert, F. E. (1989). Domain-Specific Knowledge and Memory Performance: A Comparison of High- and Low-Aptitude Children. *Journal of Educational Psychology, 81*(3), 306–312. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.81.3.306>

Smith, A., Quesnay, F., & Malthus, R. (1998). Agroecología.

Sotelo, A. (2014). Cátedra de Fisiología Vegetal Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y.

Tebruegge, F. (2000). Surviving the Century: Facing Climate Chaos and Other Global Challenges.

Tello, J. C., Altieri, M. A., Astier, M., España, V., Kessler, F., & Morales, J. (2009). LA SOBERANÍA ALIMENTARIA: CULTIVANDO NUEVAS ALIANZAS ENTRE CAMPO, BOSQUE Y CIUDAD.

Tubiello. (2000). Effects of climate change and elevated CO₂ on cropping systems:... Retrieved November 8, 2018, from <https://pubs.giss.nasa.gov/abs/tu07000g.html>

UICN, U. I. para la C. de la N. (2015). Los suelos del mundo almacenan más carbono que la biomasa del planeta y la atmósfera combinadas | Mercados de Medio Ambiente. Retrieved June 20, 2018, from <http://www.mercadosdemedioambiente.com/actualidad/los-suelos-del-mundo-almacenan-mas-carbono-que-la-biomasa-del-planeta-y-la-atmosfera-combinadas/>

UNODC, O. de las N. U. contra la D. y el D. (2017). El cultivo de las hortalizas.

Valenzuela, M. (1986). IX Coloquio-1986.pdf.

Valera, V. C. N. (2014). Valoración económica del secuestro del carbono en un sector del Parque Nacional Waraira Repano (Caracas, Venezuela), *14*, 241–264.

12 ANEXOS

Anexo 1. Base de datos. Tabla de Valores de pesos (promedio de 3 repeticiones)

Datos De Campo		Peso Verde (Kg)	Peso Seco (Kg)
Asociación 1	Zanahoria	0,211	0,0234
	Ajo	0,274	0,0278
	Brócoli	0,233	0,0219
	Remolacha	0,248	0,0181
Asociación 2	Lechuga Repollo	0,221	0,0141
	Cebolla	0,283	0,0175
	Nabo	0,401	0,0200
Asociación 3	Lechuga Ceda	0,267	0,0148
	Col Brusela	0,315	0,0138
	Nabo de Chakra	0,282	0,0251
Asociación 4	Papa	0,421	0,0256
	Rábano	0,214	0,0194
	Perejil	0,201	0,0157
	Cilantro	0,231	0,0138
Asociación 5	Espinaca	0,323	0,0178
	Alcachofa	0,824	0,0255
	Col Kale	0,218	0,0135
Asociación 6	Col morada	0,378	0,0165
	Col de repollo	0,551	0,0235
	Apio	0,392	0,0187

Anexo 2. Datos de materia seca por especie y por asociación

Espece Hortícola	Biomasa (Kg)/espece	No Asociación	Biomasa (Kg/asociación)
Zanahoria	1,8003	Asociación 1	8,6421
Ajo	1,9712		
Brócoli	2,1317		
Remolacha	2,7388		
Lechuga Repollo	3,1303	Asociación 2	10,3773
Cebolla	3,2269		
Nabo	4,0201		
Lechuga Ceda	3,6032	Asociación 3	10,4185
Col Brusela	4,5718		
Nabo de Chakra	2,2434		
Papa	3,2865	Asociación 4	11,3960
Rábano	2,2028		
Perejil	2,5540		
Cilantro	3,3527		
Espinaca	3,6231	Asociación 5	13,3199
Alcachofa	6,4552		
Col Kale	3,2416		
Col morada	4,5735	Asociación 6	13,4721
Col de repollo	4,6994		
Apio	4,1993		

Anexo 3. Cantidad total de Carbono y dióxido de carbono por especie hortícola.

Especie hortícola	Cantidad de Carbono (Kg)	Carbono t	CO ₂ (t)	CO ₂ (Kg)
Zanahoria	0,9002	0,00090	0,00338	3,38464
Ajo	0,9856	0,00099	0,00371	3,70590
Brócoli	1,0659	0,00107	0,00401	4,00769
Remolacha	1,3694	0,00137	0,00515	5,14898
Lechuga	1,5652	0,00157	0,00588	5,88499
Repollo				
Cebolla	1,6135	0,00161	0,00607	6,06659
Nabo	2,0100	0,00201	0,00756	7,55769
Lechuga Ceda	1,8016	0,00180	0,00677	6,77409
Col Brusela	2,2859	0,00229	0,00860	8,59507
Nabo de Chakra	1,1217	0,00112	0,00422	4,21766
Papa	1,6432	0,00164	0,00618	6,17861
Rábano	1,1014	0,00110	0,00414	4,14122
Perejil	1,2770	0,00128	0,00480	4,80152
Cilantro	1,6763	0,00168	0,00630	6,30305
Espinaca	1,8116	0,00181	0,00681	6,81144
Alcachofa	3,2276	0,00323	0,01214	12,13568
Col Kale	1,6208	0,00162	0,00609	6,09428
Col morada	2,2868	0,00229	0,00860	8,59819
Col de repollo	2,3497	0,00235	0,00883	8,83480
Apio	2,0996	0,00210	0,00789	7,89459
Total		30,71		127,13667

Anexo 4. Cantidad total de Carbono y dióxido de carbono por asociación.

No Asociación	Cantidad de C (t/asociación)	Cantidad de C (Kg/asociación)	CO2 (Kg)	CO2 (t)
Asociacion1	0,00864	4,3211	16,2472	0,0162
Asociacion2	0,01038	5,1886	19,5093	0,0195
Asociacion3	0,01042	5,2093	19,5868	0,0196
Asociacion4	0,01140	5,6980	21,4244	0,0214
Asociacion5	0,01332	6,6599	25,0414	0,0250
Asociacion6	0,01347	6,7361	25,3276	0,0253

Anexo 5. Cantidad de Materia seca por especie hortícola y por asociación

Hortaliza	MS (Kg)	MS (T)	%MS	No Asociación	Biomasa (Kg)	%Biomasa
Zanahoria	0,11	0,00011	11,11	Asociacion1	4,3211	37,77
Ajo	0,10	0,00010	10,15			
Brócoli	0,09	0,00009	9,38			
Remolacha	0,07	0,00007	7,30			
Lechuga R	0,06	0,00006	6,39	Asociacion2	5,1886	30,90
Cebolla	0,06	0,00006	6,20			
Nabo	0,04	0,00004	3,73			
Lechuga S	0,03	0,00003	3,30	Asociacion3	5,2093	49,13
Col B	0,15	0,00015	14,85			

Nabo Ch	0,05	0,00005	5,37			
Papa	0,06	0,00006	6,09	Asociacion4	5,6980	27,96
Rábano	0,09	0,00009	9,08			
Perejil	0,08	0,00008	7,83			
Cilantro	0,06	0,00006	5,97			
Espinaca	0,06	0,00006	5,52	Asociacion5	6,6599	33,76
Alcachofa	0,06	0,00006	5,53			
Col K	0,06	0,00006	6,17			
Col M	0,04	0,00004	4,37	Asociacion6	3,6361	26,64
Col R	0,04	0,00004	4,26			
Apio	0,05	0,00005	4,76			

Anexo 6. Comparación de peso verde entre las hortalizas cultivadas en Murcia y las sembradas
en San Joaquín

Especie hortícola	Peso Verde Murcia (Kg)	Peso Verde San Joaquín (Kg)
Lechuga	0,211	0,282
Nabo Cogollo	0,089	0,401
Brócoli	0,175	0,233
Alcachofa	0,598	0,824

Foto 1. Fase de campo. Delimitación de Asociación



Foto 2. Toma de muestras, asociación uno



Foto 3. Asociación dos



Foto 4. Asociación tres



Foto 5. Asociación cuatro



Foto 6. Asociación cinco



Foto 7. Asociación seis

