

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA AMBIENTAL**

Trabajo Experimental:

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS
CONTAMINANTES Y BACTERIAS PATÓGENAS PRESENTES EN
UN SISTEMA DE AGRICULTURA URBANA COMPUESTO POR
HORTALIZAS, IMPLEMENTADO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE
CUENCA**

**AUTORA:
CAROLINA ESTEFANÍA MORA ÁLVAREZ**

**TUTOR:
DR. FREDI PORTILLA FARFÁN, PhD**

**Cuenca - Ecuador
2017**

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Carolina Estefanía Mora Álvarez, con documento de identidad N° 0104349576, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS CONTAMINANTES Y BACTERIAS PATÓGENAS PRESENTES EN UN SISTEMA DE AGRICULTURA URBANA COMPUESTO POR HORTALIZAS, IMPLEMENTADO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE 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 autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento de la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Octubre del 2017



Carolina Estefanía Mora Álvarez

0104349576

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:
“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS CONTAMINANTES Y BACTERIAS PATÓGENAS PRESENTES EN UN SISTEMA DE AGRICULTURA URBANA COMPUESTO POR HORTALIZAS, IMPLEMENTADO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA”, realizado por CAROLINA ESTEFANÍA MORA ALVAREZ, obteniendo el “Trabajo Experimental” que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Octubre del 2017



Fredi Rortilla Farfán, PhD

0102824331

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Carolina Estefanía Mora Álvarez, con número de cédula: 0104349576 autor del trabajo de titulación “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS CONTAMINANTES Y BACTERIAS PATÓGENAS PRESENTES EN UN SISTEMA DE AGRICULTURA URBANA COMPUESTO POR HORTALIZAS, IMPLEMENTADO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA”, certifico que el total contenido del Trabajo Experimental es de mi exclusiva responsabilidad y Auditoría.

Cuenca, Octubre de 2017



Carolina Estefanía Mora Álvarez
010434957-6

AGRADECIMIENTO

Gracia a Dios por permitirme culminar este gran logro, por llenarme de salud, vida y bendiciones que han sido la razón por la cual estoy aquí finalizando una de las mejores etapas de mi vida.

A mis padres, hermano y familia quienes me han apoyado en cada momento, no ha sido fácil el camino pero gracias a sus aportes, bondad y amor incondicional, lo arduo de llegar hasta esta meta, se ha notado menos.

A las personas que de una u otra manera han sido clave en mi vida tanto fuera como dentro de la universidad, por su apoyo y aliento en todo momento por ser parte de este trayecto, del cual me he quedado con grandes amistades.

A mi director de tesis Fredi Portilla Farfán, PhD mi más sincero agradecimiento, por su tiempo, paciencia, motivación y guía que me han permitido poder culminar con este proyecto de grado.

Carolina M.

DEDICATORIA

A Dios quien ha sabido guiarme por el buen camino, darme fortaleza y ganas de luchar, ya que sin él no sería posible este gran logro de mi vida.

A mis Padres y hermano, principalmente a mi madre quienes han estado constantemente apoyándome y alentándome, han sido mis principales motores en mi vida universitaria gracias a su esfuerzo, paciencia y constantes lucha.

A mi hija en especial por ser el pilar principal y más fuerte en mi vida por ella he llegado hasta aquí con perseverancia.

Carolina M.

RESUMEN

La investigación plantea la creación de un cultivo urbano (CU) localizado en el centro histórico de Cuenca. La siembra se realiza en contenedores de polietileno y se compone de brócoli, lechuga híbrida, lechuga de repollo y col. El objetivo es determinar la biomasa, cantidad de Plomo (Pb), recuento de coliformes y el nivel de captura de Carbono (C) del cultivo.

La metodología incluyó la determinación del nivel de Pb mediante Absorción Atómica; el conteo de Coliformes mediante placas de Petrifilm y el nivel de C se obtuvo de la biomasa.

El nivel de Pb encontrado en el cultivo es superior al determinado por la Normativa Europea, por lo que el consumo humano de la cosecha no está recomendado; sin embargo, el conteo de coliformes no alcanzó significancia. Se determinó que la lechuga repollo logro niveles superiores de captura de C (306,058 C/Kg) en relación a las hortalizas restantes.

Palabras Clave: contaminación de cultivos urbanos, captura de carbono, espectrometría de absorción atómica, medición de plomo.

ABSTRACT

The investigation proposes the creation of a urban crop (UC) located at historical downtown of Cuenca. The sowing is made in polyethylene containers and it is compounded by broccoli, hybrid lettuce, cabbage lettuce and cabbage. The objective is to determine the biomass, amount of plumb (Pb), coliforms coun and carbon capture level of the crop.

The methodology included the level determination of Pb through Atomic Absorption, the Coliforms count by means of Petrifilm plates and the C level was obtained from the biomass.

The Pb level found in the crop is higher than the one defined by the European Normative, whereby the human consumption is not recommended, however the Coliforms count did not reached significance. It was established that cabbage lettuce achieved higher levels of C capture (306,058 C/Kg) regarding to the rest vegetables.

Keywords: Urban Crop Pollution, Carbon Capture, Atomic Absorption Spectrometry, Lead Measurement.

ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	2
CERTIFICACIÓN	3
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	4
AGRADECIMIENTO	5
DEDICATORIA	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
ÍNDICE GENERAL	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS	12
ÍNDICE DE FOTOGRAFICO	14
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Problema	15
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo General	16
1.2.2. Objetivos específicos	16
1.3. Fundamentación Teórica	17
1.3.1. Agricultura Urbana (AU)	17

1.3.2.	Contaminación de la urbe y el suelo urbano	30
1.3.3.	Sumideros de Carbono	34
1.3.4.	Contaminación microbiológica de cultivos.....	35
1.3.5.	Cambio climático y Agricultura Urbana	37
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS		43
2.1.	Fase de Campo.....	43
2.1.1.	Cultivo en el Centro Histórico	43
2.1.2.	Cultivo en Jardines de la UPS.....	49
2.2.	Fase Experimental.....	53
2.2.1.	Cultivo Centro histórico.....	54
2.2.2.	Cultivo en Jardines UPS	69
CAPITULO 3. RESULTADOS		75
3.1.	Comparación del crecimiento de los productos del cultivo	77
3.2.	Comparación de la Captura de Carbono	78
3.3.	Comparación de la Concentración de Plomo (Pb).....	79
3.1.	Comparación del análisis microbiológico.....	81
3.4.	Inferencia del impacto ambiental de la agricultura urbana en la lucha contra el cambio climático.....	81
DISCUSIÓN		83
CONCLUSIONES		87

RECOMENDACIONES.....	88
BIBLIOGRAFÍA	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: especies cultivadas en los proyectos AGRUPAR y PAU Cuenca	20
Tabla 2: contaminantes predominantes en suelo urbano	32
Tabla 3: extracto de la orientación metodológica para actividades destinadas a reducir la deforestación y degradación forestal	39
Tabla 4: Acuerdos destacados COP 21 y COP 22	41
Tabla 5: materiales de propagación Cultivo Centro Histórico	44
Tabla 6: datos de distribución de cultivos	47
Tabla 7: materiales de propagación cultivo Jardines UPS.....	50
Tabla 8: crecimiento de vegetales (14 semanas) (contenedores).....	55
Tabla 9: Peso en fresco por tratamiento (contenedores).....	58
Tabla 10: pesos en seco de la muestra (contenedores)	59
Tabla 11: resultados materia seca de la muestra (contenedores)	59
Tabla 12: Cantidad de Carbono en Kg y Tn (contenedores)	60
Tabla 13: Total de col. E.coli.....	68
Tabla 14: crecimiento de vegetales Jardines UPS	70
Tabla 15: promedio de pesos en fresco por tipo de cultivo (Jardines UPS)	71
Tabla 16: pesos en seco de la muestra (Jardines UPS).....	72
Tabla 17: resultados materia seca de la muestra (Jardines UPS).....	73

Tabla 18: Cantidad de Carbono en Kg y Tn (Jardines UPS).....	74
Tabla 19: Cultivos comparados	75
Tabla 20: comparación del crecimiento.....	77
Tabla 21: comparación del secuestro de carbono	78
Tabla 22: comparación de la concentración de plomo.	79
Tabla 23: comparación del análisis microbiológico.	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: ubicación del Huerto Urbano	43
Figura 2: distribución de bloques y tratamientos.....	46
Figura 3: preparación y uso de plaguicida orgánico	48
Figura 4: ubicación del Huerto Urbano UPS	49
Figura 5: distribución de bloques y tratamientos.....	52
Figura 6: procesos de la fase experimental.....	53
Figura 7: incremento de la altura en función del tiempo (contenedores)	55
Figura 8: Determinación de la captura de carbono	57
Figura 9: secuestro de carbono en la muestra (contenedores)	61
Figura 10: análisis microbiológico paso1	65
Figura 11: análisis microbiológico paso 2	66
Figura 12: análisis microbiológico paso 3	66
Figura 13: análisis microbiológico paso 4	67
Figura 14: análisis microbiológico paso 5	67
Figura 15: total E.coli	69

Figura 16: incremento de la altura en función del tiempo Jardines UPS.....	70
Figura 17: secuestro de carbono en la muestra (Jardines UPS).....	74
Figura 18: comparación del C secuestrado	78
Figura 19: comparación de las concentraciones de plomo	80

ÍNDICE DE FOTOGRAFICO

Fotografía 1: plántulas escogidas para la siembra	44
Fotografía 2: preparación del suelo en contenedores.....	45
Fotografía 3: distribución del cultivo urbano	46
Fotografía 4: siembra de plántulas y colocación de malla repelente de aves	51
Fotografía 5: medición vegetal de cultivos.....	54
Fotografía 6: muestras en fresco para plomo.....	62
Fotografía 7: secado en estufa	62
Fotografía 8: muestra triturada para plomo	63
Fotografía 9: cámara de flujo laminar	63
Fotografía 10: paso a tubos eppendorf.....	64

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1.Problema

Dentro de la ciudad de Cuenca, el medio ambiente y sus suelos se han visto contaminados por la calidad del suelo y aire derivados de las necesidades de transporte, comunicación y en general por el ritmo de vida de una urbe.

La ocupación de los suelos urbanos para comercio y vivienda, ha dejado de lado las actividades de agricultura, siendo desplazadas a zonas rurales. Sin embargo, ¿Qué sucede con los huertos urbanos que aún sobreviven?

Un estudio presentado por Fernández (2016), en un huerto urbano ubicado en los parqueaderos de la Universidad Politécnica Salesiana, con sede en Cuenca, mostró niveles de plomo no aptos para el consumo del ser humano en muestras de brócoli y coliflor; por ello nos preguntamos, ¿Son los espacios del centro histórico de Cuenca, aptos para el cultivo de hortalizas? ¿Los niveles de contaminación ambiental presentes, influyen en la calidad de la cosecha?

El estudio plantea la búsqueda de elementos contaminantes y dos tipos de bacterias patógenas, E. coli y coliformes, en un sistema de agricultura urbana que se implementó en el centro histórico de Cuenca, dado que los huertos urbanos, allí ubicados, pueden ser sensibles a la contaminación por la emisiones de gases contaminantes provienen de la población automotriz, que en la ciudad está alcanzando niveles alarmantes, llegando a ser sus cosechas, no aptas para el consumo humano.

Los resultados encontrados benefician a la ciudadanía, pues metales como el bismuto, plomo, mercurio y cadmio son considerados altamente tóxicos para el ser humano. La información beneficiará a los entes estatales y académicos, en cuanto sean capaces de tomar esta información como base de estudios más profundos y masivos.

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Determinar la concentración de elementos contaminantes y dos tipos de bacterias patógenas (Coliformes y *Escherichia coli*), presentes en un sistema de agricultura urbana compuesto por brócoli (*Brassica oleracea italica*), lechuga híbrida (*Lactuca sativa crispa*), lechuga de repollo (*Lactuca sativa capitata*) y col (*Brassica viridis*), implementado en el centro histórico de Cuenca.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Analizar en base a los resultados, la concentración de plomo en las hortalizas cultivadas.
2. Realizar un análisis microbiológico que permita la determinación de Coliformes y *Escherichia coli* en el cultivo.
3. Comparar el nivel de concentración de plomo en el cultivo urbano del centro histórico de Cuenca, versus los obtenidos en los cultivos de jardines dentro de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
4. Determinar la captura de carbono en la biomasa de hortalizas.

1.3.Fundamentación Teórica

1.3.1. Agricultura Urbana (AU)

La agricultura urbana está pensada para generar un paréntesis verde, en medio de la congestión de las ciudades. Abarca beneficios para la comunidad en cuanto a aspectos de sostenibilidad, económicos y por supuesto de salud de quienes consumen estas cosechas.

La agricultura urbana está definida como:

“Actividad que incluye la producción o transformación inocua, de productos agrícolas y pecuarios en zonas intra y peri urbanas, para autoconsumo o comercialización, (re) aprovechando eficiente y sostenible de recursos e insumos locales, respetando los saberes y conocimientos locales y promoviendo la equidad de género a través del uso y coexistencia de tecnologías apropiadas y procesos participativos para la mejora de la calidad de vida de la población urbana y la gestión urbana social y ambiental sustentable de las ciudades” (CONQUITO, 2015)

La AU es capaz de proporcionar diferentes tipos de cultivos, como hortalizas, frutales, tubérculos, granos, plantas aromáticas y ornamentales. También comprende la cría de ciertas especies de animales a baja escala, incluida la acuicultura, en terrazas, pequeños huertos, macetas, etc. (Arosemena, 2012)

Un punto importante para la definición de la AU, es la localización o distancia a la que el cultivo se encuentra de la ciudad, por ello aparecen los términos: agricultura intraurbana, situada dentro del tejido urbano y la agricultura periurbana, que se encuentra

dentro de la zona de influencia de una ciudad pero fuera del tejido urbano, sin embargo, la funcionalidad y resultados de ambos tipos es similar.

Un cultivo será considerado dentro de la AU si se encuentra ubicado en las periferias de la zona urbana o se ubica en zonas urbanas muy pobladas con suelos de cultivo limitados y fraccionados o en cultivos en contenedores ubicados en edificaciones urbanas donde no existe suelo de cultivo (Arosemena, 2012).

1.3.1.1. Ventajas de Agricultura Urbana

La AU se vincula con la ciudad desde el punto de vista ecológico ya que, además del aprovechamiento de espacio, contribuye al reciclaje de aguas residuales tratadas para riego. Los desechos orgánicos de origen biológico pueden ser tratados y utilizados como fertilizante.

Otro aporte a la ecología se refleja en el proyecto “Azoteas Verdes” propuesto por el biólogo mexicano Jerónimo Reyes, cuyo propósito es el aumento de zonas verdes dentro de las ciudades con la plantación de especies resistentes a sequias, como es el caso de las suculentas, que contribuyen a la regulación de la temperatura, aumentan la producción de oxígeno y captan bióxido de carbono (UNAM, 2015).

La AU tiene también ventajas en aspectos sociales, mejorando la calidad de vida de los habitantes urbanos de bajos recursos, que incrementan sus ingresos y mejoran la calidad alimenticia de su dieta, como es el caso de la organización AGRUPAR de la ciudad de Quito, donde se apoya con capacitación, semillas, plántulas y recursos a grupos de hasta seis personas que quieran practicar la agricultura urbana para reducir la malnutrición y generar ingreso (CONQUITO, 2015).

1.3.1.2. Espacios para la Agricultura Urbana

El espacio destinado a la AU, debe cumplir ciertas condiciones de riego, acceso a la luz y aire además del trabajo de tratamiento del espacio y la cosecha (Cañón & Amaya, 2017).

Según Ramírez, et al (Ramírez, Gómez, & Calvo, 2007), los espacios de cosecha pueden clasificarse en:

- Áreas duras: espacio generalmente de cemento, ladrillo o materiales duros, donde se colocan los contenedores o recipientes de tamaño y profundidad adecuada, donde se ejercerá la actividad agrícola, los espacios donde se puede llevar a cabo esta actividad pueden ser terrazas, patios, tejados, etc.
- Áreas Blandas: espacio compuesto por tierra de cultivo en la cual se puede realizar una siembra directa. Dentro de las áreas urbanas estos suelos pueden ser naturales o degradados y pueden estar en jardines o lotes (Ramírez, Gómez, & Calvo, 2007).

La siembra puede ser directa o en almacigo, sin embargo se recomienda la siembra en semilleros y posterior trasplante, ya que facilita la optimización de riego, semillas, abonos y sustratos. Se recomienda que antes de la siembra se tome en cuenta la fecha del año, pues de este modo se podrá elegir el cultivo idóneo para la estación (Juárez, Collado, & López, 2016).

Sobre las condiciones climáticas del cultivo urbano, se puede concluir que la Agricultura urbana es accesible a diferentes tipos de climas, alturas y temperaturas. Gómez J. indica que es posible cultivar diferentes tipos de hortalizas, desde los 4300 metros de altura en Bolivia, hasta las zonas heladas del norte de Argentina, sin olvidar la costa tropical Ecuatoriana con alto porcentaje de humedad y temperatura (Gomez, 2014).

1.3.1.3. Tipos de Cultivo para la agricultura urbana

La determinación del cultivo idóneo para cada huerto es dependiente de diferentes variables como fecha de plantación, disponibilidad de luz y riego; así como el espacio disponible. Las variedades de col denominadas crucíferas incluyen la plantación de repollos, coliflores y col morada que necesitan un aproximado de 40 cm. Las lechugas necesitan similar espacio a una temperatura de hasta 18° C. La siembra de zanahorias y cebollas también están recomendadas y necesitan un espacio promedio de 25 cm (Fernández, 2016).

Dentro de los proyectos de agricultura urbana investigados como AGRUPAR o el Programa de agricultura urbana de Cuenca, se encuentran en cultivo, las siguientes especies:

Tabla 1: especies cultivadas en los proyectos AGRUPAR y PAU Cuenca

ESPECIES CULTIVADAS EN AU	
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Papa criolla	<i>Solanum phureja</i>
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>
Acelga	<i>Beta vulgaris</i>
Arveja	<i>Apium graveolens</i>
Brócoli	<i>Brassica oleracea itálica</i>
Cebolla morada	<i>Allium cepa</i>
Cebolla verde	<i>Allium fistulosum</i>
Culantro	<i>Coriandrum sativum</i>
lechuga hibrida	<i>Lactuca sativa crispa</i>
lechuga de repollo	<i>Lactuca sativa capitata</i>
Col	<i>Brassica viridis</i>
Coliflor	<i>Brassica oleracea</i>
Fresa	<i>Fragaria vesca</i>
Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>

Fuente: (ABITIERRA, 2000) (CONQUITO, 2015)

Elaboración: Carolina Mora.

A la lista anterior se debe sumar la variedad de plantas medicinales que se cultivan dentro de las zonas urbanas. En Bogotá, Colombia, Gómez, J. (2014) resalta el cultivo de

alrededor 60 especies en el marco de la AU, dentro de las cuales se produce lechuga, habas, acelga, y repollo (Gomez, 2014).

Los cultivos orgánicos de la Habana son de gran importancia para la alimentación de sus habitantes; las técnicas de cultivos han sido perfeccionadas y puestas al servicio de la comunidad; es así que para 2013 la Habana contaba con 97 *organopónicos* ubicados en terrenos vacíos, en las aceras y parques, puesto que es política de estado fomentar la producción agrícola urbana para cultivo. Los cultivos incluyen también 89000 patios y 5100 parcelas menores cultivadas por familias; se estima que al menos el 90% de las familias de la Habana está involucrada en algún tipo de cultivo. Algunas de las especies que se cultivan son las lechugas, acelga china, rábanos, col, remolachas, habichuelas, cebolla, pepinos, tomates, espinacas, pimientos además de condimentos y árboles frutales (FAO, 2017).

La FAO (2017) reporta que para 2012, la Ciudad de México alcanzó una producción de 100 millones de dólares. Las cosechas provenientes de distintas zonas incluyen al nopal, avena, papas, brócoli, amaranto, zanahoria, lechugas de distintos tipos, romerito, flor de noche buena, maíz, guisantes y distintos frutales.

Un caso a destacar es el de las islas Antigua y Barbuda, las importaciones de frutas y verduras, además del paso de un huracán en 2008, dejó a la isla con un problema de abastecimiento alimentario que puso la alerta para que el gobierno apoye y genere iniciativas para el cultivo urbano. Actualmente los huertos se ubican en casas y tienen una extensión que va desde el 1 m² hasta los 10 m² en donde se cultivan berenjenas, oca, tomates, zanahorias, cebollas, coles, lechugas, cebollín, variedad de pimientos picantes y tomillo (Organización Panamericana de Salud, 2015).

En distintas zonas de Europa la producción es dependiente de las estaciones, por ejemplo dentro del Jardín Botánico de Madrid, se cultiva un sinnúmero de especies que se tipifican como cultivos urbanos; dependientes de la estación se pueden encontrar en otoño, coles de repollo y coles moradas. En invierno puerros, nabos, rábanos, ajos, y cebollas. En primavera y verano se pueden encontrar cultivos de sandía, acelga, distintos tipos de lechugas, espárragos, morrones, berenjenas, melones, calabazas, y remolachas (Real Jardín Botánico de Madrid, 2017).

Por otro lado, Alemania reporta un incremento de Cultivos Urbanos y una disminución de los cultivos industriales, se estima que de la superficie dedicada a la agricultura, un 2% pertenece a los cultivos urbanos. Dependientes de la estación, en Alemania se cultivan mayormente cereales y verduras como calabacines, zanahorias, coles blancas, cebollas, remolacha colorada, hierbas medicinales y manzanas (Kabisch, 2015).

En Francia la agricultura urbana se produce mayormente al sur del país, con cultivos de papas, ajo, alcachofa, espárragos, remolacha, zanahoria, apio, coles, pepino, calabaza, chalotes, escarola, frijoles, melones, nabos, puerros, rábanos lechugas y tomates (Aubry & Kebir, 2013).

En China, son famosos los “*Community gardens*” y “*agro parks*”, promovidos por el gobierno y se encuentran en distintos lugares de ciudades como Pekín o Shanghái dadas las condiciones poblacionales de la región, las zonas de cultivo se encuentran alejadas de las ciudades lo que ha generado demandas de alimentación no cubiertas. Las especies cultivadas varían entre coles blancas, moradas, además de una variedad ornamental que adorna las

ciudades, además de lavanda, tagetes, una variedad de pimientos picantes, calabazas, chayotes y pepinos chinos (Jiang, Deng, & Seto, 2013).

1.3.1.4. Sustratos empleados en la agricultura urbana

Los sustratos han sido la base del sustento del suelo desde hace mucho tiempo, sin embargo, modernamente se da preferencia a los fertilizantes inorgánicos debido a la creciente biomasa que se obtiene como resultado.

Los sustratos se definen como:

“Materiales sólidos, minerales, orgánicos, semiorgánicos o inertes diferentes al suelo que de forma pura o en mezcla desempeñan el papel de darle soporte a las raíces de las plantas evitando la exposición de estas a la luz, permitiéndoles respirar y mantener una buena retención de agua”
(Bernal, 2011)

Los sustratos orgánicos tienen la ventaja de su baja contaminación y costo; Humboldt (2012) indica que el sustrato elegido para la agricultura urbana debe ser preferentemente orgánico y derivado de la lombricultura, turba, o compost; debe estar libre de patógenos y permitir el desfogue de la humedad. (Humboldt, 2012).

Humus de Lombriz

El humus proveniente de la lombricultura, es uno de los sustratos más conocidos y utilizados a nivel mundial, puesto que utiliza restos orgánicos provenientes de vegetales o animales. Su composición comprende ácidos úlmicos, fúlvicos y húmicos en estado de equilibrio por lo que no inhiben la absorción de nutrientes del cultivo (Gomez, 2014).

Las lombrices utilizadas son capaces de procesar los desechos provenientes de una cocina normal en el área urbana o rural con una alimentación de hasta dos veces por semana, se deben proteger del sol y el excedente de humedad o temperatura que puede llegar a matarlas; se recomienda apartarlas del suelo unos 40 a 50 cm, para evitar fugas o plagas (Bernal, 2011).

El humus de lombriz promueve el crecimiento global de la planta, desde la raíz, hasta la obtención de una cosecha con mayor rendimiento, además de mejorar la textura del suelo, aportar nutrientes, mejorar la oxigenación del sustrato y aumentar la flora microbiana (Campo & Acosta, 2014).

La Empresa Municipal de Cuenca EMAC, produce humus de lombriz californiana de primera calidad. Los desechos son depositados en 26 cajones de ladrillo debidamente etiquetados; se utilizan 2000 lombrices por cada metro cuadrado de desechos que al ser digeridos se produce el humus, que es depositado en recipientes herméticos libres de humedad (EMAC, 2017).

Compost

El compostaje es un proceso que transforma ciertos residuos en materias orgánicas útiles en la nutrición de cultivos. Esta transformación se realiza por efecto de microorganismos, que se descomponen apilados. Los desperdicios deben colocarse picados lo más fino posible y debe moverse periódicamente para favorecer un aireado óptimo para los microorganismos presentes.

El compost tiene un tiempo de maduración al término del cual se observa un producto de color oscuro y olor a tierra que se puede usar sin riesgos (ECOAGRICULTOR, 2013).

La Empresa Municipal de Cuenca EMAC, produce y vende compost de primera calidad, siguiendo un proceso largo y prolijo que empieza con la recolección de desechos provenientes de los distintos mercados de la ciudad de Cuenca, los mismos que son clasificados, triturados y mezclados con material de poda. Al término de los primeros 45 días los desechos se hallan descompuestos en una pila de metro y medio que es removida cada semana y enriquecida con cal para favorecer la reducción de olores. Las bacterias resultantes del proceso son eliminadas al someterlas a altas temperaturas, con lo que se logra un compost libre de olores, maduro y de óptima calidad (EMAC, 2017).

1.3.1.5. Riego

El riego aporta al suelo la humedad necesaria para la obtención de una buena cosecha, puede hacerse de forma manual, con el uso de un aspersor o por goteo. Se recomienda el riego manual si el cultivo es reducido, pues optimiza la cantidad de agua necesaria, el uso de aspersores suele abarcar grandes espacios, aunque llega a regar espacios innecesarios. Para el riego en contenedores se recomienda tener el funcionamiento el orificio de salida, asegurándose que la raíz sea mojada (UNAM, 2015).

Dada la escasez de agua potable que aqueja a distintas zonas del mundo, cobra más importancia el riego con aguas residuales tratadas y evaluadas microbiológicamente. Estas aguas pueden constituir un importante aporte a los cultivos por sus contenidos de nutrientes y materia orgánica, sin embargo, hacen falta políticas que establezcan los lineamientos a seguir para la reutilización y además establezcan obligatoriedad en el tema. La reutilización implica el uso de tecnología de tratamiento como la utilizada en la ciudad de Cuenca, al potabilizar el agua haciendo uso de seis lagunas de estabilización conectadas en paralelo (ETAPA EP, 2016).

1.3.1.6. *La agricultura urbana en el Ecuador*

La agricultura urbana en el Ecuador, tiene como pionero el proyecto AGRUPAR de la alcaldía de Quito, el mismo que entró en funcionamiento en el año 2002, reúne a más de 4000 agricultores urbanos y cubre una extensión de más de 30 hectáreas urbanas y periurbanas (CONQUITO, 2015).

La agricultura urbana en el Ecuador se enfoca en disminuir la inseguridad alimentaria por falta de recursos, pues se estima que las personas de escasos recursos destina hasta el 80% de sus ingresos en su alimentación, con lo que la agricultura urbana resulta positiva en cuanto aporta a una mejor nutrición y además brinda sustento económico con la venta de los productos cosechados (Carvajal E. , 2010).

El proyectos AGRUPAR, estima que para 2015 el 84% de los participantes del programa eran mujeres, pues es una alternativa de trabajo remunerado que les permite aportar económicamente en sus hogares (CONQUITO, 2015).

En la ciudad de Guayaquil, el proyecto ZUMAR, se realiza en cooperación con la Municipalidad de Guayaquil, la Unión Europea y el barrio Bastión Popular, con el objetivo de combatir la desnutrición y malnutrición del sector, dadas las precarias condiciones económicas de sus habitantes. El proyecto se ejecuta desde 2002 a lo largo de los once bloques del sector con el cultivo de tomate, rábano, orégano, albaca, remolacha y pepino (Velásquez & Flores, 2012).

1.3.1.7. La Agricultura urbana en Cuenca

- *Programa de Agricultura Urbana en Cuenca*

El PAU, tiene sus inicios en el año de 1998, y fue concebido como “Un conjunto de proyectos y de actividades propuestas y realizadas por distintas instituciones, grupos comunitarios e individuos.” (ABITIERRA, 2000). El proyecto estuvo formado por alrededor de 30 organizaciones, 833 colaboradores entre jubilados, estudiantes, personas con discapacidad y autoridades.

Los resultados presentados fueron alentadores, ya que para 1999, 189 familias producían alimentos orgánicos en cultivos propios o comunitarios, además de otras ventajas como el reciclaje de residuos de mercados para compost y reducción de la contaminación (ABITIERRA, 2000).

Para 2016, el programa PAU, poseía dos huertos comunitarios principales, que abastecen familias y pequeños mercados locales y sobre todo invierte en la capacitación de cualquier persona o institución (GAD Cuenca, 2017).

1.3.1.8. Agricultura Urbana en la Universidad Politécnica

En la UPS, ha procurado la plantación de huertas urbanas con fines académicos dónde alumnos investigadores de la carrera de Ingeniería Ambiental, miden el nivel de contaminación en muestras cultivadas dentro de la universidad.

El proyecto inició en la sede Cuenca como parte de una iniciativa propuesta por el Rector Padre Javier Herrán Gómez y dirigida por el Dr. Fredi Portilla para medir la contaminación producida por automotores y su efecto en un espacio de cultivo de hortalizas.

El proyecto tiene como objetivo anexo la implementación de cultivos para mejorar la economía popular, además del apoyo a planes de mitigación ambiental, tecnologías agroambientales y la preparación de profesionales que puedan aportar investigaciones de alto valor académico.

En el año 2016, Fernández J. implementa el primer cultivo con fines académicos dentro del campus universitario, los cultivos estuvieron dispuestos en bloques al azar, se analizó el contenido microbiológico de la cosecha, así como el contenido de plomo, encontrándose que el brócoli y la coliflor presentan un nivel de plomo de 1,2 mg/Kg, sobrepasando los límites permitidos para el consumo humano. Los resultados obtenidos indican que las hortalizas sembradas no son aptas para el consumo, sin embargo se encontró que la col morada es un excelente secuestrador de carbono, por lo que su plantación masiva, contribuiría a la reducción del efecto invernadero (Fernández, 2016).

En 2017, estudiantes de tercer ciclo de la carrera de Ingeniería Ambiental, realizan la implementación de un cultivo urbano de hortalizas con el objetivo de realizar mediciones en altura y peso.

1.3.1.9. Agricultura Urbana en contenedores

La agricultura urbana está caracterizada por la falta de suelos de cultivos, donde el método biointensivo es aplicado cada vez menos. En contraposición aparece la Agricultura urbana en contenedores capaces de proporcionar las condiciones mínimas para los cultivos.

La agricultura en contenedores se caracteriza por que el cultivo se desarrolla en un medio sólido o líquido muy limitado donde el suelo es sustituido por sustrato inerte

generalmente abonado orgánicamente, lo que permite acelerar el ciclo biológico de cultivo (Urrestarazu, 2015).

Los Contenedores

En el contexto de la Agricultura Urbana, los contenedores pueden definirse como:

“Recipientes capaces de proporcionar condiciones mínimas para la retención de un sustrato, la permeabilidad, el desarrollo óptimo de una planta y de forma simultánea, que este no genere problemas de posible contaminación cruzada con los alimentos a cosechar” (Vega, 2015, pág. 3)

El contenedor para el cultivo posee una capacidad regular, que contendrá la tierra de cultivo, el sustrato y la planta a cultivar. El cultivo en contenedores generalmente es de uso doméstico, donde se da mayor uso a macetas, contenedores de plástico, reutilización de envases, etc., pero deben cumplir ciertas características:

- Deben ser de material impermeable o ser impermeabilizados, puesto que debe lograr retener los nutrientes y la solución salina.
- Deben tener un orificio de salida y ser opacos para que la luz no llegue a la raíz de la planta.
- El ancho y profundidad deben ser los adecuados con el fin de contener las raíces del cultivo.
- No deben ser metálicos pues al regarlos pueden liberar contaminación para el cultivo (Jardín botánico de Bogotá, 2016).

Garzón 2011 indica que un contenedor plástico debe tener una profundidad mínima de 30 cm, y el sustrato que debe contener debe estar compuesto por compost o humus de

lombriz. Cada caneca de 20 litros requiere alrededor de 20 kilos de sustrato y los cultivos predilectos para cultivarse en este tipo de envases son el Brócoli, Papa, quinua, repollo, col, habas, y uvillas (Garzón, 2011).

1.3.2. Contaminación de la urbe y el suelo urbano

1.3.2.1. Contaminación atmosférica urbana

Según la ONU, la mitad de la población vive actualmente en zonas urbanas, lo que no quiere decir necesariamente que vivan con una acomodación superior a otras zonas; uno de los problemas relevantes de la vida en las ciudades es la contaminación atmosférica urbana, cuyos efectos los sufren directamente los habitantes de las urbes, pues la contaminación se encuentra en todos los espacios públicos y además al interior de edificaciones y casas (OMS, 2016).

Las principales fuentes de contaminación atmosférica son los gases liberados por los automotores, fabricas, empresas eléctricas, hospitales, etc. La causa generalmente recae en el crecimiento demográfico presente en las ciudades, donde no solo se derivan gastos económicos sino impactos ambientales importantes que disminuyen el nivel de vida de los pobladores (Vargas, et al, 2015).

En Puebla, México, se determinó mayores niveles de contaminación en las zonas aledañas a la principal autopista de la urbe, con lo que se concluyó que el parque automotor y el tráfico vehicular son los principales agravantes de la contaminación atmosférica en esa ciudad (Navarro & Delgado, 2017).

Por otro lado, en San Salvador, se encontró que existe una alta exposición al benceno (20 veces mayor al límite tolerable), en personas que frecuentan las paradas de buses de la

ciudad, situación que puede agravar procesos respiratorios y cardiovasculares, todo esto por la exposición a gases resultante de automotores a diésel que prestan transporte pesado y público en esa ciudad (Miranda, 2016).

1.3.2.2. Contaminación de suelos urbanos

Históricamente los suelos urbanos poseen mayor cantidad de contaminantes que los suelos rurales, análisis de suelos urbanos en la Ciudad de Juárez, México, dieron como resultado niveles de cromo y plomo aceptables, sin embargo los valores de cadmio son superiores a los recomendados (Delgado, et al, 2014).

Los contaminantes que afectan al suelo, pueden provenir de diversas fuentes, por lo que es imperativo conocer lo usos del terreno a lo largo del tiempo para establecer posibles contaminantes. Generalmente las áreas recreacionales o que han servido de vivienda poseen menos contaminantes que aquellas que se usaron para el uso comercial (Galán & Romero, 2008).

El uso de aguas para el riego, es otro factor que aporta a la contaminación de los suelos y su cultivo, en Lima, los cultivos periurbanos se riegan en su mayoría con aguas residuales, no tratadas, contaminadas con altas concentraciones de metales, materias fecales y parásitos (FAO, 2014).

Los posibles contaminantes en el suelo urbano, son planteados por Izquierdo et al (2015), así como sus posibles fuentes (Tabla 1).

Tabla 2: contaminantes predominantes en suelo urbano

Fuente	Metales pesados y metaloides	Compuestos orgánicos
Transporte emisiones y desgaste de los vehículos	Bario, cadmio, cobre, níquel, metales del grupo del planito, vanadio zinc, plomo,	BTEX, PAHs
Emisiones industriales fundiciones, quema de combustibles fósiles, incineración de basuras	arsénico, cadmio, cobalto, cromo, cobre, manganeso, níquel, plomo, antimonio, selenio, zinc	Dioxinas, Furanos, PAHs, PCE, TCE, Cloruro Vinilo
Lavado de superficies: instalaciones eléctricas, tejados y vallas galvanizadas, partículas de pintura, preservantes de la madera	Cadmio, cromo, cobre, plomo, zinc	Creosota, PCBs
Insumos agrícolas: fertilizantes, pesticidas	Arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo, zinc	DDT, aldrín/dieldrín, lindano
Escombros		

Fuente: (Izquierdo, De Miguel, Ortega, & Mingot, 2015)

Elaborado por: Carolina Mora, 2017

Las hortalizas de hojas son capaces de absorber mayormente metales pesados que pueden acumularse en los cultivos por medio del agua de riego, contaminantes atmosféricos y lluvias ácidas. La capacidad de absorción varía de una planta a otra, por lo general la mayor absorción de metales se hace a través de las hojas, mientras que la absorción más baja se encuentra regularmente en las semillas como las arvejas, frejol, tomates y pimientos (De Arnmas & Castro, 2007).

La contaminación de huertos urbanos está ligada a la concentración de diversos contaminantes que usan un canal de transporte para llegar a la fuente de contaminación, o sea el cultivo, y el tipo de contaminante, es dependiente del área, ventilación, humedad, dirección del viento, además de la predisposición de la ciudad a la contaminación. La

contaminación siempre tiene un receptor, que pueden ser las hortalizas, los suelos y el ser humano (Delgado, et al, 2014).

Casos como el de la provincia de Hunan, en China con más de 70 millones de habitantes y la extracción de carbón como principal recurso económico, donde un análisis de hortalizas plantadas cerca de las minas, presentaron niveles intolerables de Arsénico y antimonio (Zeng et al, 2015).

En Wroclaw, Polonia la contaminación llega a niveles elevados por la presencia de industrias químicas y metalúrgicas, con lo que un estudio realizado en los huertos urbanos de esta ciudad, dio como resultado que las cosechas de un número superior al 30% de los huertos no debe ser consumida (Kabala et al, 2010).

En Juárez, México, Delgado, et al, 2014, se determinó que los suelos de las zonas urbanas no eran aptos para el cultivo, en cuanto lo niveles de Cadmio estaban muy por encima de lo recomendado representando un riesgo para la salud (Delgado, et al, 2014).

En contraposición, un estudio realizado en los huertos comunitarios Urbanos de Madrid, denominados REDnMad, dieron como resultado niveles de cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc por debajo de lo recomendado por FAO y OMS (Izquierdo et al, 2015)

1.3.3. Sumideros de Carbono

La contaminación ambiental ha generado un cambio climático en nuestro planeta que constituye un problema importante por resolver que, asociado a al aumento de temperaturas por emisión de gases de efecto invernadero nos deja aún más perplejos.

El uso de combustibles fósiles para la producción de energía y el proceso de uso de suelos, generan a la atmosfera emisiones de carbono nocivas que pueden ser contenidas en bosques o vegetación actuando como sumideros, reteniendo el carbono y ayudando a la disminución de emisión de gases. El carbono en vegetación es la suma del carbono contenido en la biomasa aérea y el carbono contenido en la biomasa de las raíces. La biomasa aérea comprende el tronco, hojas, ramas y follaje; mientras que el carbono contenido en las raíces es definido como la biomasa de las raíces (Orrego & del Valle, 2011).

Fernández (2016) realizó un huerto urbano en un parqueadero con considerable emisión de gases contaminantes, provenientes de automotores, el resultado fue alentador, pues se encontró que la col morada es capaz de retener mayores cantidades de carbono que otras hortalizas como la lechuga o el brócoli.

Una investigación realizada en el año 2015 en Nuevo León, México, estudió la regeneración de suelos afectados por actividades ganaderas, que al ser regenerados con matorral espinoso tamaulipeco lograban altas capturas de carbono en la biomasa aérea, contribuyendo así a la mitigación del efecto invernadero (Sánchez, et al, 2015).

En el parque Sangay, en Ecuador, se encontró que los arboles de Pino, (*Pinus Radiata*) secuestran un 30% más de carbono que otras especies herbáceas y arbustivas del parque (Cargua, et al, 2014).

1.3.4. Contaminación microbiológica de cultivos

El incremento de la frecuencia de enfermedades gastrointestinales por consumo de frutas y verduras contaminadas con microorganismos patógenos como *Escherichia coli* o *Salmonella* ha aumentado a nivel mundial mientras que en Estados Unidos la mayor causante de los brotes gastrointestinales es la *Salmonella* por consumo de frutas contaminadas y germinados (Cruz, et al., 2016).

Se denomina *Escherichia coli* es una enterobacteria que generalmente se aloja en el intestino y cuyos efectos son dependientes del tipo que se contraiga. Por lo general, son causantes de la destrucción de microvellosidades presentes en el intestino, causando lesiones para alojar a las colonias. Los efectos pueden variar desde náuseas, vómitos, diarrea, diarrea hemorrágica llegando inclusive a la insuficiencia renal. Las fuentes de contagio regularmente son alimentos y agua contaminada, animales y heces contaminadas (Soto S. , 2016).

El contagio microbiológico no está limitado a grandes ciudades, las pequeñas ciudades también se hallan expuestas, es así que al analizar 100 muestras de vegetales de 26 áreas de cultivo de La Habana en el año 2011, se encontró parásitos en el 6% de los vegetales que se tomaron como muestra, además *Escherichia coli* en 18%, la frecuencia de este último crecía en cultivos de lechuga, berro y espinaca (Puig, et al, 2014).

La importancia del diagnóstico de estas bacterias facilitadoras de producción de brotes se enfoca en la prevención e identificación de los puntos de contaminación en el proceso de cultivo con mayor énfasis en los productos factibles de mayor retención de patógenos como espinaca, lechuga, berros, cilantro y acelga. Investigaciones apuntan a que

los patógenos de humanos tienen la habilidad de internarse en los tejidos de las frutas y hortalizas, generando un riesgo alimentario si estos productos no reciben un tratamiento de limpieza o eliminación de epidermis (Bartz, et al., 2005).

En 2014, un estudio realizado en la Habana, Cuba, buscaba determinar la calidad microbiológica de hortalizas por contaminación aérea, detectando la presencia de parásitos, bacterias patógenas en 100 muestras de vegetales de 26 áreas diferentes de la ciudad; los posibles motivos eran la falta de cercado de los cultivos, la presencia de animales de campo y domésticos que contaminaban los cultivos (Puig, et al, 2014).

De igual forma en el año 2015, en el Valle Central de Costa Rica, se determinó riesgo de contaminación microbiológica en las 164 empresas de producción de hortalizas que abastecen la ciudad, determinando que el proceso más riesgoso es el empaquetado por mano humana (Vargas, et al, 2015).

El consumo de vegetales crudos, ha sido asociado a numerosos casos de brotes de enfermedades por microorganismos patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Vibrio cholerae* y *Escherichia coli*. Méndez M., et al, 2014 determinó la presencia de Salmonella y Escherichia Coli en el consumo de Chocho expuesto a la contaminación del ambiente. El Ecuador no ofrece mayor información sobre la prevención en el consumo de alimentos crudos y el tratamiento que se ha de brindar al producto previo al consumo, sin embargo su determinación mediante procesos microbiológicos es de vital importancia (Méndez, et al, 2014).

1.3.5. Cambio climático y Agricultura Urbana

“El cambio de clima es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante periodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 1997)

Definición presentada en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) desarrollada en 1997 dentro de la cual se suscribió el primer acuerdo climático conocido como el “Protocolo de Kioto”.

1.3.5.1. Antecedentes

El primer esfuerzo de las naciones por mejorar las condiciones climáticas de nuestro planeta se dio en 1992 en Río de Janeiro dónde se desarrolló la “Cumbre de la Tierra” en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y desarrollo; dónde se pretendía la estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del tiempo, permitiendo que los procesos naturales de los ecosistemas se adapten al cambio climático, la producción de alimentos no se vea afectada y con ello, el desarrollo económico avance de una manera responsable (Berruezo & Jiménez, 2017).

A pesar de haber sido firmado en 1997, el Protocolo de Kioto entro en vigencia en el año 2005, siendo ratificado en 2009 por 186 países entre ellos Estados Unidos, La Unión Europea, Argentina, Canadá, México, Ecuador entre otros. El objetivo principal es frenar el cambio climático y la reducción de seis gases de efecto invernadero que son:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Dentro de la agricultura el protocolo de Kioto establece normativas para la reducción de la contaminación por suelos agrícolas, quema para cosechas, quema de residuos agrícolas, la aplicación de químicos en el proceso del cultivo de arroz y la fermentación entérica; además establece políticas para el manejo de desechos sólidos, aguas residuales e incineración de desechos entre otros (Naciones Unidas, 1998).

1.3.5.2. XV Conferencia sobre el Cambio Climático de la ONU 2009

La COP 15 se realizó en el año de 2009 en Copenhague, Dinamarca, donde, entre otros puntos, se pretende la disminución del 50% de las emisiones de CO₂ hasta 2050, situación que ha sido calificada como un fracaso por algunos países miembros, dado que solo la Unión Europea anunció su plan de reducción de CO₂ en un 20% hasta 2020 (Naciones Unidas, 2009).

La convención entre otros puntos, pide a los países tener en cuenta las actividades a realizarse teniendo siempre disponibles los resultados en cuanto a medición y alcance de objetivos, el proceso propuesto por el COP 15 para la medición y notificación de resultados en cuanto a deforestación, es el siguiente:

Tabla 3: extracto de la orientación metodológica para actividades destinadas a reducir la deforestación y degradación forestal

Extracto de la orientación metodológica para las actividades destinadas a reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo:

- a) Determinen los factores indirectos de la deforestación y la degradación de los bosques que generen emisiones, así como los medios para erradicarlos;
- b) Determinen las actividades que, dentro del país, generen una reducción de las emisiones y un aumento de la absorción, y la estabilización de las reservas forestales de carbono;
- c) Utilicen la orientación y las directrices más recientes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático que haya aprobado o alentado la Conferencia de las Partes, según corresponda, como base para estimar las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de gases de efecto invernadero relacionadas con los bosques, las reservas forestales de carbono y los cambios en las zonas forestales;
- d) Establezcan, de acuerdo con sus circunstancias y capacidades nacionales, sistemas de vigilancia de los bosques nacionales que sean robustos y transparentes y, cuando sea el caso, sistemas subnacionales en el marco de los sistemas de vigilancia nacionales que:
 - i) Utilicen una combinación de métodos de levantamiento de inventarios del carbono forestal para estimar las emisiones
 - ii) Proporcionen estimaciones transparentes, coherentes, en lo posible exactas y que reduzcan las incertidumbres, teniendo en cuenta los medios y las capacidades nacionales;
 - iii) Sean transparentes y sus resultados estén disponibles y puedan ser examinados por la Conferencia de las Partes sí así lo decide.

Fuente: Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 15º período de sesiones, celebrado en Copenhague. Naciones Unidas, 2009.

Elaboración: Carolina Mora

Estados Unidos por su parte anunció que bajaría sus emisiones de Carbono hasta 2050, sin embargo, con el cambio de gobierno terminó por no ratificar ningún acuerdo en el año 2017 (Muñoz, 2017).

1.3.5.3. Agenda de Doha para el Desarrollo COP 18

La Conferencia del Cambio Climático de DOHA o COP 18, celebrada en Qatar del 26 de noviembre al 8 de diciembre en donde participaron alrededor de 5000 funcionarios de gobiernos cuyo trabajo se centró en:

- La ratificación del Protocolo de Kyoto
- Avanzar en el financiamiento climático a largo plazo, trabajando para equipar completamente a las instituciones que apoyan la mitigación y la adaptación por parte de los países en desarrollo
- Considerar el empleo de acciones jurídicas que permita generar acciones inmediatas para alcanzar la meta de 2 ° C.

En general la COP 18 instó a los países participantes a buscar caminos para cumplir las metas propuestas, proceso que sería observado y sus resultados expuestos paulatinamente (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012).

1.3.5.4. Conferencia sobre el Cambio Climático de Durban 2011

Como parte de los esfuerzos de la ONU en pro del cambio climático se suscribe la Conferencia sobre el Cambio Climático de Durban COP 17, donde se prolonga la vigencia del protocolo de Kyoto y se compromete a los grandes emisores de gases de efecto invernadero como Estados Unidos, Rusia, China y la India a implicarse en la lucha contra el cambio climático. Los dos grandes resultados de la COP 17 son la hoja de ruta propuesta por la Unión Europea para la reducción de gases de efecto invernadero con el objetivo de establecer a 2° C el calentamiento global de la tierra; y el fondo verde que pone a disposición

100000 millones de dólares anuales para que los países en desarrollo puedan adoptar políticas ambientales de forma paulatina (ONU Grupo de Energía y Medio Ambiente, 2011).

1.3.5.5. Acuerdos de las Cumbres 21 y 22 sobre el cambio climático

Mientras que la COP 21 celebrada en París reunió a 195 países, la COP 22 celebrada en Marrakech en 2016, apenas recibió atención mediática, sin embargo, los esfuerzos de ambas cumbres se detallan en la tabla 2.

Tabla 4: Acuerdos destacados COP 21 y COP 22

COP 21 París	COP 22 Marrakech
Evitar que la temperatura media mundial rebase los 1,5°C respecto a los niveles pre industrial.	Se llama a las ciudades a la implementación de sistemas alimentarios para los habitantes de las ciudades, mediante el Pacto de Política Alimentaria de Milán.
Implementar mecanismos de revisión de cumplimiento cada cinco años, sin embargo, no habrá sanciones.	Se estableció un Manual del acuerdo de París, con un cronograma de trabajo hasta 2018.
Países ricos asignarán desde 2020, cien mil millones de dólares para la mitigación del cambio climático, cifra que será revisada en 2020.	Acuerdo para lograr que el 100% de la Energía sea renovable entre 2030 y 2050 tanto por entes estatales como por la empresa privada.
Lograr un equilibrio entre los gases emitidos y los que pueden ser secuestrados.	Iniciativa mundial de Turberas: reducir emisión de gases de efecto invernadero protegiendo las reservas de carbono orgánico de los suelos.

Fuente: basado en los comunicados de prensa de la COP 21 y COP 22 de la página de la UN Climate Accion, 2017.

Elaborado por: Carolina Mora

1.3.5.1. Consecuencias del cambio climático en Latinoamérica

Tomando como antecedentes que las reservas de terreno para cultivo más extensas del mundo se encuentran en Latinoamérica y el Caribe, así como la tercera parte de las fuentes

hídricas y el 92% de formas de vida, se puede concluir que en esta región hay mucho por proteger y cuidar. Para el efecto se suscriben acuerdos en pro de la defensa de estos importantes recursos, sin embargo, no siempre se logra estos objetivos y el cambio climático empieza a golpear estas zonas.

Los efectos del calentamiento global para Latinoamérica y el Caribe, pronostican sequías, olas de calor, precipitaciones prolongadas, cambio de estaciones, huracanes y tornados; así como la desaparición de glaciares y la disminución del agua de consumo para alrededor de cien millones de personas en la próxima década y la dificultad de cultivo de ciertas especies (ONU, 2017).

27 países se han ratificado al protocolo de Kyoto, sin embargo, el cumplimiento en cuestiones de energías renovables, mejoramiento de la eficiencia energética de consumo masivo, así como la reducción de emisiones de carbono se ha visto impedida por las dificultades económicas de la región (Alcántara, et al, 2016).

CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

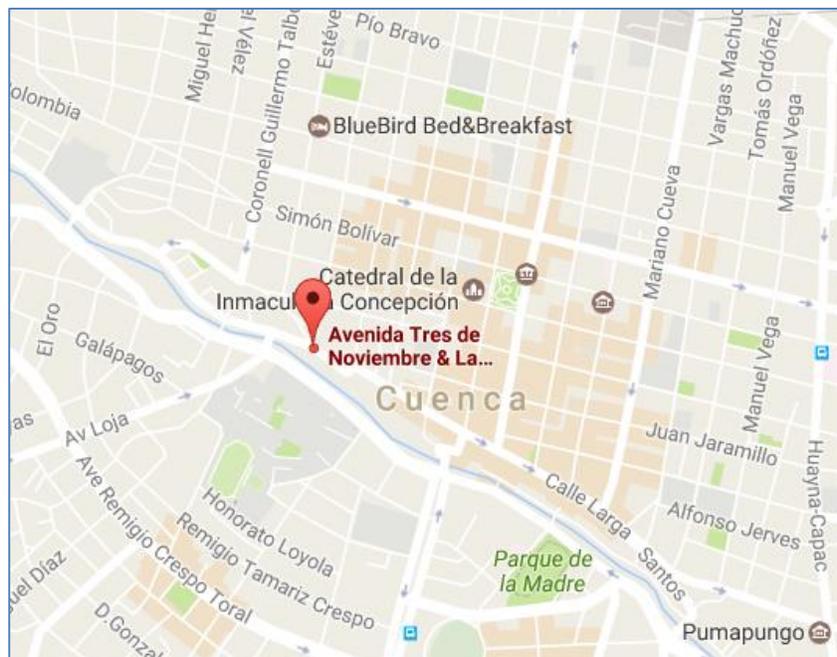
2.1.Fase de Campo

2.1.1. Cultivo en el Centro Histórico

2.1.1.1. Ubicación

El cultivo está localizado en una vivienda del Centro Histórico de Cuenca ubicado en la Avenida 3 de Noviembre. La ciudad se encuentra en la región sierra del país con una temperatura que oscila entre los 20° C en el día y 6° o menos en la noche (Wether Travel, 2016). El mapa de localización del cultivo es el siguiente:

Figura 1: ubicación del Huerto Urbano



Fuente y elaboración: (Google Maps, 2017)

2.1.1.2. *Material de propagación*

Se utilizaron plántulas de óptima calidad procedente de San Joaquín, zona agrícola de la ciudad conocida por el cultivo de hortalizas y vegetal.

Las variedades obtenidas son:

- brócoli (*Brassica oleracea italica*)
- lechuga híbrida (*Lactuca sativa*)
- lechuga de repollo (*Lactuca sativa*)
- col (*Brassica viridis*)

Otros materiales utilizados para la siembra y mantenimiento son:

Tabla 5: materiales de propagación Cultivo Centro Histórico

Físicos	Biológicos
<ul style="list-style-type: none">- Envases son de polietileno, y miden 25 cm de alto por 25 cm de ancho; tienen una capacidad de 0,01 m³.- Mangueras- Materiales de Limpieza- Espeques- Flexómetro	<ul style="list-style-type: none">- Agua- 80 gr de ají rocoto- Plántulas- Humus de lombriz

Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017

Fotografía 1: plántulas escogidas para la siembra



Fuente: archivo fotográfico de la investigación

2.1.1.3. Preparación de Suelos

La preparación de la tierra que va en los contenedores se realizó con 5 días de anticipación. El proceso de preparación incluyó el abonado de la tierra con humus de lombriz y posterior descanso.

Fotografía 2: preparación del suelo en contenedores

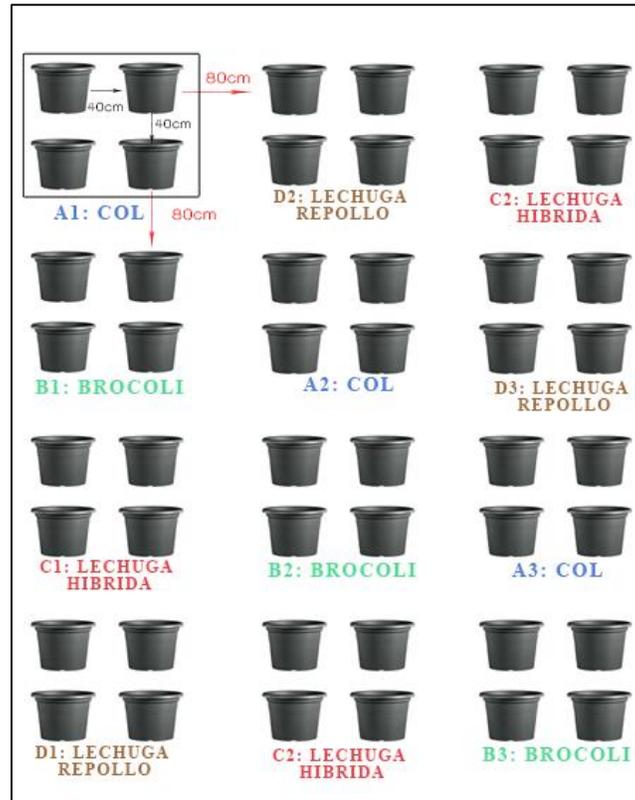


Fuente: archivo fotográfico de la investigación

2.1.1.4. Siembra

La siembra se realizó en contenedores donde se colocaron las plántulas en base al DBA o bloques al azar, que consiste en tres repeticiones que contienen cuatro bloques al azar cada una, dando una totalidad de 12 bloques, cada uno con cuatro tratamientos distribuidos de la siguiente manera:

Figura 2: distribución de bloques y tratamientos



Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017

Fotografía 3: distribución del cultivo urbano



Fuente: archivo fotográfico de la investigación

Tabla 6: datos de distribución de cultivos

BLOQUE	NÚM. TRATAMIENTOS	CULTIVO	PLANTAS POR TRATAMIENTO	DISTANCIA ENTRE TRATAMIENTOS (CM)	FECHA DE SIEMBRA	FECHA DE COSECHA
A1 A2 A3	4	brócoli (<i>Brassica oleracea italica</i>)	12	40	16-03-2017	19-06-2017
B1 B2 B3	4	lechuga híbrida (<i>Lactuca sativa</i>)	12	40	16-03-2017	19-06-2017
C1 C2 C3	4	lechuga de repollo (<i>Lactuca sativa</i>)	12	40	16-03-2017	19-06-2017
C1 C2 C3	4	col (<i>Brassica viridis</i>)	12	40	16-03-2017	19-06-2017

Fuente: Investigación

Elaborado por: Carolina Mora, 2017

2.1.1.5. Riego

El riego es uno de los factores de los huertos urbanos que debe cuidarse, pues la reducción del espacio agota rápidamente las reservas de agua del sustrato. Después del trasplante es importante que el riego o su control, se hagan dos veces al día en la primera semana; a partir de la segunda semana se debe controlar en la mañana. Cuando se llegue a la cuarta semana, en climas muy secos se puede implementar un sistema de riego por goteo que mantenga húmeda la tierra de la parte interior de la maceta, que no debe regarse por más de 30 segundos, no obstante en época de lluvias el riego debe limitarse a lo necesario.

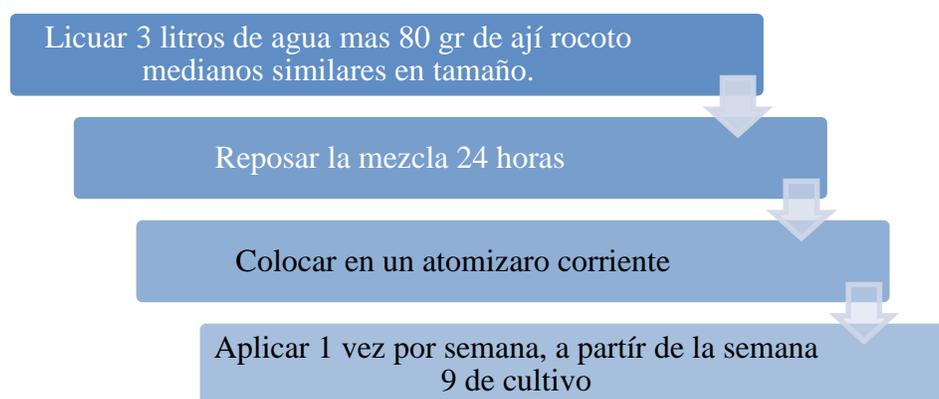
En el cultivo urbano presente, el riego se realizó con baja periodicidad, dadas las precipitaciones lluviosas que cayeron en los meses de cultivo.

2.1.1.6. *Control de Plagas y Enfermedades*

Las plagas son agentes dañinos que provocan el deterioro de la planta hasta su muerte; entre las más frecuentes tenemos a los gusanos o larvas, pulgones, babosas e insectos que pueden ser clasificados según su aparato bucal en masticadores, chupadores o lamedores (La Rosa, et al, 2015).

Dentro de esta investigación se propone el uso de un insecticida orgánico a base de Ají rocoto, cuyas propiedades naturales favorecen el crecimiento y desarrollo de otras plantas a la vez que sirven de plaguicida, antiviral y repelente. Según un estudio realizado en la ciudad de Cuenca por Gomez J. (2004) utilizar el ají picante en dosis de 15g/litro, repele y controla áfidos¹, además de las ventajas ambientales de su uso (Cárdenas, 2014). La preparación del plaguicida para esta investigación en concreto, se puede apreciar en la Figura 2:

Figura 3: preparación y uso de plaguicida orgánico



Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017.

2.1.1.1. *Control Microbiológico del cultivo*

El control microbiológico del cultivo consiste en el uso de enemigos naturales para el control de poblaciones de plagas usando a sus enemigos naturales para el fin. La ventaja de

¹ Áfidos: familia de insectos homópteros que se alimentan de materias vegetales y forman plagas perjudiciales.

su utilización evita el uso de plaguicidas en los cultivos evitando la contaminación por la exposición a químicos. El uso de esta técnica implica el conocimiento profundo del manejo del hábitat que se interviene así como de la especie auxiliar (Berensztein, 2017).

Dubrovsky (Argentina, 2017), caracterizó los enemigos naturales de los pulgones, en un cultivo de col, con la introducción artificial de colonias de pulgones, devorados satisfactoriamente por familias Melyridae y Carabidae, por lo que la autora concluye que el control microbiológico tiene de entrada el beneficio de la ausencia de agroquímicos, ya que los depredadores pueden resultar efectivos en el manejo de plagas.

2.1.2. Cultivo en Jardines de la UPS

2.1.1.2. Ubicación

El cultivo está localizado en los jardines de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca. El mapa de localización del cultivo es el siguiente:

Figura 4: ubicación del Huerto Urbano UPS



Fuente y elaboración: (Google Maps, 2017)

2.1.1.3. *Material de propagación*

Se utilizaron plántulas de óptima calidad que se compraron en San Joaquín.

Las variedades obtenidas son:

- brócoli (*Brassica oleracea italica*)
- lechuga híbrida (*Lactuca sativa*)
- lechuga de repollo (*Lactuca sativa*)
- col (*Brassica viridis*)
- Coliflor (*Brassica oleracea var. Botrytis*)
- Col morada (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*)

Tabla 7: materiales de propagación cultivo Jardines UPS

Físicos	Biológicos
<ul style="list-style-type: none">- Malla de protección- Mangueras- Materiales de Limpieza- Espeques- Flexómetro	<ul style="list-style-type: none">- Agua- 80 gr de ají rocoto- Plántulas- Humus de lombriz

Fuente y Elaboración: Carolina Mora, 2017

2.1.1.4. Preparación de Suelos

Para la preparación de la tierra a nivel de suelo, en primera instancia se removió la tierra retirando residuos existentes para luego nivelarla, se colocó una capa de humus y se dejó descansar por cinco días.

2.1.1.5. Siembra

La siembra se realizó a ras de suelo, se realizó agujeros con una estaca y se depositaron las plántulas en un espacio de 3,6 m² (3 m. de largo por 1,20 m. de ancho) por tratamiento, la distancia entre plántulas fue de 30 cm, en cuatro columnas por ocho filas, se sembraron seis tratamientos, de ellos cuatro tienen relevancia investigativa para la presente investigación.

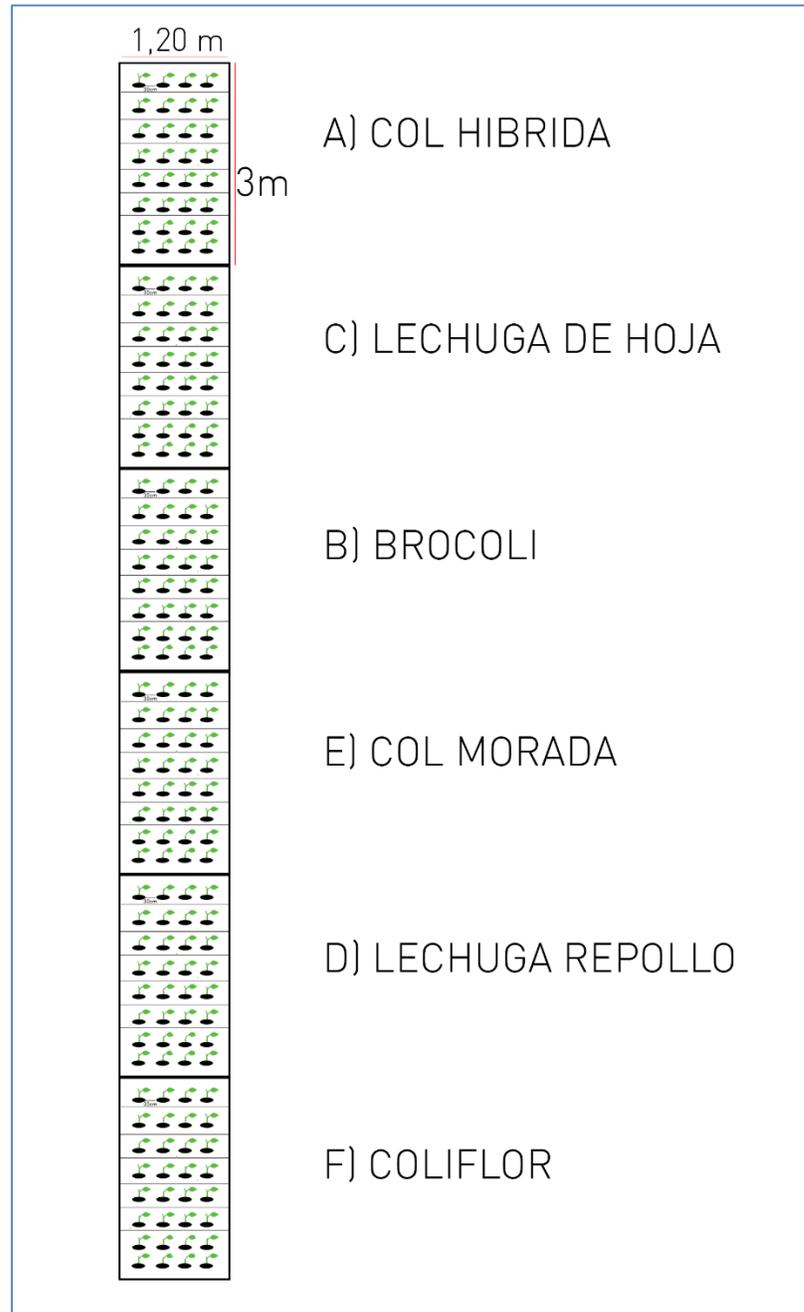
Fotografía 4: siembra de plántulas y colocación de malla repelente de aves



Fuente: archivo fotográfico de la investigación

La figura cinco ilustra la disposición del cultivo a continuación:

Figura 5: distribución de bloques y tratamientos



Fuente: cultivo realizado por estudiantes de tercer ciclo de Ingeniería ambiental.
Elaboración: Carolina Mora, 2017

2.1.1.6. Riego

El riego se realizó dependiente de las condiciones climáticas, sin embargo se controlaba todos los días durante las primeras semanas y se regaba si había necesidad, se estableció que el promedio de control de riego pasadas las cuatro primera semanas era pasando un día.

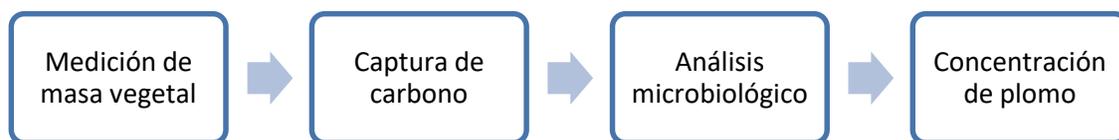
2.1.1.7. Control de Plagas y Enfermedades

El control de plagas se realizó con insecticida orgánico a base de Ají rocoto, licuando tres litros de agua más 80 gr. de ají rocoto, la mezcla debe descansar por 24 horas antes de ser aplicada con atomizador. La aplicación en el cultivo a nivel de suelo se realizó con una periodicidad semanal a partir de la semana nueve.

2.2.Fase Experimental

La fase experimental comprende los procedimientos realizados para el cumplimiento de objetivos. La fase experimental comienza inmediatamente después de realizada la siembra y se extiende hasta la obtención de resultados.

Figura 6: procesos de la fase experimental



2.2.1. Cultivo Centro histórico

2.2.1.1. Masa vegetal de cultivos

La metodología de obtención de la masa vegetal de los cultivos se realizó de forma experimental con la medición semanal de las plantas, con una regla común, tomando medición desde el punto más bajo o cuello al más alto de la planta.

Fotografía 5: medición vegetal de cultivos



Fuente: archivo fotográfico de la investigación

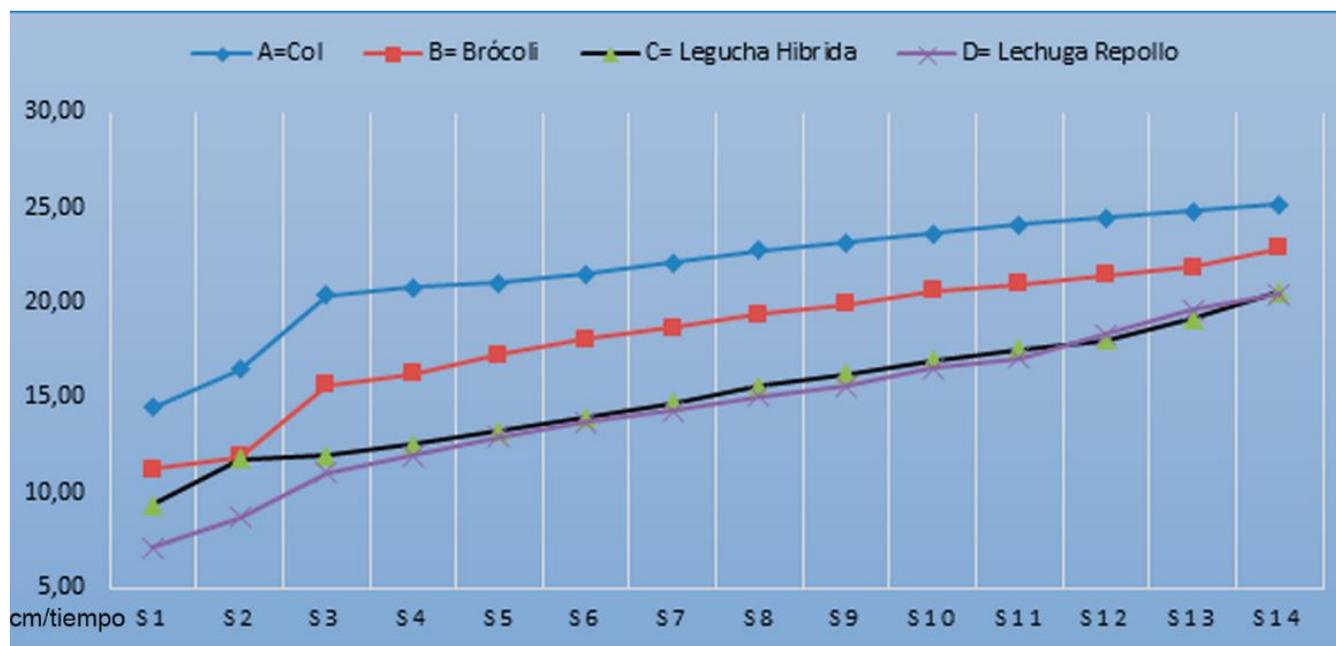
Los datos de la Tabla 4 permitirán establecer la relación lineal entre el tiempo de cultivo (14 semanas) y el incremento de masa de los vegetales sembrados.

Tabla 8: crecimiento de vegetales (14 semanas) (contenedores)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
A=Col	14,46	16,46	20,37	20,77	21,00	21,48	22,10	22,75	23,17	23,62	24,12	24,42	24,80	25,13
B= Brócoli	11,21	11,89	15,66	16,22	17,22	18,07	18,68	19,38	19,92	20,60	20,96	21,44	21,88	22,88
C= Lechuga Hibrida	9,33	11,78	11,97	12,53	13,25	13,93	14,70	15,59	16,25	16,93	17,55	18,02	19,12	20,53
D= Lechuga Repollo	7,13	8,68	11,04	11,94	12,93	13,71	14,33	15,04	15,58	16,56	17,06	18,31	19,61	20,45

Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017.

Figura 7: incremento de la altura en función del tiempo (contenedores)



Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017

2.2.1.2. Captura de carbono

La determinación de la captura de carbono se basó en la metodología propuesta por Ruginitz, et al., en la “*Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*” publicada en 2009; donde la captura de carbono se trabaja con la biomasa.

Por motivos de costos es imposible trabajar con la totalidad de la biomasa, por lo que el proceso se realiza bajo muestreo que supone el análisis de una parte de un todo, que a su vez es suficientemente representativa para aportar información de la totalidad de la biomasa con un margen de error tolerable (Ruginitz, Chacón, & Porro, 2009).

Dada la falta de homogeneidad del cultivo, la muestra se escogió mediante estratificación de la población, donde se dividió el cultivo por especie y dentro de esta se aplicó un muestreo aleatorio simple, donde cada elemento posee la misma probabilidad de ser escogido. El error de muestreo se mantuvo al margen al pesar 50 gr de muestra en fresco. El método aplicado tiene un intervalo de confianza del 95%.

La captura de carbono implica en primera instancia la determinación de la biomasa, en el caso de la presente investigación la vegetación está clasificada como no arbórea, por ende el proceso de la determinación de la captura de carbono sigue el siguiente proceso:

Figura 8: Determinación de la captura de carbono



Fuente: Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales (Rugnitz, Chacón, & Porro, 2009)
Elaboración propia.

A) La cosecha de las muestras

Se procedió a la cosecha del cultivo con hojas y raíces.

B) Peso en fresco

El peso en fresco se obtuvo por cada tratamiento

Tabla 9: Peso en fresco por tratamiento (contenedores)

	Total trat. (Kg)	unidad al azar (kg)
TRATAMIENTO 1		
A1	0,373	0,134
B1	0,48	0,156
C1	0,542	0,16
D1	0,982	0,36
TRATAMIENTO 2		
D2	0,73	0,292
A2	0,369	0,186
B2	0,3	0,074
C2	0,585	0,156
TRATAMIENTO 3		
C3	0,572	0,246
D3	0,833	0,285
A3	0,522	0,17
B3	0,442	0,104

Fuente: Base de datos

Elaboración: Carolina Mora

C) Obtención de la muestra; D) Secado de la Muestra; E) Cálculo de materia seca.

Tabla 10: pesos en seco de la muestra (contenedores)

Producto	MSs
A=col	0,0036
B= Brócoli	0,0084
C= Lechuga Híbrida	0,0034
D= Lechuga Repollo	0,003

Fuente: Base de datos
Elaboración: Carolina Mora

F) Cálculo de cantidad de carbono en la muestra

Con el peso constante de biomasa (MSs), se calcula en primera instancia la Materia seca de la muestra y luego la cantidad de carbono en la biomasa, esto con la metodología propuesta por (Rügnitz, Chacón, & Porro, 2009).

- Cálculo de la materia seca de la muestra

$$MS \text{ muestra} = \left(\frac{MF_{\text{submuestra}}}{MS_{\text{submuestra}}} \right) * MF \text{ muestra}$$

Donde,

MS muestra: materia fresca de la muestra

MF submuestra: materia fresca de la submuestra

MS submuestra: materia seca de la submuestra

Tabla 11: resultados materia seca de la muestra (contenedores)

	MFm	MSs	MFs	MSm (Kg)
A=col	1,184	0,0036	0,424	139,449
B= Brócoli	1,222	0,0084	0,334	48,589
C= Lechuga Híbrida	1,960	0,0034	0,601	346,459
D= Lechuga Repollo	2,234	0,003	0,822	612,116

Fuente: Base de datos
Elaboración: Carolina Mora

- **Calculo de la cantidad de carbono en la muestra y paso a toneladas**

$$\Delta C \text{ bn submuestra} = MS \text{ submuestra} * CF$$

Donde,

ΔC bn submuestra: Cantidad de carbono en la biomasa de la muestra

MS muestra: materia fresca de la muestra

CF: Fracción de Carbono orgánico degradable no asimilado (COD_F) de 0,5 (Representa la parte de Carbono que no se degrada, el valor se ha determinado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático IPCC en 0,5 para países con niveles de contaminación relativamente bajos en comparación a países industrializados que utilizan un COD_F de 0,77).

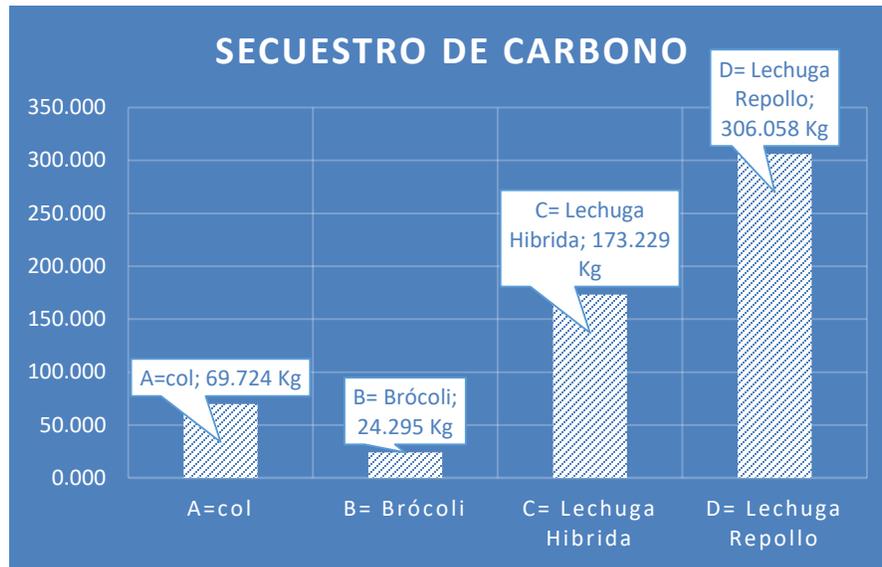
Tabla 12: Cantidad de Carbono en Kg y Tn (contenedores)

	MSm (Kg)	CF	Cbn Kg	tnC
A=col	139,449	0,5	69,724	0,0697
B= Brócoli	48,589	0,5	24,295	0,0243
C= Lechuga Hibrida	346,459	0,5	173,229	0,1732
D= Lechuga Repollo	612,116	0,5	306,058	0,3061
Total de Carbono secuestrado			573,306	0,5733

Fuente: Base de datos

Elaboración: Carolina Mora

Figura 9: secuestro de carbono en la muestra (contenedores)



Fuente: Base de datos
Elaboración: Carolina Mora

Se puede apreciar que la lechuga Repollo logra capturar la mayor cantidad de carbono con 306,058 Kg, seguida de la lechuga repollo con 173, 229 Kg.

2.2.1.3. Concentración de plomo

Para la definición de la metodología a utilizar se analizó la investigación propuesta por Verdugo J. en el año 2017, donde se analizó la bioabsorción de iones de Pb y Cr en aguas residuales de la ciudad de Cuenca, donde se indica que la espectrometría de absorción atómica es válida en mediciones de concentraciones de Pb y Cr. El método permite la descomposición de una muestra de átomos mediante una lámpara (Verdugo, 2017).

Se utiliza Absorción atómica por el método de horno de grafito. La Espectrofotometría de Absorción Atómica se define como una técnica de determinación de la concentración de un metal en cierta muestra, sólida o líquida; para el efecto hace uso del principio de espectrometría mediante el cual a los electrones de los átomos de la muestra son suministrados con cantidad de energía determinada, lo que hace que los átomos alcancen un

estado energético más alto, posterior se utiliza la ley de Beer-Lambert para el cálculo de la concentración de Pb (Penner, 2009).

- La preparación inicia con las muestras en fresco 15gr que se utilizarán para secado:

Fotografía 6: muestras en fresco para plomo



Fuente: archivo fotográfico de la investigación

- El secado se produce en la estufa a 60°, durante un periodo de 24 a 36 horas

Fotografía 7: secado en estufa



Fuente: archivo fotográfico de la investigación

La muestra seca (1gr) es triturada en mortero para su posterior uso:

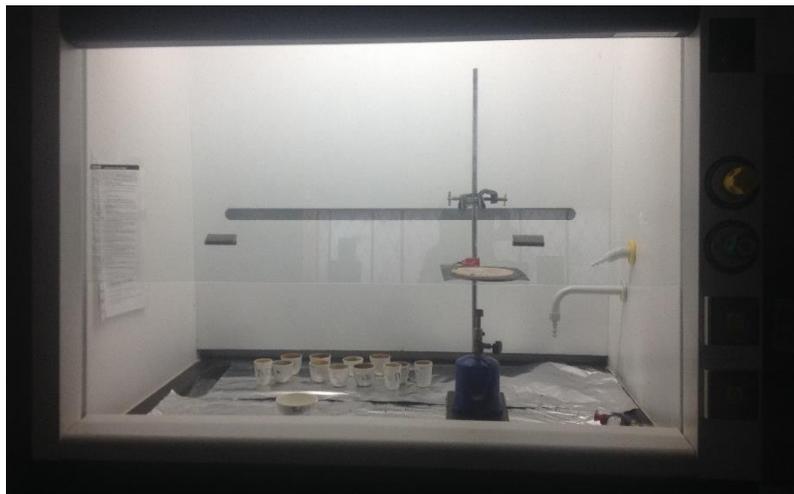
Fotografía 8: muestra triturada para plomo



Fuente: archivo fotográfico de la investigación

En la cámara de flujo laminar se trabaja con un 1 gr. de muestra seca más 4 ml de HNO₃ al 68%, se procede a la evaporación del ácido.

Fotografía 9: cámara de flujo laminar



Fuente: archivo fotográfico de la investigación

Con un mechero encendido procedemos a evaporar el ácido y el residuo se coloca en una mufla a 600 grados durante 3 a 4 horas. Nuevamente una vez calcinado el residuo de la muestra colocamos 4 ml de HNO₃ y lo evaporamos, a este residuo lo colocamos 1 ml de HNO₃ y lo pasamos a tubos digestores para luego llevarlo a baño seco a 130 grados durante 3 horas. Al término se pasa a tubos Eppendorf para posterior análisis.

Fotografía 10: paso a tubos eppendorf



Fuente: archivo fotográfico de la investigación

2.2.1.4. Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico se determinó que la metodología idónea para el conteo de colonias de *E. coli* y coliformes, son las Petrifilm™ del consorcio 3M y que se encuentran definidas como sigue:

“Placas de conteo de E.coli/Coliformes que contienen nutrientes de Bilis Rojo Violeta (VRB) y un agente gelificante soluble en agua fría, indicador de actividad de la glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias” (3M, 2006)

Las placas en mención son capaces de detectar los E.coli ya que la mayoría de ellas produce betaglucuronidasa, que toma un color azul. La película de la superficie de la placa atrapa el gas producido por la fermentación de la lactosa de las E.coli/Coliformes que toman un color rojo o azul, facilitando el conteo (azul para E. coli, rojo para coliformes).

El procedimiento del análisis microbiológico se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento

- Preparación de 225 ml. de agua de peptona al 0.1%

Figura 10: análisis microbiológico paso 1



Fuente: archivo fotográfico
Elaboración: Carolina Mora

- Muestra de 25 gr. de hoja fresca por bloque

Figura 11: análisis microbiológico paso 2



Fuente: archivo fotográfico
Elaboración: Carolina Mora

- Una vez preparada el agua de peptona (225 ml) esta se licua con los 25 gramos de muestra por bloque. Previamente las hojas deben estar lavadas con agua destilada. Trabajamos en un medio estéril para esto utilizamos el mechero y podemos colocar el medio en los envases nuevamente y llevarnos a la cámara de flujo laminar para trabajar con las cajas Petrifilm.

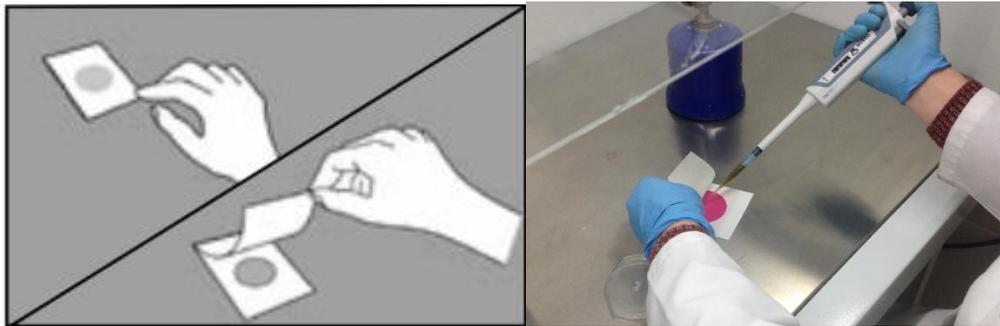
Figura 12: análisis microbiológico paso 3



Fuente: archivo fotográfico
Elaboración: Carolina Mora

- La placa Pretrifilm se coloca en la mesa de trabajo cuidando que esté completamente horizontal, con la pipeta manual tomamos 1 ml. de muestra licuada y sembramos en las cajas petrifilm con cuidado sin que en esta quede con burbujas y aire y con un aspensor lo mantenemos allí para que la muestra se disperse homogéneamente.

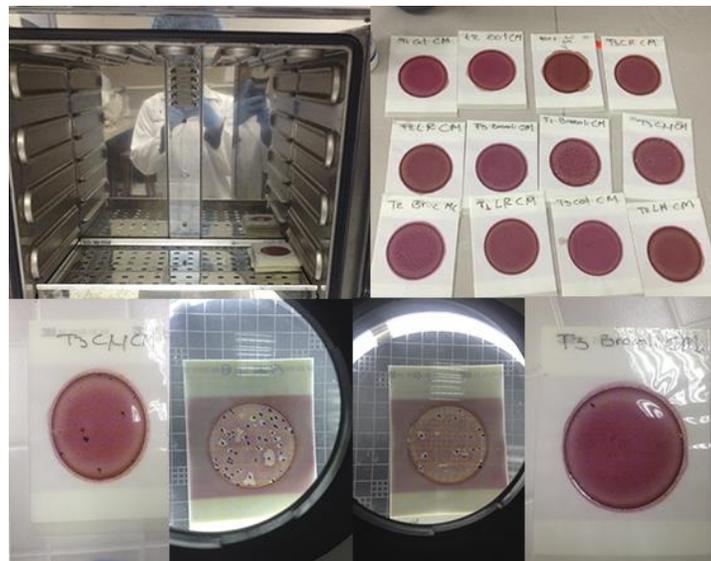
Figura 13: análisis microbiológico paso 4



Fuente: (3M, 2006)
Elaboración: Carolina Mora

- Se etiqueta la muestra y se la lleva a una estufa a una temperatura de 37 grados C, en donde se espera un periodo de 24 a 48 horas para el conteo de colonias.

Figura 14: análisis microbiológico paso 5



Fuente: archivo fotográfico
Elaboración: Carolina Mora

Los cálculos para obtener la cantidad de coliformes y E. coli en UFC/g, siguen el siguiente proceso:

a) Calculo de la Disolución Inicial

$$Di = \frac{\text{gr. Muestra}}{\frac{\text{gr Muestra}}{\text{ml agua peptona}}}$$

b) Disoluciones sucesivas

$$FD = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \dots$$

c) Factor decimal de dilución

$$FDD = \frac{1}{FD}$$

d) UFC/g

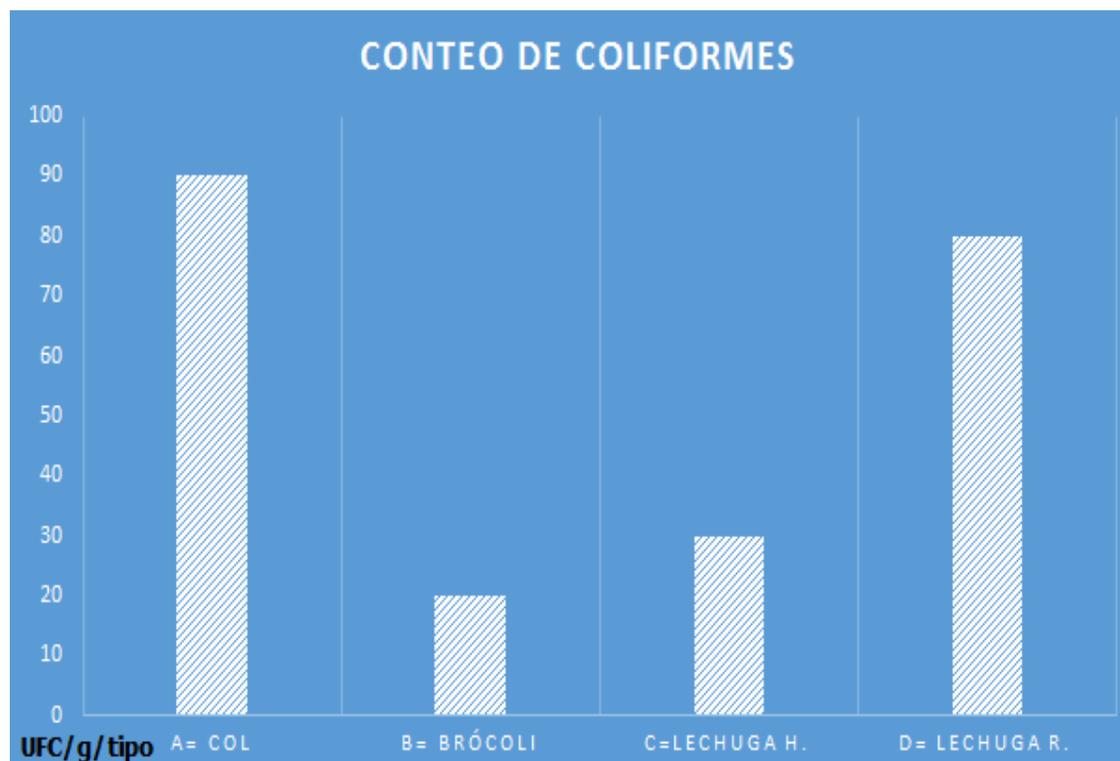
$$FDD = \frac{\#Colonias\ contadas \times FDD}{Vol.\ siembra}$$

Tabla 13: Total de col. E.coli

	Conteo de Col.	gr. Muestra	ml agua peptona	Disolución i	FDD	Coli UFC/g
A= Col	9	25	225	0,1	10	90
B= Brócoli	2	25	225	0,1	10	20
C=Lechuga H.	3	25	225	0,1	10	30
D= Lechuga R.	8	25	225	0,1	10	80

Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017.

Figura 15: total E.coli



Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017.

2.2.2. Cultivo en Jardines UPS

2.2.1.5. Masa vegetal de cultivos

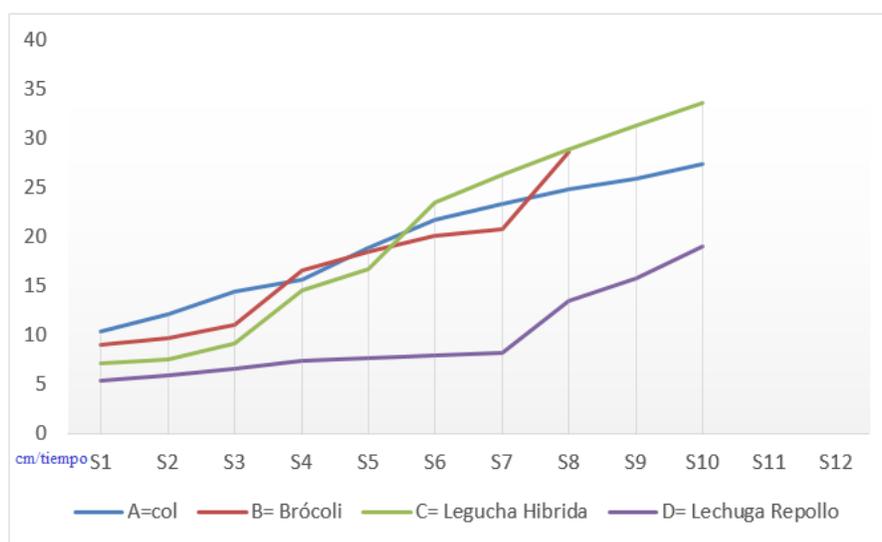
La metodología de obtención de la masa se realizó con la medición semanal de las plantas, con una regla común, tomando medición desde el punto más bajo o cuello al más alto de la planta. La descripción numérica se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 14: crecimiento de vegetales Jardines UPS

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
A=col	10,37	12,09	14,41	15,59	18,91	21,76	23,34	24,79	25,94	27,43
B= Brócoli	8,96	9,7	11,1	16,59	18,51	20,1	20,84	28,61		
C= Legucha Híbrida	7,2	7,6	9,1	14,57	16,78	23,43	26,3	28,9	31,4	33,7
D= Lechuga Repollo	5,38	5,91	6,59	7,47	7,64	7,93	8,24	13,45	15,8	19,08

Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017.

Figura 16: incremento de la altura en función del tiempo Jardines UPS



Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017

2.2.1.6. Captura de carbono

La determinación de la captura de carbono se basó en la metodología propuesta por Rognitz, et al., en la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales” publicada en 2009; donde la captura de carbono se trabaja con la biomasa.

Al igual que en el cultivo del Centro Histórico se trabajó con una muestra seleccionada mediante estratificación de la población, donde se dividió el cultivo por especie

y dentro de esta se aplicó un muestreo aleatorio simple, donde cada elemento posee la misma probabilidad de ser escogido. El error de muestreo se mantuvo al margen al pesar 50 gr de muestra en fresco. El método aplicado tiene un intervalo de confianza del 95%.

La captura de carbono implica en primera instancia la determinación de la biomasa, en el caso de la presente investigación la vegetación está clasificada como no arbórea, por ende el proceso de la determinación de la captura de carbono sigue el siguiente proceso:

D) La cosecha de las muestras

Se procedió a la cosecha del cultivo con hojas y raíces.

E) Peso en fresco

El peso en fresco se obtuvo promediando las mediciones obtenidas para cada tipo de cultivo.

Tabla 15: promedio de pesos en fresco por tipo de cultivo (Jardines UPS)

Cultivo	Promedio
A=col	23,87
B= Brócoli	15,4
C= Lechuga Híbrida	12,14
D= Lechuga Repollo	14,58

Fuente: Base de datos
Elaboración: Carolina Mora

F) Obtención de la muestra; D) Secado de la Muestra; E) Cálculo de materia seca.

Se tomaron 50 gr. de muestra fresca por cada bloque, procediendo al secado en estufa a 60°C durante tres días, los datos de pesos obtenidos (Tabla 6) representan a la variable MSs (materia seca en kilogramos de la submuestra).

Tabla 16: pesos en seco de la muestra (Jardines UPS)

Producto	MSs
A=col	0,0057
B= Brócoli	0,0095
C= Lechuga Híbrida	0,0036
D= Lechuga Repollo	0,0035

Fuente: Base de datos
Elaboración: Carolina Mora

G) Cálculo de cantidad de carbono en la muestra

Con el peso constante de biomasa (MSs), se calcula en primera instancia la Materia seca de la muestra y luego la cantidad de carbono en la biomasa, esto con la metodología propuesta por (Rügnitz, Chacón, & Porro, 2009).

- Cálculo de la materia seca de la muestra

$$MS \text{ muestra} = \left(\frac{MF_{\text{submuestra}}}{MS_{\text{submuestra}}} \right) * MF \text{ muestra}$$

Donde,

MS muestra: materia fresca de la muestra

MF submuestra: materia fresca de la submuestra

MS submuestra: materia seca de la submuestra

Tabla 17: resultados materia seca de la muestra (Jardines UPS)

Cultivo 2				
	MFm	MSs	MFs	MSm (Kg)
A=col	23,87	0,0057	0,424	1775,593
B= Brócoli	15,4	0,0095	0,334	541,432
C= Lechuga Híbrida	12,14	0,0036	0,601	2026,706
D= Lechuga Repollo	14,58	0,0035	0,822	3424,217

Fuente: Base de datos
Elaboración: Carolina Mora

- **Calculo de la cantidad de carbono en la muestra y paso a toneladas**

La fórmula utilizada utiliza un Coeficiente de cálculo CF, que representa la parte de Carbono que no se degrada, el valor se ha determinado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático IPCC en 0,5 para países con niveles de contaminación relativamente bajos en comparación a países industrializados que utilizan un CODF de 0,77.

$$\Delta C \text{ bn submuestra} = MS \text{ submuestra} * CF$$

Donde,

ΔC bn submuestra: Cantidad de carbono en la biomasa de la muestra

MS muestra: materia fresca de la muestra

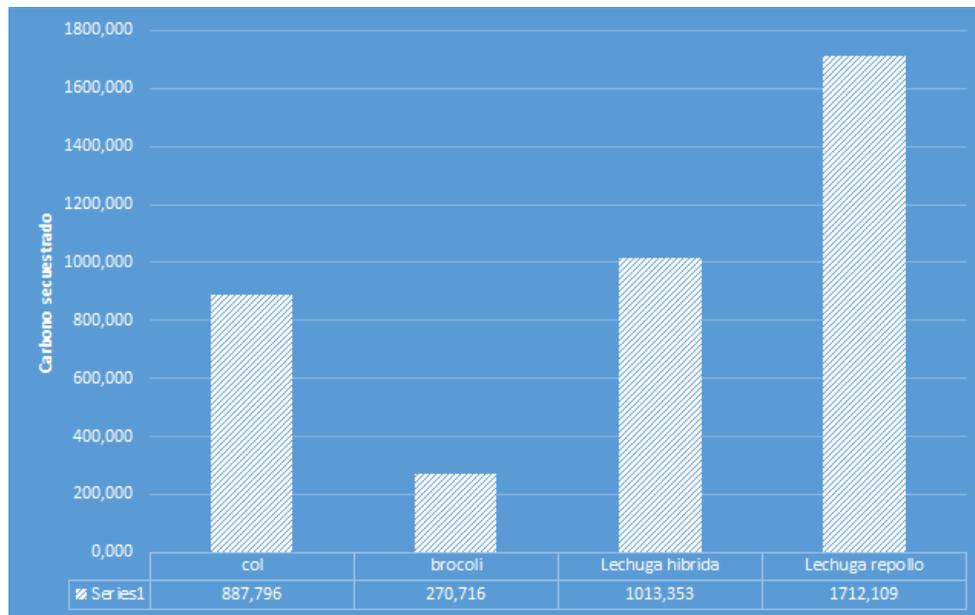
CF: Fracción de Carbono orgánico degradable no asimilado (COD_F) de 0,5

Tabla 18: Cantidad de Carbono en Kg y Tn (Jardines UPS)

	MSm (Kg)	CF	Cbn Kg	tnC
A=col	1775,593	0,5	887,796	0,8878
B= Brócoli	541,432	0,5	270,716	0,2707
C= Lechuga Híbrida	2026,706	0,5	1013,353	1,0134
D= Lechuga Repollo	3424,217	0,5	1712,109	1,7121
Total de Carbono secuestrado			3883,974	3,8840

Fuente: Base de datos
 Elaboración: Carolina Mora

Figura 17: secuestro de carbono en la muestra (Jardines UPS)



Fuente: Base de datos
 Elaboración: Carolina Mora, 2017

CAPITULO 3. RESULTADOS

El cumplimiento de los objetivos de esta investigación implica la comparación de la cosecha en terraza, propia de ésta investigación, con dos estudios realizados en los jardines de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS). El primero llevado a cabo en el año 2016 en el marco de la Tesis de Fernández J. titulada “*Agricultura urbana y su aporte contra el efecto invernadero en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*”; el segundo cultivo de idéntica composición al cultivo en terraza, fue sembrado y medido por parte de los estudiantes de tercer ciclo de la carrera de Ingeniería ambiental en el año 2017.

Para efectos de comparación, se nombrarán a los cultivos de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 19: Cultivos comparados

Nombre	Ubicación	Año	Responsable
Cultivo 1	Terraza ubicada en el centro histórico de Cuenca	2017	Carolina Mora
Cultivo 2	Jardines de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca	2017	Estudiantes de tercer ciclo de Ingeniería Ambiental
Cultivo 3	Jardines de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca	2016	José Vicente Fernández F.

Fuente y elaboración: Carolina Mora, 2017

Existen factores de influencia que marcan diferencias importantes de un cultivo a otro. El Cultivo 1, tiene como características principales la siembra en macetas de polietileno con una capacidad de 0,01 m³ y a una profundidad de 12 cm; mientras que los Cultivos 2 y 3 se sembraron a ras de suelo a 15 cm de profundidad. Por otro lado, el abonado en los tres cultivos se realizó con humus proveniente de la lombricultura, cuya composición posee del

30 al 60% de humedad, con un PH del 6,8 al 7,2 % otros componentes son nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica, carbono orgánico (Castro, 2017).

El riego en los tres cultivos se controlaba diariamente y se efectuaba con agua potable proveniente de la tubería; no obstante, los tres cultivos se hallaban expuestos a la lluvia. Un estudio realizado por Ayala (2014) encontró que las aguas lluvias de las zonas urbanas de la ciudad de Cuenca, no sobrepasan el rango permitido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en cuanto a iones de nitrato y sulfato, por lo que el riego mediante lluvia no representaría una contaminación considerable.

En cuanto a la influencia del viento en el caso del Cultivo 1, la terraza tenía una pared frontal de 1 m de alto, al estar las macetas en el piso, eran protegidas de este factor, en el caso de los otros cultivos, al estar a ras de suelo y ubicadas en un parqueadero, eran protegidas por los automotores; sin embargo, esto las predisponía a la contaminación por gases, al igual que el cultivo 1, considerada una zona de alto tránsito.

El control de plagas en los tres casos se realizó con biosida orgánico, y en el caso de los cultivos 2 y 3, se colocó una malla para resguardar la cosecha del ataque de aves.

En 2014, se determinó que el área del centro histórico de la ciudad de Cuenca presenta partículas PM10 (Partículas finas derivadas de la combustión residencial, vehicular y compuestos orgánicos; miden menos de 10 micras y son causantes de agravar síntomas del asma y enfermedades respiratorias.) por encima de lo permitido por la OMS, con lo que el riesgo de contraer cáncer de pulmón o enfermedades cardiovasculares derivadas es de un 3 al 9% en la zona (Espinoza & Molina, 2014). Esta situación sin duda predispone a este cultivo

a una mayor contaminación ambiental. Con estos antecedentes se presentan los resultados siguientes:

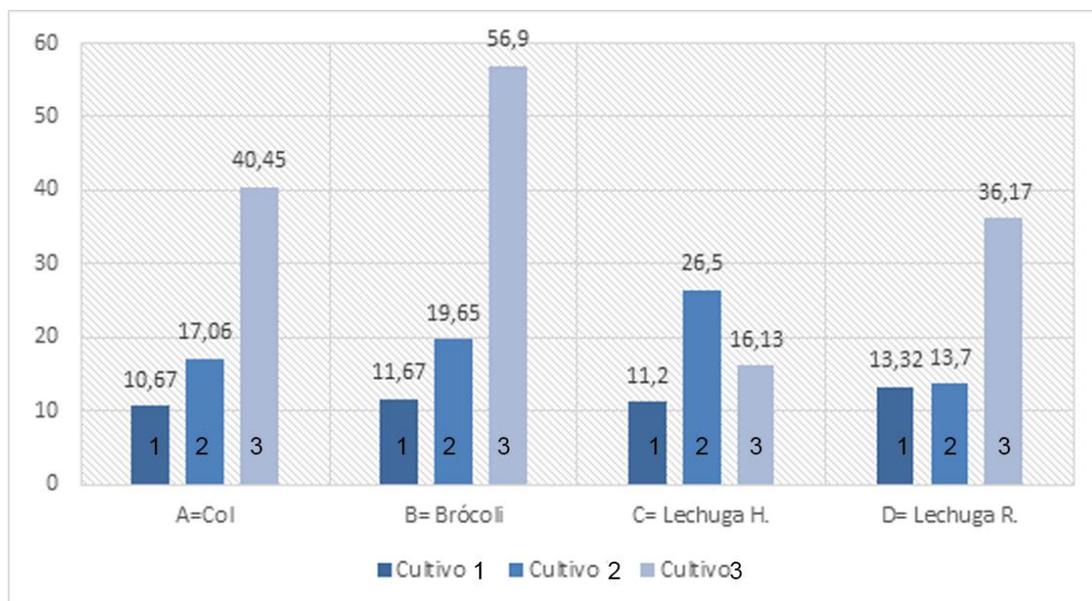
3.1.Comparación del crecimiento de los productos del cultivo

Se presentan las tablas y gráficos referentes al crecimiento lineal de los cultivos, medidos semanalmente y representados en centímetros.

Tabla 20: comparación del crecimiento

	CULTIVO 1			CULTIVO 2			CULTIVO 3		
	Semana i	Semana f.	Si-Sf	Semana i	Semana f	Si-Sf	Semana i	Semana f	Si-Sf
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
A=Col	14,46	25,13	10,67	10,37	27,43	17,06	6,25	46,70	40,45
B= Brócoli	11,21	22,88	11,67	8,96	28,61	19,65	8,40	65,30	56,90
C= Lechuga H.	9,33	20,53	11,2	7,2	33,7	26,5	8,50	24,63	16,13
D= Lechuga R.	7,13	20,45	13,32	5,38	19,08	13,7	2,66	38,83	36,17

Fuente: Cultivo 1: Mora C., 2017, Cultivo 2: UPS, 2017; Cultivo 3: Fernández J. 2016
Elaboración propia.



Fuente: Cultivo 1: Mora C., 2017, Cultivo 2: UPS, 2017; Cultivo 3: Fernández J. 2016
Elaboración propia.

Interpretación: los datos indican en general un crecimiento lineal de los tres cultivos, dentro del Cultivo 1(13,32 cm), la Lechuga repollo presenta mayor crecimiento, en el Cultivo 2 (16,13), la lechuga Híbrida, en el Cultivo 3, el brócoli (56,9 cm). Se observa que en general las hortalizas cultivadas en terraza (Cultivo 1) presentan menor crecimiento, lo que puede deberse al cultivo en macetas, mientras que los cultivos B y C se desarrollaron a ras de suelo.

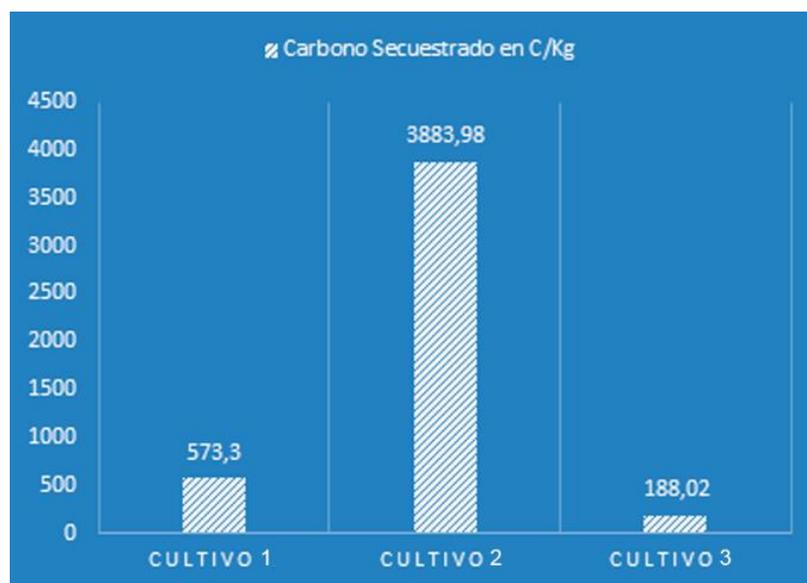
3.2.Comparación de la Captura de Carbono

Tabla 21: comparación del secuestro de carbono

	CULTIVO 1	CULTIVO 2	CULTIVO 3
	C/Kg	C/Kg	C/Kg
A=col	69,72	887,8	122,19
B= Brócoli	24,29	270,72	53,86
C= Lechuga Híbrida	173,23	1013,35	7,22
D= Lechuga Repollo	306,06	1712,11	4,75
TOTAL	573,3	3883,98	188,02

Fuente: Cultivo 1: Mora C., 2017, Cultivo 2: UPS, 2017; Cultivo 3: Fernández J. 2016
Elaboración propia.

Figura 18: comparación del C secuestrado



Fuente: Cultivo 1: Mora C., 2017, Cultivo 2: UPS, 2017; Cultivo 3: Fernández J. 2016
Elaboración propia.

Interpretación: Dentro del Cultivo 1 y 2, la lechuga repollo logra capturar una mayor cantidad de carbono (573,3 C/Kg) sin embargo, en el Cultivo 3 (188,02 C/Kg), es la Colmorada el vegetal de mayor captura. El Cultivo 2, logra retener un total mayor de carbono, debido a la cantidad mayor de tratamientos que poseía el cultivo.

3.3.Comparación de la Concentración de Plomo (Pb)

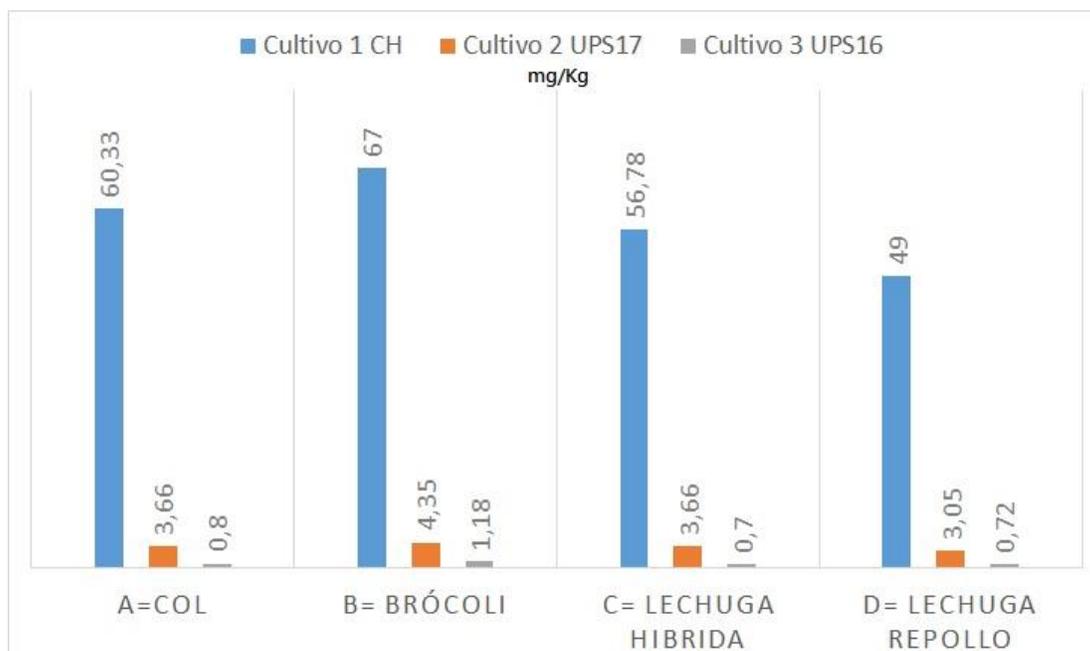
Tabla 22: comparación de la concentración de plomo.

Concentración de Plomo						
	CULTIVO 1		CULTIVO 2		CULTIVO 3	
	mg/Kg	%	mg/Kg	%	mg/Kg	%
A=col	60,33	25,88%	3,66	24,86%	0,8	23,53%
B= Brócoli	67	28,74%	4,35	29,55%	1,18	34,71%
C= Lechuga Hibrida	56,78	24,36%	3,66	24,86%	0,7	20,59%
D= Lechuga Repollo	49	21,02%	3,05	20,72%	0,72	21,18%
	233,11	100,00%	14,72	100,00%	3,4	100,00%

CONCENTRACION DE PLOMO		
	mg/Kg	%
CULTIVO 1 CH	233,11	92,79%
CULTIVO 2 UPS1	14,72	5,86%
CULTIVO 3 UPS1	3,4	1,35%
	251,23	100,00%

Fuente: Cultivo 1: Mora C., 2017, Cultivo 2: UPS, 2017; Cultivo 3: Fernández J. 2016
Elaboración propia.

Figura 19: comparación de las concentraciones de plomo



Fuente: Cultivo 1: Mora C., 2017, Cultivo 2: UPS, 2017; Cultivo 3: Fernández J. 2016
Elaboración propia.

Interpretación: De los 251,93 mg/Kg de plomo encontrados en los 3 cultivos, el cultivo del Centro Histórico obtuvo el 92,79% del plomo total, el Cultivo 2 UPS17 el 5,86% por tanto no son aptos para el consumo humano. El Cultivo UPS16, obtuvo un 1,35%,

Como hallazgo de la investigación, se encontró niveles de plomo que sobrepasan los límites permitidos dentro de la normativa de la Unión Europea (0,3 mg/Kg), por lo que ninguno de los tres cultivos son aptos para el consumo humano.

3.1.Comparación del análisis microbiológico

Tabla 23: comparación del análisis microbiológico.

	CULTIVO 1		CULTIVO 2		CULTIVO 3	
	Co.	E. Coli	Co.	E. Coli	Co.	E. Coli
	UFC/g		UFC/g		UFC/g	
A= Col	90	1	13	0	0	2
B= Brócoli	20	0	40	0	0	0
C=Lechuga H.	30	0	5	0	30	3
D= Lechuga R.	80	0	33	0	0	0

Fuente: Cultivo 1: Mora C., 2017, Cultivo 2: UPS, 2017; Cultivo 3: Fernández J. 2016
Elaboración propia.

Interpretación: los datos descritos se encuentran por debajo de los límites para E. Coli y Coliformes especificadas por B. Pablo y M. Moragas en la “*Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y asimilados y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario*” (Pablo & Moragas, 2008).

3.4.Inferencia del impacto ambiental de la agricultura urbana en la lucha contra el cambio climático.

La agricultura urbana dentro de este estudio se ha implementado como una medida de mitigación del cambio climático, su aporte se basa en los siguientes ejes:

- Sumideros de Carbono: contribuyen a la reducción de carbono en el aire que pueda agravar el efecto invernadero, la determinación de la Lechuga Híbrida como sumidero tiene ventajas que van desde aspectos económicos, espacio y hasta de popularidad. Las plántulas de lechuga Híbrida tienen un bajo costo, los ciclos de cultivo son cortos y masificación de esta hortaliza en las dietas de la población mundial lo vuelve un producto popular de consumo; además de que no se requiere

extensiones de terreno considerables para su cultivo, puede hacerse en contenedores, como en jardines pequeños dentro de la ciudad.

- Los cultivos urbanos aportan al cambio climático pues se gestan en base a la responsabilidad social. Por lo general, las familias que tiene un cultivo urbano están conscientes de las ventajas de la seguridad alimentaria para sus familias, la calidad de los productos, ingresos económicos por cultivos remanentes y por otro lado, el cultivo urbano brinda un apego a lo natural, las personas regresan a la tierra como su fuente de alimentación, generando en ellos la conciencia de cuidado de este espacio que les brinda frutos.
- Para que un cultivo urbano contribuya verdaderamente al cambio climático, debe estar acompañado por la guía profesional que determine los productos a cultivar en una determinada zona, en este estudio se ha determinado que en las zonas urbanas de Cuenca, la contaminación automotriz no permite la obtención de cultivos para el consumo humano en cuanto a las cuatro hortalizas cultivadas.

DISCUSIÓN

La metodología de obtención de la masa vegetal de los cultivos se realizó de forma experimental, mediante la medición semanal de las plantas, desde la primera semana de sembrado hasta la semana 14 de cosecha, con lo que se obtuvo que la lechuga repollo creció 13,32 cm; la lechuga de hoja creció hasta llegar a los 20,53 cm, valor por debajo del cultivo de la UPS, donde la lechuga de hoja alcanzó los 24 cm; esto debido a que el cultivo fue a ras de suelo, mientras que el de esta investigación se realizó en macetas; se debe notar que el cultivo de Fernández J. (Cultivo 3) presenta un crecimiento mucho mayor que los dos anteriores, alcanzando el brócoli una altura de 65,3 cm en la octava semana, mucho mayor al de los cultivos 1 (22,88 cm) y 2 (28,61 cm) (Fernández, 2016).

En contraposición, Vega D. evaluó la producción de papa chaucha en contenedores, hallando que la producción en contenedores presentaba valores de cosecha similares a los producidos a ras de suelo, sin embargo la recomendación de la investigación era valorar otras especies con la finalidad de determinar los factores que predisponen a un cultivo urbano en macetas a rendir en menor medida que un cultivo urbano a nivel de suelo (Vega, 2015).

Un factor importante que puede inducir en el crecimiento de la planta, es el cuidado con humus proveniente de la lombricultura. Basante (2010), Aplicó dos tipos de Biofertilizantes a un cultivo de brócoli, consiguiendo una altura máxima de 54,47cm con una dosis del Biol T8 al 5% (compuesto por 50% de estiércol de ovino, 16,7% harina de sangre, 16,7% roca fosfórica, 30% ceniza de leña, humus, melaza, leche, alfalfa, levadura y agua.). En el año 2015, en la ciudad de Marcará, Perú, se realizó la siembra por tratamientos de Brócoli, abonado con humus de lombriz, el cultivo generó una altura promedio de 23.33 cm con lo que se concluyó, que en relación a los cultivos que no se abonaba, el abono utilizado

generaba mayores toneladas de cosecha de brócoli por hectárea, sin embargo, la altura del brócoli del Cultivo 3, es más alta que el producto de los dos cultivos citados (Cueva, 2015).

En contraposición, un estudio realizado por Lima, J. (Arequipa, 2015) se determinó que el abono más eficiente para el cultivo de brócoli fue el realizado a base de estiércol de cuy, logrando una rentabilidad 10,9% mayor que el tratamiento abonado con humus (Lima, 2015).

En el caso de las lechugas híbrida y repollo se evidencia que pueden presentar menor medida longitudinal, a pesar de haberse sembrado en iguales condiciones que los demás tratamientos, un estudio realizado en el año 2013, evalúa el desempeño de dos tipos de lechugas, híbrida y repollo, indicando que a pesar de que los cultivos de brócoli son más grandes que el de las lechugas, estas crecerán más con apenas una cantidad de humus enriquecida de fertilizantes químicos (Añez, 2012).

Los niveles de Plomo normados por la Unión Europea, indican que la concentración máxima permisible de Pb en Hortalizas es de 0,3 mg/Kg (Rubio, et al, 2014), los datos obtenidos en el cultivo ubicado en el Centro Histórico de Cuenca, posee concentraciones superiores a los 56,78 mg/Kg, por lo que el cultivo en su totalidad, no es apto para el consumo humano.

Los valores de Plomo encontrados en los cultivos 2 y 3 sobrepasan los 1,2 mg/Kg. Estos valores indican que las actividades humanas ha influido en el aumento de plomo en el suelo, estas acciones pueden incluir la contaminación por gases automotrices (Palacios, 2014), cuya influencia está presente en los tres cultivos, tal y como lo indica un estudio realizado en el año de 2014, donde se buscaba determinar el nivel de contaminación de cinco

áreas de la ciudad, encontrando que los sectores aledaños a la Av. Huayna Cápac, y por otro lado, los cercanos a la Calle Presidente Córdova dentro del centro histórico se encontraban contaminados con altos índices de Partículas finas conocidas como PM10, responsables de las enfermedades respiratorias y hasta del cáncer de pulmón (Espinoza & Molina, 2014).

Se debe tomar en cuenta que las hortalizas de hojas son capaces de absorber mayormente metales pesados que pueden acumularse en los cultivos por medio del agua de riego, contaminantes atmosféricos y lluvias ácidas (Verdugo, 2017).

Si tomamos en cuenta que el Pb es un elemento químico que se caracteriza por alta contaminación metálica y al no ser factible de degradación, su permanencia en un ser vivo puede desencadenar en enfermedades catastróficas derivadas de la intoxicación; como el cáncer, fallos renales y por supuesto, la muerte (Téllez & Bautista, 2017).

Según la OMS, Las principales fuentes de exposición al Pb, comprenden a los combustibles automotrices y la contaminación de minas o materiales de construcción para fundiciones (OMS, 2016); en el área central de la ciudad es conocida la exposición a contaminación ambiental que se agrava a nivel que crece el parque automotor, causando malestar en los habitantes en de la zona y anulando cualquier intención de llevar a cabo un cultivo urbano en el perímetro urbano para consumo, no así para mitigación del efecto invernadero.

Se debe tener en cuenta que el cultivo a ras de suelo, es capaz de absorber el Pb derivado de la contaminación, dando como resultado, espacios no aptos para cultivos, que deben ser tratados con cultivos y procesos especiales antes de su uso en la agricultura para consumo (Sierra, 2016).

En referencia al carbono secuestrado en de la investigación, se observa que dentro de la terraza, la lechuga repollo captura mayor cantidad (306, 058 kg de C secuestrado), dentro del cultivo de la UPS, el vegetal de mayor captura es de igual forma la lechuga repollo con un total de 1712 Kg de C secuestrados. La diferencia numérica radica en la biomasa de las plantas. En el Cultivo 3, la col morada es el vegetal de mayor secuestro con 161 Kg de C secuestrado. Los datos anteriores demuestran que dentro de los mismos cultivos, ciertas plantas son capaces de secuestrar mayores niveles de carbono, aunque sean cultivados con características idénticas de riego, abonado y condiciones climáticas.

Entre los años 2011 y 2014, Romero M. cultivó distintos tipos de lechugas en cultivos dentro de invernadero y al aire libre, los cultivos dentro de invernadero secuestraron mayor cantidad de carbono, en cuanto se concluye que los ambientes cerrados similares a los estudiados son factibles de influencia en los cultivos de hoja (Romero, 2014).

Por otro lado, mediciones de carbono en un cultivo de lechugas repollo y romanas realizadas en el año 2010 en Murcia, España, dieron como resultado una mayor captura para las lechugas repollo, los autores atribuyeron el hallazgo al mayor nivel de biomasa de las lechugas repollo (Mota, et al, 2010).

Por lo anterior se concluye que los cultivos urbanos son capaces de brindar a las personas, no solo beneficios alimentarios, sino muchos otros que van desde los beneficios sociales hasta los físicos y psicológicos (Zielinski & García, 2012).

CONCLUSIONES

Las conclusiones de la presente investigación se estructuraron en base a los objetivos planteados y son los siguientes:

1. De los 251,93 mg/Kg de plomo encontrados en los 3 cultivos, el cultivo del Centro Histórico obtuvo el 92,79% del plomo total, el Cultivo 2 UPS17 el 5,86% por tanto no son aptos para el consumo humano. El Cultivo UPS16, obtuvo un 1,35%, con lo que el cultivo de Brócoli y Coliflor no son aptos para consumo humano.
2. El número de colonias para E. Coli y coliformes no sobrepasó los límites permitidos de 10-102 ufc/g en ninguno de los cultivos debido a que las muestras fueron lavadas con agua destilada, razón por la cual se concluye que un manejo higiénico adecuado previo al consumo, es importante para la prevención de enfermedades derivadas de E. Coli y coliformes.
3. Lechuga repollo captura mayor cantidad de carbono en el Cultivo 1CH y en el Cultivo 1 UPS17; mientras que en el Cultivo UPS16, lo hace la col morada.
4. Los datos anteriormente detallados muestran que los cultivos urbanos dentro del centro histórico en la ciudad de Cuenca deben implementarse con responsabilidad. Para que un cultivo urbano contribuya verdaderamente al cambio climático, debe estar acompañado por la guía profesional que determine los productos a cultivar en una determinada zona, en este estudio se ha determinado que en las zonas urbanas de Cuenca, la contaminación automotriz no permite la obtención de cultivos para el consumo humano en cuanto a las cuatro hortalizas cultivadas.

RECOMENDACIONES

- Según la OMS (2017), una de las principales ingestas de plomo para el ser humano se encuentra en el polvo, agua y alimentos contaminados, en este estudio se develaron datos preocupantes para los habitantes de la zona central de la urbe, es imperativo realizar estudios que determinen la cantidad de plomo en sangre, de los habitantes de la zona.
- Se recomienda el estudio de mayores captosres de carbono ornamentales y descontaminantes como *Rye Gras* o pasto, *Gomphrena Celosioides*, *Phyla Canescens*, *Senecio Ceratophylloides*, etc. (Soto, et al, 2012), ya que a pesar de que la lechuga hibrida o col morada sean captosres de carbono es costumbre su cosecha para consumo, por lo que se puede exhortar a la población a poseer plantas ornamentales que secuestren cantidades similares, aportando al medio ambiente y se contribuye a contrarrestar el efecto invernadero.

BIBLIOGRAFÍA

- 3M. (2006). Placas Petrifilm™ para el Recuento de E. coli/Coliformes. *Guía de interpretación*, 1-6.
- Abad, W., & Sousa, R. (2017). La agricultura urbana: una estrategia de desarrollo local para la seguridad alimentaria en la comunidad. *Revista GeoNordeste*, 181-198.
- ABITIERRA. (2000). Programa de Agricultura Urbana, Cuenca y sus alrededores (Ecuador). *Concurso de Buenas Prácticas ambientales Dubai 2000.*, 1-10.
- Alcántara, V., Piaggio, M., & Padilla, E. (2016). NOx emissions and productive structure in Spain: An input–output perspective. . *Serie Documentos de Trabajo*.
- Añez, B. (2012). Respuestas de la lechuga y el repollo a la fertilización química orgánica. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.
- Arosemena, G. (2012). *Agricultura urbana: espacios de cultivo para una ciudad sostenible*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Aubry, C., & Kebir, L. (2013). Shortening food supply chains: A means for maintaining agriculture close to urban areas? The case of the French metropolitan area of Paris. *Food Policy*, 85-93.
- Ayala, M. (2014). Determinación de las concentraciones de iones presentes en el agua lluvia de la zona urbana de la Ciudad de Cuenca causantes de la lluvia ácida. *Universidad Politécnica Salesiana*, Tesis de Grado.

- Basantes, E. (2010). Elaboración y aplicación de dos tipos de biol en el cultivo de brócoli. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, Tesis de Grado.
- Berensztein, N. (2017). Control biológico por conservación: evaluación de los enemigos naturales de *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) en un manejo agroecológico de producción al aire libre de repollo (*Brassica oleracea*) del Cinturón Hortícola de La Plata, Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 141-154.
- Bernal, C. (2011). Manejo de sustratos y fertilizantes en la Agricultura Urbana. *Sena*.
- Berruezo, J., & Jiménez, J. (2017). Situación del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Resumen de las Cumbres de París, COP21 y de Marrakech, COP22. . *Revista de Salud Ambiental*, 34-39.
- Campo, A., & Acosta, R. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Disponible en: <https://goo.gl/2f7smy>.
- Cañón, L., & Amaya, C. (2017). Uso de los recursos naturales en los espacios destinados para la agricultura urbana en la localidad de San Cristóbal de la ciudad de Bogotá. *Umanizales*, 12-49.
- Cárdenas, C. (2014). *Las plantas aleopáticas*. Sangolquí, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Cargua, F., Rodríguez, M., Recalde, C., & Vinueza, L. (2014). Cuantificación del contenido de carbono en una plantación de pino insigne (*Pinus radiata*) y en estrato de páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Información tecnología*, 83-92.

- Carvajal, E. (2010). Evaluación de impacto del Proyecto “Producción y comercialización de productos Orgánicos de la Agricultura Urbana como estrategia de seguridad alimentaria, mejoramiento de ingresos y generación de empleo. *Banco Interamericano de Desarrollo*.
- Carvajal, M. (2015). Absorción de CO₂ en cultivos representativos. *Agricultura Región de Murcia*.
- Carvajal, N., Roncancio, V., & Rivera, A. (2014). Comportamiento de Variables Químicas en un Sistema de Cultivo sin Suelo para Clavel en la Sabana de Bogotá. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72-81.
- Castro, D. (2017). Biorremediación de agua contaminada por diesel y petróleo empleando un microbioma y sustancias húmicas.
- CMNUCC. (1997). *Protocolo de Kioto*.
- CONQUITO. (2015). Quito Siembra: Agricultura Urbana. *Agrupar*, 1-23.
- Cruz, J., Rosas, J., Rangel, L., Cortés, J., Gonzales, J., & Aldapa, C. (2016). Presencia de patotípos de escherichia coli y salmonella multiresistente a antibióticos en muestras de cilantro obtenidas en mercados de la ciudad. *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*.
- Cueva, L. (2015). Efecto de la aplicación de tres dosis de humus y microorganismos eficaces en el cultivo de brócolo en Marcará. *Tesis de grado*, 1-86.
- De Arnmas, T., & Castro, D. (2007). Impacto de la contaminación ambiental sobre los cultivos: Metales pesados. *Ciencia y Tecnología de alimentos*, 75-80.
- Delgado, R., Riviera, Y., Torres, J. C., Flores, J., & Santana, L. (2014). Determinación de cadmio, cromo, plomo y arsénico en suelos superficiales

- urbanos de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *CULCYT Medio Ambiente*, 189-207.
- ECOAGRICULTOR. (2013). Manual Agricultura Orgánica Huerta en Casa.
- EMAC. (2017). El humus y compost con sello de calidad EMAC. *Servicios*.
- Espinoza, E., & Molina, C. (2014). Contaminación del aire exterior Cuenca-Ecuador, 2009-2013. Posibles efectos en la salud. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas*, 6-17.
- ETAPA EP. (2016). Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Ucubamba. *Servicios Saneamiento*.
- FAO. (2014). *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe*. Roma.
- FAO. (2017). *Agricultura Urbana*. Obtenido de Sitio Web de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2017). La Habana. *Crear Ciudades más verdes*, <https://goo.gl/gDQ8DX>.
- Fernández, J. (2016). Agricultura urbana y su aporte contra el efecto invernadero en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. *Tesis de Grado*.
- GAD Cuenca. (2017). *Programa de Agricultura Urbana*. Recuperado el 31 de 03 de 2017, de <http://www.cuenca.gob.ec/?q=content/programa-de-agricultura-urbana>
- Galán, E., & Romero, A. (2008). *Contaminación de suelos por metales pesados*. Madrid: Macla.
- Garzón, D. (2011). Cartilla para el manejo integrado de la fertilización, las plagas y las enfermedades en las Unidades Integrales de agricultura urbana de Bogotá .

- Gómez, J. (2004). *Evaluación de plaguicidas naturales y químicos en el control de áfidos y nemátodos en el cultivo de tomate de árbol*. Cuenca: Tesis de Grado.
- Gomez, J. (2014). Agricultura urbana en América Latina y Colombia: perspectivas y elementos agronómicos diferenciadores. *Repositorio Digital UNAD*.
- González, E., González, L., & Ortiz, C. (2017). Relación del uso del suelo, las prácticas agrícolas y la biodiversidad con la emisión de gases de efecto invernadero y la eficiencia energética en fincas agroecológicas. *Revista Científica Agrícola*.
- Humboldt, A. (2012). Memorias Internacionales de Agricultura Urbana. *Revista de Agricultura de La Habana*.
- Izquierdo, M., De Miguel, E., Ortega, M., & Mingot, J. (2015). Bioaccessibility of metals and human health risk assessment in community urban gardens. *Chemosphere*, 312–318.
- Jardín botánico de Bogotá. (2016). Cartillas Técnicas Agricultura Urbana.
- Jiang, L., Deng, X., & Seto, K. (2013). (2013). The impact of urban expansion on agricultural land use intensity in China. . *Land Use Policy*, 33-39.
- Juárez, M., Collado, C., & López, F. (2016). Factores que influyen en la práctica de la horticultura periurbana: caso de una ciudad en el estado de Veracruz, México. *Estudios Sociales*, 206-229.
- Kabala, C., Chodak, T., Szerszen, L., Karczewska, A., Szopka, K., & Fratzczak, U. (2010). Factors influencing the concentration of heavy metals in soils of allotment gardens in the city of Wrocław, Poland. *Fresenius Environ*, 1118–1124.

- Kabisch, N. (2015). Ecosystem service implementation and governance challenges in urban green space planning—The case of Berlin, Germany. *Land Use Policy*, 557-567.
- La Rosa, J., Rebaza, A., & Saavedra, M. (2015). Manejo de algodónero (*Gossypium raymondii*) y ajíes (*Capsicum spp*) nativos en el control de plagas en quinua (*Chenopodium quinoa*). *Pueblo Continente*, 163-168.
- Lima, J. (2015). Cultivo orgánico de brocoli (*brassica oleracea l.*) Con aplicaciones de bocashi y microorganismos eficaces en el valle de chilina, Arequipa. *Tesis de Grado*.
- Méndez, M., Minchala, L., & Sanchez, N. (2014). Características del expendio del chocho y su relación con la contaminación microbiológica en la Ciudad de Cuenca. *Tesis de Grado*.
- Méndez, O., León, N., & Rincón, R. (2012). Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. *Gayana Botanica*, 49-54.
- Menéndez, F. (2015). Medición de las emisiones de NOx en el proceso de combustión de mezclas de carbón y cascarilla de arroz por el método de co-firing. *Doctoral dissertation, Uniandes*.
- Miranda, J. (2016). Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla. *Revista Entorno*, 7-16.
- Mota, C., Alcaraz, C., & Iglesias, M. (2010). Absorción de CO2 por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. *Hirticultura interempresas*, Disponible en: <https://goo.gl/rz27Ah>.

- Muñoz, H. (2016). El Cambio Climático y sus impactos. *Revista Pluralidad y Consenso*.
- Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *Artículos*.
- Naciones Unidas. (2009). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 15º período de sesiones, celebrado en Copenhague.
- Navarro, A., & Delgado, A. (2017). Los retos de la calidad del aire en la ciudad de Puebla, México. *Memorias III Seminario Internacional de Ciencias Ambientales SUE-Caribe*, 33-36.
- OMS. (Septiembre de 2016). *Intoxicación por plomo y salud*. Recuperado el 23 de Julio de 2017, de <https://goo.gl/HRZKRv>
- ONU. (2017). Naciones Unidas y el cambio climático. 1-16.
- ONU Grupo de Energía y Medio Ambiente. (2011). Análisis y Resumen de la Conferencia sobre cambio climático de la CMNUCC en Durban, Sudáfrica del 28 de noviembre al 9 de diciembre de 2011 . *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*.
- Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). Summary of Doha negotiations.
- Organización Panamericana de Salud. (2015). Antigua y Barbuda. *Contexto*.
- Orrego, S., & del Valle, J. (2011). Existencias y tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia. In Valdivia: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas. *Valdivia: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales*.

- Pablo, B., & Moragas, M. (2008). Moragas Encuentra, M., & DE PABLO BUSTO, M. B. (2008). Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y asimilados y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario. *Normas microbiológicas*, 11(2), 4-43.
- Palacios, E. (2014). Contaminación del aire exterior Cuenca 2013. *Revista de la facultad de Ciencias Médicas*, 1-12.
- Pallant, J. (2014). *A step by step guide to data analysis using SPSS*.
- Penner, H. (2009). Los principios básicos de la espectroscopia. *Dialnet*, 1(1), 423-435.
- Puig, Y., Castillo, V., & Rodriguez, J. (2014). Calidad microbiológica de las hortalizas y factores asociados a la contaminación en áreas de cultivo en La Habana. *Ciencias Epidemiológicas Salubristas*, Disponible en: <https://goo.gl/AV5hZt>.
- Puig, Y., Leyva, V., Suárez, A., & Carrera, V. (2014). Calidad microbiológica de las hortalizas y factores asociados a la contaminación en áreas de cultivo en La Habana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*.
- Ramírez, H., Gómez, C., & Calvo, M. (2007). Diagnóstico de la Agricultura Urbana en Bogotá. *Ciudades Cultivando para el Futuro CCF*, 1-72.
- Razmilic, B. (2015). Espectroscopia De Absorcion Atomica. *Depósito de documentos de la FAO*.
- Real Jardín Botánico de Madrid. (2017). Las plantas del mes. Disponible en: <https://goo.gl/cnMPmn>.
- Romero, M. (2014). Huella de Carbono en cultivos hortícolas de hoja: Lechuga y Escarola. *servifapa*, Disponible en: <https://goo.gl/uEQSwF>.

- Rubio, C., Gutierrez, A., Izquierdo, M., Revert, R., Lozano, C., & Hardisson, A. (2014). El plomo como contaminante alimentario. *Revista de Toxicología*, 21(2), 72-80.
- Rugnitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales*. Lima, Perú: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF).
- Rüginitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. *Consórcio Iniciativa Amazônica*, 1-79.
- Sánchez, J., Muro, G., Flores, J., Jurado, E., & Sáenz, J. (2015). Contenido de carbono en un sistema agroforestal pastoril-silvícola del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*, 57-61.
- Sierra, R. (2016). Fitorremediación de un suelo contaminado con plomo por actividad industrial. *Tesis de Grado*.
- Soto, M., Barbaro, L., Coviella, M., & Stancanellu, S. (2012). Catálogo de plantas para techos verdes. *Revista del Ministerio de Agricultura*.
- Soto, S. (2016). Expresión de factores de virulencia en cepas extraintestinales de *Escherichia coli*. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*.
- Téllez, R., & Bautista, L. (2017). Intoxicación por plomo y nivel de marginación en recién nacidos de Morelos, México. *Salud pública de México*, 218-226.
- Tenorio, L. (2015). Evaluación de la calidad de semillas de amaranto y tomate producidas con dos métodos bajo el sistema biointensivo de cultivo. *Tesis de Grado*.
- UNAM. (2015). Azoteas Verdes para disminuir la contaminación atmosférica. *Boletín UNAM-DGCS-395*.

- Urrestarazu, M. (2015). *Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía*. . Madrid: Mundi-Prensa .
- Vargas, G., Durán, A., González, M., & Mora, D. (2015). Perfil de riesgos de contaminación microbiológica y química en la cadena de producción de nueve productos hortícolas para consumo fresco, de un grupo de empresas agrícolas del Valle Central de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 105-119.
- Vega, D. (2015). Evaluación de la producción de papa criolla solanum phureja clon paisa en contenedores de polietileno de alta densidad bajo el marco de agricultura urbana. *Revista Luna Azul*, 40.
- Velásquez, P., & Flores, D. (2012). Proyecto Social “Huertos Urbanos”. *Universidad Católica Santiago de Guayaquil*.
- Verdugo, J. (2017). Bioabsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina. *Trabajo de graduación*, UPS.
- Wether Travel. (2016). Cuenca climate guide. 1.
- Zeng, D., Zhou, S., Ren, B., & Chen, T. (2015). Bioaccumulation of Antimony and Arsenic in Vegetables and Health Risk Assessment in the Superlarge Antimony-Mining. *Methods Chem*, 1-9.
- Zielinski, S., & García, M. (2012). Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.