

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO 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 LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE
CUENCA**

**AUTOR:
JOSÉ LUIS GALARZA RODRIGUEZ**

**TUTOR:
FREDI PORTILLA FARFÁN, PhD**

**Cuenca - Ecuador
2017**

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, José Luis Galarza Rodriguez, con documento de identificación N° 0301857397, 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 LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA” , mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero 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 que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



José Luis Galarza Rodriguez

0301857397

Cuenca, Octubre del 2017

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 LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA”, realizado por JOSÉ LUIS GALARZA RODRIGUEZ, obteniendo el “Trabajo Experimental” que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Octubre del 2017



Fredi Portilla Farfán, PhD

0102824331

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, José Luis Galarza Rodriguez, con número de cédula: 0301857397 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 LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA” certifico que el total contenido del Trabajo Experimental es de mi exclusiva responsabilidad y Auditoría .

Cuenca, Octubre del 2017



José Luis Galarza Rodriguez

0301857397

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mis padres por brindarme todo el apoyo incondicional y por estar allí en la buenas y malas.

A mi esposa Magaly y a mis hijos Dennis y Melanie que gracias a sus palabras nunca me dí por vencido y siempre fueron mi inspiración para salir en adelante ante cualquier adversidad.

A mi tutor por su apoyo y conocimientos brindados.

DEDICATORIA

A mi tía Zoila Sofía Rodríguez, aunque estés en el cielo siempre te tengo presente y todo lo que soy y lo que seré más adelante es y será gracias a ti ya que fuiste como mi mamá gracias por acompañarme durante 18 largos años y siempre guiarme por el camino del bien, siempre supiste darme la fuerza la inteligencia y la paciencia necesaria para salir en adelante.

RESUMEN

La Agricultura Urbana es ampliamente practicada como una propuesta potencial para la mitigación del cambio climático. Sin embargo, se han reportado varios casos de contaminación dentro de estos sistemas, lo cual representa un riesgo para la salud humana. En esta investigación se estudió cuatro tipos de hortalizas; col híbrida (*Brassica viridis*), brócoli (*Brassica oleracea italica*), lechuga de hoja (*Lactuca sativa* var. *crispa*) y lechuga de repollo (*Lactuca sativa* var. *capitata*), a través de un sistema de Agricultura Urbana a nivel de terrazas y suelo, implementado en la Universidad Politécnica Salesiana, en la ciudad de Cuenca, Ecuador. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de Pb, el recuento de *E.coli*/Coliformes y la captura de CO₂ en las especies de hortalizas mencionadas. El análisis de la concentración de Pb se determinó a través de absorción atómica (técnica horno de grafito), el recuento de *E.coli*/Coliformes mediante la técnica de placas Petrifilm. El análisis estadístico se hizo mediante la Prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. Se encontró que las concentraciones de Pb sobrepasan los límites establecidos en la Normativa Europea (0.30 mg/kg); la concentración de *E. coli* es nulo, y de Coliformes, está dentro de los niveles permitidos en la normativa vigente (10^2 - 10^4) UFC/g, mientras que la captura de CO₂ estuvo determinada por del tamaño del cultivo, siendo la lechuga de repollo, la hortaliza de mayor capacidad para capturar CO₂. Al aplicar la prueba no paramétrica a nivel de suelo y terrazas el Pb presentó concentraciones similares en ambos sitios, mientras que la concentración de Coliformes y la captura de CO₂ son diferentes.

Palabras Clave: Agricultura Urbana, Concentración, Plomo

ABSTRACT

Urban Agriculture is widely practiced as trendy proposal for mitigation of climate change. However, various cases of contamination within these systems have been reported, which pose a risk to our health. In this research, we studied four types of vegetation; cabbage (*Brassica viridis*), broccoli (*Brassica oleracea Italica*), leaf lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) and cabbage lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*), through a system of urban agriculture at terrace levels and ground, implemented at Politécnica Salesiana University, in the city of Cuenca, Ecuador. The objective of this study, was to determine the concentration of Pb, *e. coli*/coliform count and the absorption of CO₂ in the listed vegetable species. The applied methodology for the Pb concentration analysis was the atomic absorption (graphite furnace technique); the recount of *e. coli*/coliforms through petrifilm layers technique, and the statistical analysis between samples was carried out through the non-parametric test U of Mann-Whitney. It was found that the concentrations of Pb overtake the established limits in the European Normative (0.30 mg/kg); the concentration of *e. coli* is null and the coliforms are at the allowed limits in the current normative (10-10²) UFC/g. The absorption of CO₂ was determined by the size of the crops, being the cabbage lettuce, the larger vegetable to capture CO₂ (0.3608 tn) . When applying the non-parametric test to terrace level and ground, the Pb presented similar concentrations; meanwhile the coliform concentration and the absorption of CO₂ were different.

Keywords: Urban Agriculture, Concentration, Lead

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema	1
1.2 Delimitación	2
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo General	4
2.2 Objetivos Específicos	4
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Agricultura Urbana	5
3.1.1 Beneficios de la AU	6
3.1.2 Seguridad nutricional y alimentaria	6
3.1.3 Beneficios socioeconómicos	7
3.1.4 Beneficios Ambientales	8
3.1.5 Casos de estudio AU	10
3.2 Contaminación Ambiental	11
3.2.1 Contaminación en las ciudades	12
3.2.2 Contaminación y su impacto en la población	14
3.2.3 Contaminación por metales pesados	15
3.2.4 Contaminación en la agricultura urbana	17
3.3 El efecto invernadero y el cambio climático	19
3.3.1 Contribución de las ciudades al efecto invernadero y medidas de mitigación	21
3.3.2 Mitigación y adaptación mediante la agricultura urbana	22
3.4 Contaminación microbiológica en hortalizas	28
3.4.1 Coliformes totales	28

3.4.2 Escherichia coli	29
3.5 Dióxido de carbono	29
3.5.1 Ciclo del carbono	29
3.5.2 Medidas de Mitigación.....	31
3.5.3 Captura de carbono mediante la Agricultura Urbana.....	32
3.6 Botánica de las hortalizas.....	33
4. MATERIALES Y METODOS.....	36
4.1 Muestreo de hortalizas	36
4.1.1 Siembra	36
4.1.2 Riego	38
4.1.3 Manejo de plagas.....	39
4.2 Incremento de masa vegetal en los cultivos	40
4.3 Determinación de la concentración de plomo	41
4.4 Análisis microbiológico	45
4.4.1 Toma de muestras	46
4.4.2 Preparación de la muestra	46
4.4.3 Inoculación e incubación.....	47
4.4.4 Cálculos.....	49
4.5 Captura de CO ₂	50
4.5.1 Preparación de la técnica.....	50
4.5.2 Cantidad de carbono.....	52
4.5.3 Cantidad de CO ₂ secuestrado	52
4.6 Comparación de concentración de Pb, recuento de Coliformes y captura de CO ₂ a nivel de terrazas y a nivel del suelo	53
5. RESULTADOS.....	54
5.1 A nivel de terrazas.....	54

5.1.1 Incremento de masa vegetal	54
5.1.1.1 Altura de la planta	54
5.1.1.2 Área Foliar	56
5.1.2 Concentración de Plomo	58
5.1.3 Recuento de bacterias presentes (<i>E. coli</i> / Coliformes).....	60
5.1.4 Captura de CO ₂	62
5.2 A nivel de suelo	64
5.2.1 Incremento de masa vegetal	64
5.2.1.1 Altura de las hortalizas	64
5.2.1.2 Área Foliar de las hortalizas.....	66
5.2.2 Concentración de plomo	68
5.2.3 Recuento de bacterias presentes (<i>E. coli</i> / Coliformes).....	70
5.2.4 Captura de CO ₂	72
5.3 Comparación de concentración de Pb, Recuento de Coliformes Totales y captura de CO ₂ a nivel de terrazas y a nivel del suelo	74
6. DISCUSIÓN.....	76
7. CONCLUSIONES.....	79
8. RECOMENDACIONES.....	80
9. BIBLIOGRAFÍA.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.....	3
Figura 2: Absorción de metales pesados en la planta.	18
Figura 3: Proyección de emisiones de CO2.	20
Figura 4: Componentes de los impactos del cambio Climático	24
Figura 5: Proceso de adaptación al cambio climático	26
Figura 6: Ciclo del Carbono	31
Figura 7: Localización de la huerta.	36
Figura 8: Prediseño de siembra para hortalizas a nivel de terrazas.....	37
Figura 9: Distribución de Tratamiento a nivel de terrazas	37
Figura 10: Prediseño de siembra para hortalizas a nivel de terrazas.....	38
Figura 11: Siembra a nivel de Suelo	38
Figura 12: Riego de plantas.....	39
Figura 13: Fumigación para el control de plagas.	40
Figura 14: Almacenamiento de muestras.	41
Figura 15: Secado de las muestras.	42
Figura 16: Peso de la muestra.	42
Figura 17: Mezclado de la muestra.	42
Figura 18: Evaporación de la muestra.....	43
Figura 19: Mufla.	43
Figura 20: Evaporación de la ceniza de la muestra.	43
Figura 21: Mezclado de la muestra.	44
Figura 22: Baño en seco.....	44
Figura 23: Aforación de la muestra.....	44
Figura 24: Almacenamiento de la muestra.....	45

Figura 25: Horno de grafito.....	45
Figura 26: Peso de la muestra para análisis microbiológico.	46
Figura 27: Preparación del agua de peptona.	46
Figura 28: Homogenización de la muestra.....	47
Figura 29: Etiquetado de placas.	47
Figura 30: Colocación de la muestra en la placa.....	48
Figura 31: Dispersión de la muestra.....	48
Figura 32: Incubación de la muestra.	49
Figura 33: Interpretación de los resultados.	49
Figura 34: Peso fresco de la muestra.....	50
Figura 35: Peso fresco de la submuestra.	51
Figura 36: Peso seco de la Submuestra.	51
Figura 37: Altura de las hortalizas por semana, expresado en (cm)	55
Figura 38: Área foliar de las hortalizas a nivel de terrazas, expresado en cm ²	57
Figura 39: Concentración de Pb en las hortalizas a nivel de terrazas, expresado en (mg/kg)	59
Figura 40: Recuento de <i>E.coli</i> /Coliformes en las hortalizas a nivel de terrazas, expresado en (UFC/g)	61
Figura 41: Captura de CO ₂ por las hortalizas a nivel de terrazas, expresado en toneladas	63
Figura 42: Altura de las hortalizas a nivel del suelo, expresado en (cm).....	65
Figura 43: Área foliar de las hortalizas a nivel del suelo, expresado en (cm ²)	67
Figura 44: Concentración de Pb en las hortalizas a nivel del suelo, expresado en (mg/kg)	69
Figura 45: Recuento de <i>E.coli</i> /Coliformes en las hortalizas a nivel del suelo, expresado en (UFC/g)	71
Figura 46 : Captura de CO ₂ por las hortalizas a nivel del suelo, expresado en toneladas ..	73

Figura 47: Comparación de la concentración de Pb en las hortalizas a nivel de terrazas y a nivel de suelo	74
Figura 48: Comparación de recuento de Coliformes Totales en las hortalizas a nivel de terrazas y a nivel de suelo	75
Figura 49: Comparación de la captura de CO ₂ de las hortalizas a nivel de terrazas y a nivel de suelo	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Potencial de efecto invernadero que tienen los vegetales	23
Tabla 2: Descripción, origen usos y valor nutricional	34
Tabla 3: Calendario de Riego.....	39
Tabla 4: Calendario de Fumigación	40
Tabla 5: Altura de las hortalizas a nivel de terrazas.....	54
Tabla 6: Área foliar de las hortalizas a nivel de terrazas	56
Tabla 7: Concentración de Pb en las hortalizas a nivel de terrazas.....	58
Tabla 8: Recuento de <i>E.coli</i> /Coliformes en las hortalizas a nivel de terrazas	60
Tabla 9: Captura de CO ₂ por las hortalizas a nivel de terrazas	62
Tabla 10: Altura de las hortalizas a nivel del suelo.....	64
Tabla 11: Área foliar de las hortalizas a nivel del suelo	66
Tabla 12: Concentración de Pb en las hortalizas a nivel del suelo	68
Tabla 13: Recuento de <i>E.coli</i> /Coliformes en las hortalizas a nivel del suelo	70
Tabla 14: Captura de CO ₂ por las hortalizas a nivel del suelo.....	72

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

La presencia de contaminantes en cantidades mayores a las recomendadas en cualquiera de los componentes ambientales (aire, agua, suelo) pueden causar efectos nocivos en la población que interactúa con estos (Cervera , 2015). Esta contaminación es consecuencia de las actividades humanas que se desarrollan a diario, particularmente de actividades agrícolas, industriales entre otras (Llvisaca *et al.*, 2011), además se debe sumar la contaminación que proviene del transporte, pues este sector es el mayor consumidor de combustibles fósiles y que por lo tanto es la principal fuente de emisiones contaminantes y de Gases de Efecto Invernadero (GEI). (OMS, 2017).

La demanda de recursos por parte de la población sigue en aumento, incluso a una tasa mayor a la del crecimiento poblacional, y consecuentemente la calidad y abundancia de estos incluso se deteriora. En el caso de los recursos alimenticios es claro el reto que enfrenta la humanidad, en lo que se refiere al abastecimiento, ya que la pérdida de la fertilidad de suelo y los continuos desastres ambientales ponen en riesgo la seguridad alimentaria de la población. Con respecto a la calidad de los alimentos, está cada vez es más cuestionada por la intensa aplicación de agroquímicos que afectan a los sistemas de cultivos, dada la capacidad de absorción de las plantas de cultivo las hace vulnerables a la bioacumulación de distintos contaminantes (Schnitzler *et al.*, 1999), adicionalmente estos agroquímicos afectan al ambiente en el que los cultivos se desarrollan.

En la actualidad la práctica de agricultura urbana (AU) se plantea como una alternativa de desarrollo e inclusión social en los espacios urbanos. La práctica masiva de esta alternativa de cultivo tiene potenciales beneficios económicos y ambientales, por un lado, el ahorro económico producido por el autoabastecimiento, y por otro lado, la reducción de los GEI y

contaminantes que se producían al momento de transportar estos alimentos desde la zona rural a la zona urbana (Giuffré *et al*, 2005). De acuerdo al lugar donde se planten los cultivos, la AU también se utiliza como alternativa para la mitigación de la contaminación del aire urbano, debido a la capacidad de absorción que tienen las plantas sería determinante para la bioacumulación de contaminantes y bacterias.

En el Ecuador las enfermedades gastrointestinales es una de las principales causas de mortalidad infantil (INEC, 2011) por lo expuesto se ha visto la necesidad de estudiar la calidad microbiológica en las hortalizas mencionadas atreves de los indicadores de contaminación fecal; coliformes totales y *E. coli* y de esta manera contribuimos con información sobre la presencia de bacterias patógenos en las hortalizas en un sistema de AU. (Vélez & Ortega, 2013)

Por lo tanto, es importante avanzar en el estudio de líneas base de referencia y en el conocimiento de la concentración de contaminantes en el aire, para establecer regulaciones adecuadas que permitan avances en la protección del ambiente y la salud humana. La presente investigación tuvo como finalidad optimizar la AU analizando la capacidad de absorción de Pb, *E.coli*/coliformes y CO₂. De esta manera el proyecto ejecutado se convierte en una herramienta que beneficia a la mitigación de contaminantes en la UPS.

1.2 Delimitación

La Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca está ubicada en la Calle vieja 12-30 y Elia Liut, este proyecto se realizó en la terraza de Pastoral que se encuentra a una altura de 10 metros y tiene un área de 63 m² y a nivel de suelo en la jardinera localizada al frente de la entrada principal, esta tiene un área de 43 m².

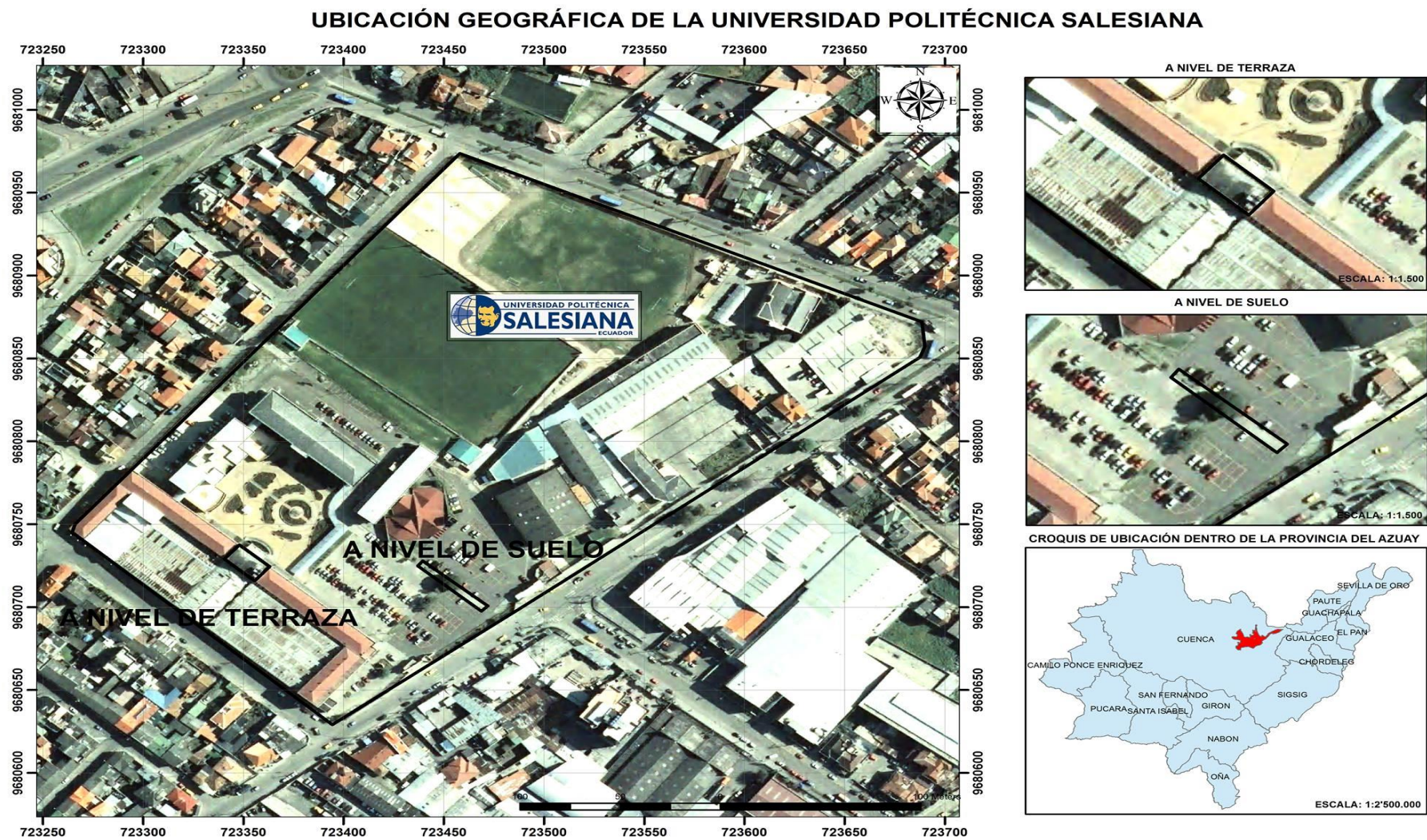


Figura 1: Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca

Fuente: INEC 2012. Cartografía base IGM, 2013. Elaboración: El Autor

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar la concentración de elementos contaminantes y bacterias patógenas presentes en: col (*Brassica viridis*), brócoli (*Brassica oleracea Italica*), lechuga de hoja (*Lactuta sativa* var. *crispa*) y lechuga repollo (*Lactuta sativa* var. *capitata*) a través de un sistema de Agricultura Urbana implementado en la UPS.

2.2 Objetivos Específicos

- Analizar en base de los resultados obtenidos la concentración de plomo existente en las hortalizas.
- Realizar el análisis microbiológico para determinar la cantidad de *E.coli*/coliformes presentes.
- Medir la captura de CO₂ y su aporte al Efecto Invernadero.
- Comparar el nivel de concentración de plomo, *E.coli*/coliformes y CO₂ en los cultivos hortícolas en terrazas y los obtenidos en los jardines de la UPS sede Cuenca.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Agricultura Urbana

La Agricultura Urbana (AU) comprende una serie de actividades agropecuarias que va desde cultivos de cualquier tipo de vegetal hasta la crianza de animales. La Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha definido a la AU “como el cultivo de plantas y la cría de animales en el interior y en los alrededores de las ciudades. La AU proporciona productos alimentarios de distintos tipos de cultivos (granos, raíces, hortalizas, hongos, frutas), animales (aves, conejos, cabras, ovejas, cerdos, cobayas, ganado vacuno, pescado, etc.) así como productos no alimentarios (plantas aromáticas y medicinales, plantas ornamentales, productos de los árboles)” (Arosemena, 2012). En la literatura especializada también se puede encontrar otras definiciones similares, pero con un contexto de productividad económica como la de Mougeot (2001), quien define a la AU como “una industria localizada dentro de un pueblo, ciudad o metrópolis, que cultiva, procesa y distribuye una diversidad de productos alimenticios y no alimenticios utilizando recursos humanos, productos y servicios encontrados dentro y alrededor de la zona urbana, y que al mismo tiempo suministra recursos, productos y servicios a esa zona urbana”.

Existen varios criterios para la clasificación de la AU, entre los principales se tienen los siguientes; los actores involucrados, localización de la producción (terrazas, techos, jardines, etc.), por el tipo y escala de la producción, los métodos aplicados en el cultivo y los sectores involucrados. Dentro de este amplio rango de clasificación que desglosa la AU, uno de los más importantes, es el criterio de localización. La FAO utiliza el término de agricultura urbana y periurbana, para referirse a la producción agrícola que interactúa e integra directamente al ecosistema urbano, lo que realmente termina consolidando al concepto de AU, como también diferenciándose de la agricultura rural (Mougeot, 2001). Es decir que este

es el principal criterio para considerar un sistema agrícola como urbano, pues no existe una definición precisa sobre los límites geográficos que determinan si la agricultura es urbana o rural.

Además, el contexto de la AU trata de alguna manera de cambiar el paradigma de que la agricultura es una práctica exclusiva de la zona rural. Puesto que los espacios tanto urbanos como periurbanos son atractivos para cualquier uso no agrícola, tales como usos inmobiliarios, comercial, industrial, y otros, cuya rentabilidad económica por unidad de superficie sobrepasa las expectativas de producción agrícola (Lwasa et al., 2014). Por esta razón la agricultura ha quedado desplazada a la zona rural, alejando aún más los recursos alimenticios para la población. Indudablemente, la gran demanda de alimentos por parte de las urbes ha sido también un factor para que los agricultores se vean obligados a buscar espacios en la zona rural y cada vez más lejanos, donde encuentren las condiciones y recursos necesarios para implementar sistemas de cultivos intensivos (Drescher, 2001).

3.1.1 Beneficios de la Agricultura Urbana

Existe una serie de beneficios de la AU que han sido reportados en la literatura, entre los que se destaca los socioeconómicos y ambientales. También se incluyen la contribución a la seguridad nutricional y mitigación de la pobreza, este último dado por el ahorro económico generado mediante la práctica de la AU, destinando estos recursos finalmente para servicios de salud y educación (Badami & Ramankutty, 2015). Otros beneficios tiene que ver con los servicios ecosistémicos y la eficiencia de recursos que puede ofrecer la AU (Lwasa et al., 2014).

3.1.2 Seguridad nutricional y alimentaria

La seguridad alimentaria depende de la disponibilidad, acceso y calidad de alimentos. Esto es determinado por la capacidad de producción, importaciones, infraestructura, energía, y

otros. El acceso está relacionado con el estrato socioeconómico de los hogares de la zona urbana, pues estos al tener menores ingresos (asentamientos ilegales generalmente) presentan dificultades para el acceso de alimentos por falta de recursos económicos. Mientras que la calidad, depende del saneamiento en cada uno de los procesos que se lleven a cabo durante la producción, transporte y distribución de alimentos (Eigenbrod & Gruda, 2015).

De acuerdo a la FAO, uno de los aportes más significativos de la AU es la contribución a la nutrición y seguridad alimentaria, particularmente en los países en desarrollo donde las tasas de urbanización son las más elevadas a nivel global. Por lo tanto la AU jugaría un rol fundamental en la calidad de vida de las personas de bajos ingresos que encuentran dificultades a la hora de abastecer su demanda nutricional. Como se mencionó anteriormente la seguridad alimentaria depende de la disponibilidad, acceso y calidad de los alimentos, factores que serían potenciados por la AU, ya que sería un complemento de la agricultura rural (Drescher, 2001; Eigenbrod & Gruda, 2015; Lwasa et al., 2014).

3.1.3 Beneficios socioeconómicos

Para el año 1996 se tenía aproximadamente 800 millones de personas a nivel global involucradas en la Agricultura Urbana (AU), un cuarto de la población dedicada a esta actividad fueron pequeños empresarios que destinaban sus productos al comercio por menor (FAO, 2014). El impacto de esta actividad se estimó en 150 millones de personas dedicadas a la AU a tiempo completo. En la mayoría de los casos que practican la AU se trata de personas de bajo y medio estrato económico, que utilizan esta actividad como estrategia para ingresos extras (Moreno Flores, 2007). La AU ha sido reconocida en la Conferencia Internacional de desafíos urbanos y reducción de la pobreza en países de África, el Caribe y el Pacífico como mecanismo para mejorar el ambiente urbano y la adaptación de las ciudades al cambio climático. Además la AU es una de las actividades más eficientes para convertir los residuos

orgánicos urbanos en alimentos y trabajo. Generalmente, la AU contribuye significativamente a la economía local si esta se practica sustancialmente. Para esto es clave el involucramiento de las autoridades locales quienes tienen el deber de proporcionar y planificar los recursos necesarios y de esta manera priorizar la ayuda al desarrollo de las poblaciones más vulnerables por medio de incentivos financieros, licencias, programas de capacitación, asistencia técnica, infraestructura, controles de calidad, etc. Una acción concreta desde el sistema de gobierno local sería la promoción y soporte para el comercio directo entre productores y mercados municipales de ser el caso, como también al consumidor final, considerando las competencias antes mencionadas que el gobierno local puede otorgar a los agricultores urbanos (Dubbeling & Zeeuw, 2011).

3.1.4 Beneficios Ambientales

Entre los beneficios ambientales más relevantes de la AU están: la contribución a la minimización y reciclaje de los residuos orgánicos domésticos, Gestión y recuperación de la biodiversidad, reducción de contaminantes atmosféricos y eficiencia en el uso del agua (Badami & Ramankutty, 2015). Un sistema de AU crea una sinergia adecuada entre la producción agrícola y la infraestructura urbana (edificios, casas, etc.), lo cual contribuye positivamente al medio ambiente a través de la eficiencia en el consumo de recursos (Lwasa et al., 2014).

- **Reciclaje de residuos orgánicos domésticos**

Alrededor del 80% de los residuos generados por los seres vivos que habitan en la zona urbana de los países en vías de desarrollo es de carácter orgánico, estos desechos pueden ser aprovechados para la Agricultura Urbana mediante compostaje, ya es una técnica amigable con el medio ambiente que se puede utilizar como fertilizante agrícola (Mougeot, 2006).

- **Gestión y recuperación de la biodiversidad**

La Agricultura Urbana favorece a la gestión de biodiversidad en el ámbito urbano, mediante la siembra de diferentes cultivos de distintas especies vegetales como por ejemplo hortalizas, plantas ornamentales, y así dando un paso positivo a la transformación de espacios no utilizados que causan impactos visuales negativos a espacios verdes que provocan impactos visuales positivos para la sociedad y por ende mejoran la calidad del medio ambiente en la zona urbana (Moreno Flores, 2007)

- **Reducción de contaminantes atmosféricos**

Mediante la Agricultura Urbana se puede reducir una considerable cantidad de contaminantes atmosféricos tanto a nivel del suelo como a nivel del aire ya que las raíces y hojas de las plantas tienen la capacidad de absorber metales pesados tales como (Pb, Cd, Zn) y también los GEI (Olivares, 2013).

- **Eficiencia del uso del agua**

El agua residual con un tratamiento adecuado, puede ser utilizado para el riego en la agricultura urbana , ya que puede aportar nitrógeno, potasio y fosforo siendo estos elementos muy útiles para el adecuado desarrollo de los cultivos, entonces aquí se pueden aprovechar muchas fuentes de agua que tengan un adecuado tratamiento (Quezada et al., 2008).

El sistema abierto de AU (huertos en jardines terrazas y techos) aprovechan el agua lluvia, directamente o bien implementando sistemas de recolección y almacenamiento de agua lluvia. Sin embargo, esto podría elevar los costos, además de las limitaciones en la infraestructura. No obstante, la aplicación de los cultivos hidropónicos en las azoteas de las casas evitaría algunos inconvenientes de los sistemas abiertos de AU, además que la eficiencia es mayor, con un consumo de agua mucho menor (4 veces menos) al que se utiliza

en cultivos desarrollados en suelo. Cada hectárea de invernadero hidropónico remplazan 10 has de suelo rural y ahorran 75 000 ton de agua por año, para una misma unidad de producción (Specht et al., 2014).

3.1.5 Casos de estudio Agricultura Urbana

Cuba es uno de los países líderes en lo que se refiere a Agricultura Urbana (AU). Como consecuencia del desacuerdo y rompimiento de relaciones con sus principales aliados comerciales, Cuba desarrolló la AU como un mecanismo de autosuficiencia y seguridad alimentaria, ya que la falta de innumerables insumos para desarrollar la agricultura rural era un obstáculo para tales emprendimientos. Hoy en día Cuba cuenta con alrededor de 35 000 ha en su capital La Habana destinadas a la producción de alimentos, la superficie corresponde tanto la zona urbana como periurbana (Eigenbrod & Gruda, 2015).

A lo largo de Latinoamérica se pueden encontrar varios casos de AU. Por ejemplo, en Brasil una investigación reciente realizada en 11 Regiones Metropolitanas de ese país identificó alrededor de 600 casos prácticos de AU, de los cuales involucra a miles de huertos familiares, comunitarios y empresariales. En ciudades de Colombia como Bogotá, Medellín y Cartagena, las autoridades locales en cooperación con organismo internacionales han capacitado a más de 50 mil personas que practican la AU en huertos implantados en terrazas, azoteas y patios traseros. En Curitiba (Brasil) se han reportado cerca de 5 mil agricultores urbanos y 18 mil escolares que en conjunto utilizan aproximadamente 200 has de suelos urbanos para sus huertos (Drescher, 2001).

En Rosario, Argentina, el gobierno local ha promovido la AU mediante la dotación de infraestructura adecuada para esta práctica. Por ejemplo, se cuenta con la construcción de agroindustrias que permiten el procesamiento de hortalizas e hierbas medicinales. También se ha facilitado el uso de plazas y parques públicos para ferias y comercio de productos

exclusivos de la AU. De la misma manera, en Lima, Perú, se ha fomentado la AU mediante la participación de grupos de comunidades que intervienen en la gestión y discusión de políticas y programas de AU. Es el caso del distrito Villa María del Triunfo en donde conformaron el Foro de Agricultura Urbana contando con una alta participación de 600 miembros y 21 organizaciones. En Bolivia también se ha visto varios ejemplos de AU, por ejemplo en la ciudad de El Alto se han identificado a más de 500 familias de escasos recursos que se benefician de los microhuertos familiares, los cuales son adecuados mediante tecnologías como las carpas solares o invernaderos que hacen frente a condiciones climáticas adversas provocadas básicamente por su geografía. Puesto que esta ciudad se encuentra a una altura de 4000 msnm (FAO, 2014).

3.2 Contaminación Ambiental

El crecimiento acelerado de la población de los últimos 100 años ha provocado un cambio sustancial en la naturaleza, presentándose una perturbación al medio ambiente cada vez más potente, la misma que supera la capacidad que tienen los ecosistemas naturales para la asimilación. El crecimiento de la población y la industrialización ha dado lugar a la urbanización, intensificando los flujos migratorios desde pequeños asentamientos a ciudades o pueblos, lo cual magnifica los problemas ambientales. Esto ha venido acompañado de un crecimiento exponencial en el uso de energía y la introducción de nuevos productos, muchos de ellos con propiedades recalcitrantes y tóxicas, aumentando aún más la contaminación ambiental. La contaminación ambiental se define como “la presencia en el ambiente de cualquier agente físico, químico o biológico o bien una combinación de estos, en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o el bienestar de las personas, o bien pueden ser nocivos para la vida vegetal o animal o impidan

el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos” (Henry & Heinke, 1999).

3.2.1 Contaminación en las ciudades

Desde un contexto ecológico, las ciudades se consideran como ecosistemas artificiales donde el funcionamiento del sistema urbano incurre una serie de flujos de materiales y energía e información al igual que un sistema natural (Jaramillo, 2017). La principal diferencia que destacan algunos ecólogos es la intensidad del flujo de materiales y energía en las ciudades, así también los desechos que se generan dentro de ella, los cuales distan de integrarse a un ciclo de materia y energía como ocurre en un ecosistema natural. Por lo tanto, es necesario concebir al sistema urbano como un sistema funcional donde existe una compleja interacción entre sus componentes, y que cualquier cambio en estos determina de alguna manera el desarrollo del espacio urbano como también los resultados ambientales que se generan (Fernandez, 2015).

El acelerado crecimiento de los sistemas urbanos ha traído distintos problemas ambientales que están relacionados con las emisiones de contaminantes atmosféricos, producción de desechos, afectación a los sistemas acuáticos y terrestres, la contaminación acústica, visual, entre otros. En promedio, una ciudad de un millón de personas consume al día 625.000 m³ de agua, 2000 toneladas de alimentos y 9500 toneladas de combustibles, este consumo luego de ser aprovechado en el sistema urbano, genera 500.000 m³ de aguas residuales, 2000 toneladas de desechos sólidos y 950 toneladas de contaminantes atmosféricos, dichas cifras pueden variar considerablemente de acuerdo a la cultura y geografía de la ciudad. La combustión de combustibles fósiles en las ciudades provoca que las concentraciones de gases contaminantes como el SO₂, NO_x, CO, entre otros, se eleven a niveles perjudiciales para la salud, aumentando el número de afecciones respiratorias y por

ende poniendo en riesgo la salud humana en general. Por otro lado, la contaminación al agua resultado del vertimiento de aguas residuales industriales y domésticas, es uno de los grandes impactos que generan los centros urbanos, pues no solo afectan las fuentes hídricas de agua dulce, sino a los cuerpos de agua salada como los océanos (Maldonado, 2010).

Se debe tener en cuenta que la cobertura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales ha aumentado últimamente, sin embargo, particularmente en ciudades de Latinoamérica este panorama aún es preocupante, pues solamente el 20% de las aguas residuales de ciudades latinoamericanas cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales (ONU, 2014).

Según Cherni (2001), nos dice que a pesar de los innumerables cambios y mejoras que se han hecho en la política ambiental, con el propósito de mejorar la calidad de vida de las personas y preservar el medio ambiente para las generaciones futuras, el panorama en las ciudades sigue siendo una preocupación para sus autoridades quienes tienen el deber de plantear las medidas necesarias para atenuar reducir la contaminación. Sin embargo, la problemática no se ha solucionado y representa un constante riesgo para el bienestar de las poblaciones urbanas. Vale mencionar que el estado actual del aire urbano es menos contaminado con respecto a la disminución histórica de ácido sulfúrico y de partículas, a consecuencia de los cambios introducidos a mediados del siglo pasado; mejoramiento en los procesos de combustión (tanto móvil como estacionaria), utilización de combustibles más limpios, introducción de energías renovables, reformas en las políticas ambientales, etc. No obstante, estas medidas no han conseguido erradicar la degradación de la atmósfera ni tampoco detener la aparición de nuevos contaminantes, cuya formulación en muchos casos es más compleja que los contaminantes conocidos.

3.2.2 Contaminación y su impacto en la población

Se estima que a nivel mundial el 24% de la carga de morbilidad (años de vida sana perdidos) y cerca del 23% de todas las defunciones (mortalidad prematura) eran por causa de factores ambientales. En algunos casos, estos porcentajes son mayores específicamente en los niños, asimismo la diferencia entre regiones en desarrollo y las regiones desarrolladas es notable. Por ejemplo, los países en desarrollo registran alrededor de 25% de muertes relacionadas a causas ambientales (particularmente en países de África), mientras que los países desarrollados únicamente el 17% de las muertes se atribuyen a dichas causas. Las enfermedades comúnmente vinculadas a factores ambientales son: la diarrea, las infecciones de las vías respiratorias, paludismo y lesiones accidentales. La principal causa de la diarrea es el consumo de agua no potable y deficiencia en el saneamiento de aguas residuales, como también en la higiene. Las infecciones de las vías respiratorias se asocian a la baja calidad del aire tanto en lugares cerrados como en el exterior, consecuencia de la combustión de combustibles sólidos en los hogares, y probablemente con la exposición pasiva al humo del tabaco, así también las diversas actividades de combustión que se realizan en el aire exterior (transporte). Las lesiones accidentales son causadas por la frecuente exposición a peligros en el lugar de trabajo; radiaciones, accidentes industriales etc. Mientras que el paludismo está asociado con la inadecuada planificación de los asentamientos humanos, diseños de viviendas, deforestación y algunos factores ambientales antes nombrados, entre ellos la falta de agua potable o bien el consumo de agua no potable (Pruss-Ustun & Corvalan, 2006).

Cada año 1,7 millones de niños de cinco años mueren debido a condiciones insalubres del entorno, tales como la contaminación del aire en espacios cerrados y en el exterior, la exposición al humo de tabaco, la insalubridad del agua, la falta de saneamiento y la higiene inadecuada. Para evitar estas consecuencias en la población, es necesario reducir los riesgos ambientales que en mucha de las veces solo dependen de un sustento económico y mejor

gestión territorial, por ejemplo el acceso al agua potable y el uso de combustibles menos contaminantes para cocinar. Además, la contaminación del aire también puede repercutir en otros problemas de salud pública como cardiopatías, accidentes cerebrovasculares y cáncer a lo largo del ciclo de vida (OMS, 2017).

3.2.3 Contaminación por metales pesados

Los metales pesados son definidos como un grupo de metales tóxicos y metaloides asociados con la polución y toxicidad, poseen una densidad mayor a 6 Mg/m³ y un peso atómico mayor que a la del Hierro (Fe). Muchos de los elementos esenciales de los seres vivos integran el grupo de los metales pesados; Zn, Cu, Fe, Mn y Ni. Estos elementos pueden manifestarse en deficiencia para los seres vivos provocando ciertos efectos en la salud humana, así mismo pueden manifestar toxicidad si sobrepasan los niveles recomendados. Mientras que los metales pesados como el Pb, Cd, Cr, Hg, Se y As exhiben únicamente toxicidad en los seres vivos, ya que estos no pueden ser metabolizados y consecuentemente son acumulados en los órganos blancos (Ganeshamurthy et al., 2008).

La presencia de altas concentraciones de metales pesados en el ambiente puede relacionarse a varias actividades antropogénicas, entre ellas se encuentran las actividades agrícolas (aplicación de productos agroquímicos), la metalurgia, el consumo de combustibles contaminados, fabricación de productos microelectrónicos y la disposición de residuos. Estas actividades utilizan muchas veces productos que contienen ciertas concentraciones de metales pesados que en la mayoría de los casos terminan concentrándose en los desechos líquidos, sólidos y gaseosos. Si estas salidas no son tratadas adecuadamente, existe el riesgo de contaminación de aguas, suelo y aire (García et al., 2016).

Por ejemplo, un riesgo latente de contaminación por metales pesados son los residuos eléctricos y electrónicos (teléfonos móviles usados), ya que estos generalmente no tienen una

gestión adecuada, y que al momento de ser manipulados por niños son expuestos a toxinas que pueden afectar sus actitudes cognitivas y causar déficits de atención, lesiones pulmonares y cáncer. Asimismo, la exposición de estos contaminantes a las personas puede darse a través de los alimentos, pues estos tienen la capacidad de acumular metales pesados que se encuentran en el agua de riego, en el suelo del cultivo y a través de la atmosfera resultado aerosoles contaminados, como también producto del elevado tráfico vehicular en áreas cercanas a los agroecosistemas (EPA, 2017).

Unos de los metales pesados más importantes es el Pb, su presencia en el ambiente urbano se le atribuye principalmente al uso de pinturas que contienen este metal, y también a las gasolinas, a pesar de que el Pb fue eliminado de este combustible en casi todos los países, aún se han determinado concentraciones de plomo que provienen de la combustión de gasolinas (OMS, 2017). Actualmente su uso se concentra en la industria; fabricación de pigmentos, recubrimientos, pilas eléctricas, incluso en algunos licores y numerosos usos en la metalurgia (Rubio et al., 2004).

La mayor fuente de exposición de Pb está relacionada a la ingesta de alimentos contaminados, normalmente la ingesta diaria de Pb a través de alimentos es de 0.3 a 0.5 mg, el 80% del metal es excretado mayormente por los riñones (orina) y el resto por vías secundarias como heces y saliva. Si la ingesta sobrepasa 0.6 mg al día, este metal tiende a acumularse, provocando intoxicación en la persona. El Pb ha sido asociado a varios problemas de salud en las personas, tales como afecciones al sistema nervioso en fetos y niños, en adultos; hemotoxicidad, disfunción reproductiva, enfermedad de Alzheimer. También se correlaciona los niveles de Pb en la sangre con el aumento de la tensión arterial. La toxicidad crónica por Pb provoca daños severos en el tracto gastrointestinal, en el sistema reproductivo, nefropatías entre otros (EPA, 2017).

3.2.4 Contaminación en la agricultura urbana

Los cultivos en los espacios urbanos puede dar varios beneficios, que se han mencionado anteriormente, sin embargo, los lugares destinados para realizar esta actividad no siempre garantizan que estos cultivos estén libres de la contaminación (Eigenbrod & Gruda, 2015). Comparando con la agricultura rural, la AU está generalmente expuesta a altos niveles de contaminación, incluyendo metales traza y contaminantes orgánicos (Lwasa et al., 2015).

La tasa de acumulación de contaminantes en las plantas depende del tipo de vegetal y la concentración de este en el lugar donde se lleve a cabo el cultivo. Por esta razón, varios autores consideran que la elección de los sitios para el cultivo de hortalizas debe tomar en cuenta varios factores, entre los mencionados, para disminuir el riesgo que tienen las plantas para la acumulación de metales pesados. Por ejemplo, las barreras de edificios entre las áreas de cultivo y las vías puede reducir significativamente el riesgo de contaminación (Säumel et al., 2012).

Las plantas tienen dos vías principales para la absorción de metales pesados, la primera es mediante las raíces cuando estos contaminantes están presentes en el suelo y la segunda es mediante las hojas y los frutos cuando estos contaminantes se encuentran en el aire (Figura 2). En particular el suelo que está expuesto a contaminación directa por deposición atmosférica, vertido de residuos, derrames de plantas industriales o tratamiento de residuos, actividades mineras, aguas contaminadas con pesticidas (PNUMA, 2012).

De acuerdo a un estudio realizado en la ciudad de Berlín demostró que los vegetales cultivados dentro de áreas urbanas son capaces de acumular grandes cantidades de metales traza. En particular, los cultivos cercanos a zonas de alto tráfico vehicular presentaron niveles críticos de Pb, los cuales excedieron los estándares de la Unión Europea (Säumel et al., 2012).

En la Habana, Cuba, se evidenció que la práctica de la AU en lugares próximos a actividades industriales, vertederos y avenidas de alto tráfico vehicular, presentan un elevado riesgo para la salud, pues 16% de las muestras de hortalizas analizadas sobrepasaron los límites máximos permisibles de contaminantes metálicos en alimentos para consumo humano. Este estudio reveló que el Pb fue el metal que mayor concentración presentaba frente al Cd y Cu y Zn, particularmente en los cultivos cercanos a zonas de alto tráfico vehicular (Olivares, 2013).

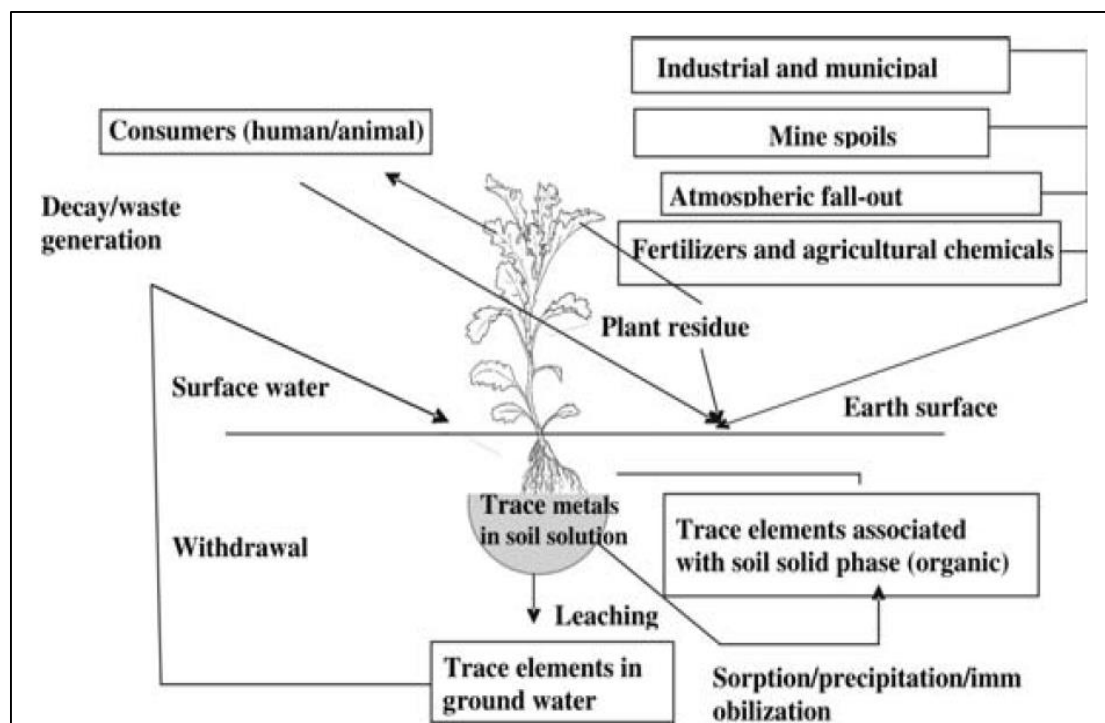


Figura 2: Absorción de metales pesados en la planta.

Fuente:(Ganeshamurthy et al., 2008).

La contaminación biológica en la AU también es otro factor de riesgo en la población, pues se ha asociado ampliamente, el consumo de alimentos, con enfermedades gastrointestinales. Entre los principales microorganismo patógenos encontrados en los alimentos están las bacterias *Escherichia coli*, *Salmonella spp* y *Listeria monocytogenes* las

mismas que han sido las principales causantes de enfermedades por el consumo de frutas y hortalizas (Quezada et al., 2008). Una de las potenciales formas de contaminación biológica de alimentos es mediante el riego con aguas no tratadas, pues las bacterias u hongos presentes en el agua de riego se adhieren fácilmente a la superficie de los alimentos y muchas veces no son removidos en su totalidad cuando estos son lavados (Puig et al., 2014).

Se ha analizado ampliamente el uso de aguas residuales con su adecuado tratamiento tanto para la agricultura urbana como para la rural. En algunos países como Brasil se ha regulado la prohibición de aguas residuales tratadas en cultivos hidropónicos. Sin embargo, algunos estudios afirman que se puede utilizar este tipo de agua para cultivos, siempre y cuando se cumplan los requerimientos para que este recurso sea seguro. Por ejemplo, la OMS (1989) define los parámetros de calidad que debe cumplir las aguas residuales tratadas para su aprovechamiento en la agricultura. En el caso de parásitos se recomienda una concentración máximo de 1 huevo de helminto por litro, y de bacterias coliformes 1000 NMP (número más probable) (Bizari & Cardoso, 2016).

3.3 El efecto invernadero y el cambio climático

Entre los principales GEI están el dióxido de carbono CO₂, el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). En la actualidad estos gases presentan niveles preocupantes en la atmósfera y la tendencia en la concentración de estos sigue en aumento, a pesar de las diversas acciones plateadas para mitigar y reducir dichas emisiones (Figura 3). Ya que mientras mayor concentración de GEI exista en la atmosfera mayor será el efecto invernadero, y por ende el aumento de la temperatura global será mayor, lo cual puede desencadenar una serie de cambios climáticos en el planeta (Marín et al., 2016).

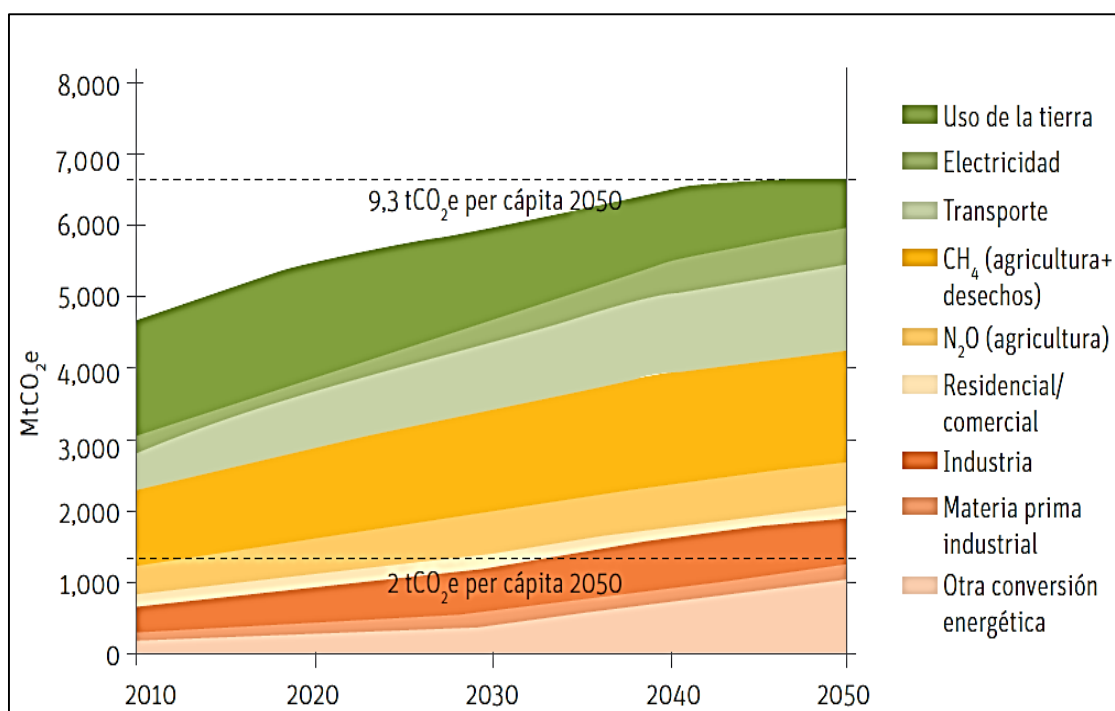


Figura 3: Proyección de emisiones de CO₂.

Fuente: (Vergara et al., 2014).

Se prevé que el aumento de la temperatura global de 2 °C sobre los niveles previos de la Revolución Industrial es inevitable, pues las medidas que se han tomado para el efecto no han dado los resultados esperados, sin embargo, se espera que el avance de la tecnología y la implementación de medidas drásticas e inmediatas podrían revertir en algo esta situación. La incertidumbre de los cambios climáticos que se podrían presentar con el aumento de la temperatura, es muy grande; la rapidez del cambio, la frecuencia de fenómenos climáticos y algunos efectos que no han sido completamente entendidos. Entre los principales efectos físicos que se anticipan en la región de Latinoamérica están los siguientes (Vergara et al., 2014):

- Pérdida de humedad y temperatura del suelo
- Aumento del nivel y temperatura de la superficie del mar
- Mayor frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos
- Incremento de la exposición a enfermedades tropicales transmitidas por vectores

- Reducción acelerada del tamaño de los glaciares en los Andes
- Impactos en las cuencas hidrográficas generados por la alteración de regímenes pluviométricos
- Posible extinción paulatina de la selva tropical
- Pérdida de biodiversidad e integración de ecosistemas.

3.3.1 Contribución de las ciudades al efecto invernadero y medidas de mitigación

Las ciudades consumen más de 2/3 del total de la energía mundial y son responsables de aproximadamente el 70% de las emisiones de CO₂. Por este motivo, las ciudades cumplen un papel muy importante en la reducción de las emisiones de CO₂. Varias soluciones sustentables se han expuesto para una gestión más eficiente de los flujos energéticos y de materiales en las ciudades, como mecanismo de mitigación y adaptación al cambio climático (Blečić et al., 2014). Una de ellas es la AU, la cual es considerada como una de las soluciones de adaptación al cambio climático, considerándose un mecanismo potencial para la reducción en el consumo de energía y materiales, reciclaje de materia orgánica, como también una medida prometedora para el enverdecimiento de las ciudades (Specht et al., 2014). Por lo tanto es inminente la implementación de infraestructura urbana en la que se integre en el diseño, criterios de adaptabilidad y mitigación al cambio climático, entre estos criterios entraría los soportes para la AU, como también la eficiencia de los recursos y el aprovechamiento energético. Esta infraestructura urbana ayudará a una mejor aproximación entre productores y consumidores, reduciendo las distancias para el transporte de alimentos, y consecuentemente reduciendo las emisiones contaminantes y el costo que involucra esta actividad (Specht et al., 2014).

3.3.2 Mitigación y adaptación mediante la agricultura urbana

La producción de alimentos en la ciudad bajarían los costos de almacenaje y los flujos de energía que esta actividad requiere cuando se practica en la zona rural, así también las emisiones de CO₂ se reducirían considerablemente, además las condiciones climáticas en la ciudad favorecen el crecimiento de cultivos, ya que la temperatura en estos lugares es mayor a las zonas rural con 2 a 3 °C (Eigenbrod & Gruda, 2015).

La agricultura es una de las actividades que mayor contribuye al cambio climático. Se estima que alrededor del 20 y 30% de los GEI son causados por la producción agrícola. Por lo tanto, la AU no solo puede prevenir la producción agrícola vulnerable a la contaminación y condiciones extremas debido al cambio climático, sino también que es un mecanismo potencial para la mitigación a los efectos climático, ya que estos sistemas necesitan de menos energía en la cadena producción consumidor y que ende, reduce de una manera muy significativa las emisiones de GEI. Un sistema de AU tiene un gran impacto en la mitigación del cambio climático, siempre y cuando este sistema sea implementado a gran escala. Sin embargo, no deja de ser interesante el ahorro que puede generar la unidad de producción en la AU frente a la unidad de producción de la AR a gran escala, en términos de emisiones causadas por el transporte de alimentos, almacenamiento, enfriamiento y empaquetado (Specht et al., 2014).

Por ejemplo, en la Tabla 1 se puede apreciar el aporte de GEI o el potencial de efecto invernadero que tiene el cultivo de cada uno de los vegetales expuestos, considerando emisiones provocadas en la cadena de suministro del producto desde la cosecha hasta el consumidor final, como también las emisiones generadas durante el proceso del cultivo. El ahorro que genera el cultivo de ciertos vegetales en huertos urbanos comunitarios es altamente significativo, llegando en algunos casos como al 99 % (cultivo de frijoles) de reducción de emisiones (Kulak et al., 2013). Cabe recalcar que estos datos fueron

determinados por medio de un estudio de ciclo de vida realizado a cada uno de los vegetales puestos a consideración.

Tabla 1: Potencial de efecto invernadero que tienen los vegetales

Cultivo	Huertos Comunitarios (GWP KgCO₂-e/kg de producto)	Cultivos convencionales (GWP KgCO₂-e/kg de producto)	GWP de ahorro absoluto (GWP KgCO₂-e/kg de producto)	Ahorro GWP (%)
Manzana	0.12	0.74	0.62	84
Frijoles	0.11	10.44	10.33	99
Zanahorias	0.37	0.49	0.12	24
Lechuga	0.34	1.59	1.25	79
Cebolla	0.37	0.56	0.19	34
Pimientos	0.13	2.60	2.47	95
Espinaca	0.21	2.38	2.17	91
Tomates	0.49	1.57	1.08	69

Fuente: (Kulak et al., 2013).

3.3.3 Adaptación al cambio climático

El contenido del reporte del IPCC generado en 1995, provee los detalles necesarios para comprender las medidas necesarias que se requieren para la adaptación del cambio climático en las ciudades. En este reporte se hace especial énfasis en la adaptación o el ajuste que debe realizarse en las instituciones locales, como también el cambio de visión que debe darse en las organizaciones que toman decisiones cuando estos no tienen como prioridad factores directos al cambio climático. Las estrategias de adaptación al cambio climático en las ciudades, es un desafío real y urgente en estos espacios, particularmente en ciudades donde existe un alto urbanismo desorganizado y vulnerable a este fenómeno climático. Pues el bajo progreso en la mitigación ha motivado a que se desarrollen varias estrategias de adaptación para reducir la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático.

En la actualidad las ciudades sufren impactos significativos debido al cambio climático, estos provocan graves consecuencias para los seres vivos y el lugar en donde estos habitan,

en especial las poblaciones más vulnerables (Romero, 2007), ya que los impactos del cambio climático puede incluir inundaciones, climas más con mayor temperatura, problemas de salud entre otros como podemos ver en la figura 4.

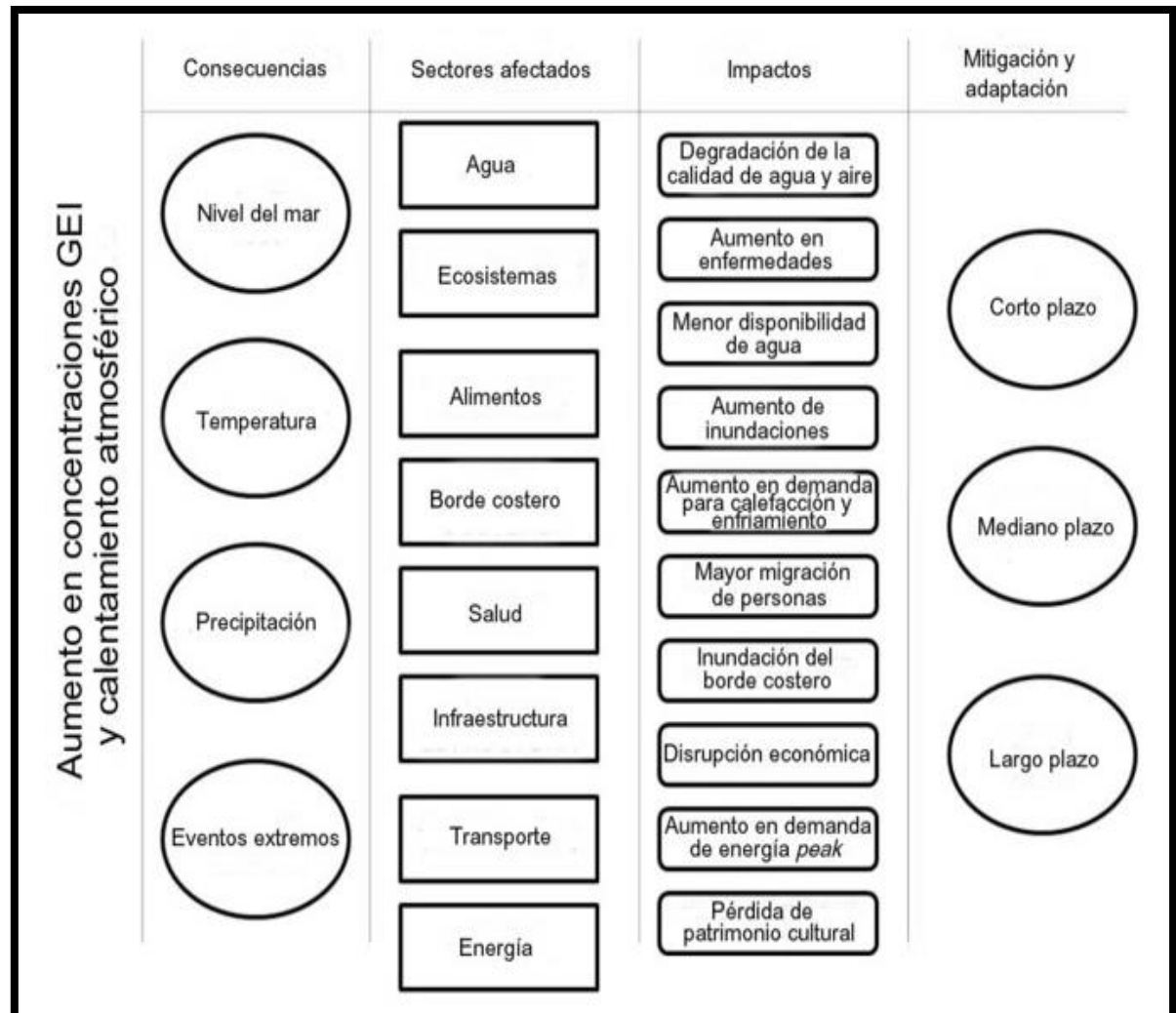


Figura 4: Componentes de los impactos del cambio Climático

Fuente: (World Bank, 2008)

La adaptación al cambio climático es un proceso de preparación y de ajuste ante el mismo, tomando en cuenta los impactos negativos que pueden provocar a nuestro planeta, en este caso la adaptación debe ser un proceso específico en el determinado lugar que se esté realizando, debiendo tener características apropiadas (Adger et al., 2005). Ya que las

ciudades tienen capacidades de respuesta al cambio climático al estar preparadas para hacer frente a los impactos provocados en el presente y a largo plazo y así poder reducir la magnitud y gravedad que provocan dichos impactos (Smit & Wandel, 2006). Una definición o de adaptación al cambio climático es: "Se refiere al ajuste en los sistemas naturales, en los de creación humana, o en ambos, como respuesta a los estímulos climáticos y sus efectos actuales o esperados, ajustes que podrían moderar los daños ocasionados e incluso explotar oportunidades de beneficio" (CEPAL, 2009).

La adaptación al cambio climático requiere la solución de problemas en un marco de colaboración y coordinación con los diferentes sectores y que este afectara a muchos sectores uno de ellos es agrícola, en este caso es frecuente que para este programa de adaptación participen muchos organismos públicos (Muller, 2007) y que no sea un esfuerzo que ocurre solo una vez, sino que al contrario sea un ciclo continuo de preparación y respuesta que debe estar en revisión a lo largo del tiempo según la información que se obtenga y así de esta manera se garantizará que los escasos recursos existentes se inviertan en actividades que promuevan la adaptación al cambio climático (Lee, 2010).

Para poder lograr una mejor adaptación se deben enfocar objetivos básicos para la reducción de la pobreza y desarrollo sostenible y adaptarlos a los programas que se estén realizando en el presente, ya que en la práctica es posible integrar reducción de riesgos de desastres y adaptación al cambio climático (Gallopín, 2007).

Es por esto que cada vez existen mayor número de ciudades de todo el mundo comenzando una labor para la planificación sobre el cambio climático proponiendo nuevos planes, políticas y proyectos presentes y futuros por eso los programas de adaptación ofrecen beneficios en cuanto a mitigación del cambio climático. Wieditz & Penney (2007) resumen el proceso de adaptación como se muestra en la figura 5.

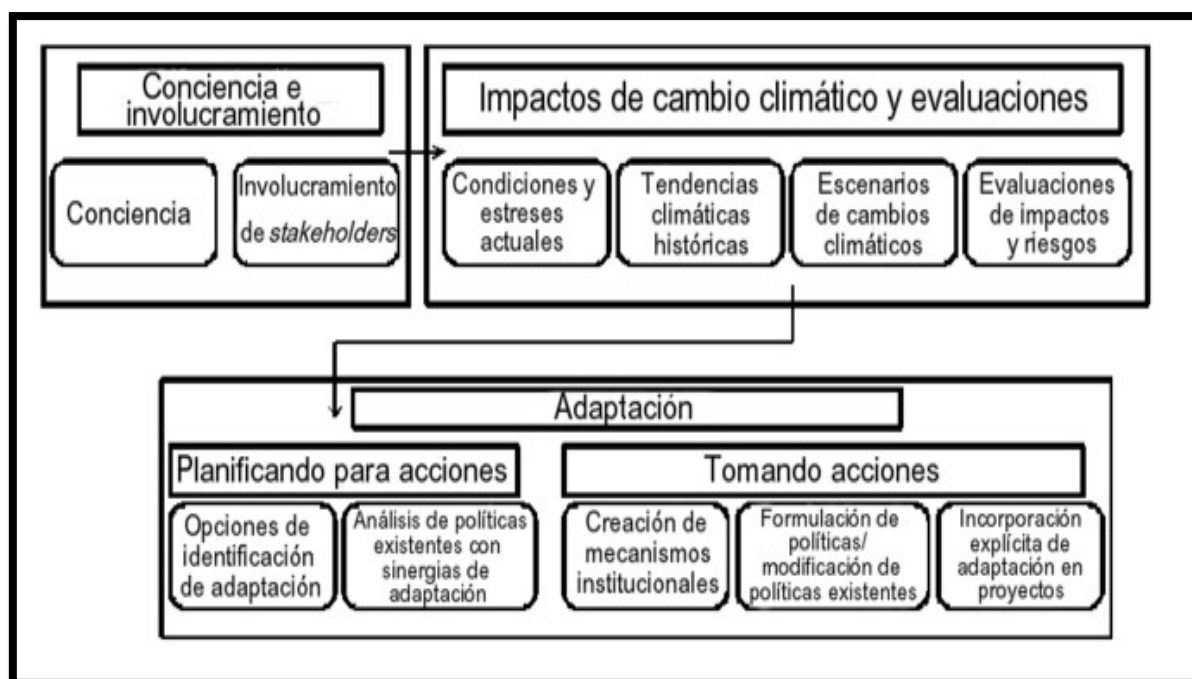


Figura 5: Proceso de adaptación al cambio climático

Fuente: (Wieditz & Penney, 2007)

De acuerdo a Dubbeling & Zeeuw (2011) la AU ayuda a las ciudades en la adaptación al cambio climático mediante:

- Cambiando los recursos alimenticios urbanos, mejorando el acceso a la población urbana pobre.
- Diversificando los ingresos económicos de la población urbana pobre.
- Siendo una fuente de innovación y aprendizaje sobre nuevas estrategias y tecnologías en la eficiencia del uso del suelo y el uso de recursos hídricos.
- Reduciendo el efecto de la isla de calor incorporando micro-sistemas verdes que ayudan a la evapotranspiración.
- Reduciendo los impactos relacionados a intensas lluvias, almacenando el exceso de escorrentía superficial.
- Capturando CO₂ y material particulado.

- Prevención de deslizamientos mediante la forestación en zonas de altas pendientes, evitando los usos urbanos que contribuyen a la desestabilización de estos suelos.
- Conservación de la biodiversidad, a través de la protección y proporción de nichos para flora y fauna urbana.
- Reducción la competencia por el uso de agua fresca entre usos agrícolas, domésticos e industriales.
- Reduciendo el volumen de los rellenos sanitarios y las emisiones de metano.
- Usando menos energía en transporte, enfriamiento, almacenamiento, procesado y embalajes, como también estableciendo procesos sinérgicos y cíclicos entre sectores urbanos domésticos, agrícolas e industriales.
- Reduciendo la huella ecológica de las ciudades en el consumo de energía y agua requerida para producir y transportar los alimentos consumidos en los espacios urbanos.

Sin embargo, la AU no siempre provoca efectos positivos, ya que si no se lleva una adecuada gestión en esta actividad puede generar algunos efectos negativos en el ambiente urbano. Por ejemplo, si los agroquímicos utilizados de ser el caso son implementados en sobredosis y periodos frecuentes podrían resultar en contaminación de acuíferos y erosión del suelo. Por lo tanto, se recomienda aplicar prácticas ecológicas para mejorar los rendimiento de producción en la AU.

3.4 Contaminación microbiológica en hortalizas

A nivel global se ha incrementado las frecuentes enfermedades asociadas al consumo de hortalizas contaminadas (Quezada et al., 2008), de los principales microorganismos causantes de enfermedades se encuentran bacterias como *Escherichia coli* (Besser et al., 1993), ya que esta bacteria es una de las principales causantes de enfermedades por consumo de hortalizas contaminadas. (Mahon et al., 1997), también se han asociado enfermedades causadas por coliformes (De Roever, 1998).

Hay que tener en cuenta que las hortalizas que se consumen crudas pueden contaminarse durante su producción y construir una transmisión de bacterias patógenas para el ser humano (Puig Peña et al., 2014), la presencia de microorganismo patógenos y su relación con las fuentes de contaminación puede causar un alto grado de concentración de bacterias en las hortalizas (Bartz & Showalter, 1981).

3.4.1 Coliformes totales

Se denomina coliformes a todo el grupo de bacterias que tiene ciertas características en común y son de mucha importancia como indicadores de contaminación de alimentos, el nombre de coliformes totales comprende a la totalidad del grupo, estos coliformes se encuentran presentes en el suelo y en las plantas (Pascual, 2005).

Las bacterias coliformes son capaces de incrementar su número rápidamente cuando están presentes en los alimentos sin la necesidad de que haya una alta contaminación (Soto Varela et al., 2016).

Según Olivas & Alarcón (2001) la presencia de coliformes en los alimentos es considerada en un triple significado:

- Como indicadores de contaminación fecal
- Como indicadores de malas prácticas en el manejo de alimentos

- Como causa de alteración de los alimentos

3.4.2 Escherichia coli

Romero Cabello (2007) expone la definición de *E. coli* como “Un bacilo corto, Gram negativo, con una sola cadena espiral de ADN, anaerobio facultativo, móvil con flagelos peritricos, tiene información genética en los plásmidos, que son responsables de la producción de toxinas y de la resistencia a los antimicrobianos”

A la especie de *E. coli* pertenecen la gran mayoría de bacterias, formando parte de la microflora normal del intestino del hombre y de los animales (María del Rosario. Pascual Anderson & Calderón, 1999).

3.5 Dióxido de carbono

El CO₂ se encuentra en la naturaleza de forma natural en volcanes y por la acción de la biosfera, de aquí este gas se remueve por la lluvia, se disuelve en los océanos y por último utilizado por los seres vivos (Norberto, 2006). No obstante el constante aumento de las concentraciones de este gas han hecho que sea uno de los GEI mas debatibles en los últimos tiempos, ya que su emisión a la atmosfera ocupa el segundo lugar a nivel mundial (Lashof, 1989).

La concentración de dióxido de carbono está aumentando en un 31 % cada año, debido a la quema de combustibles fósiles y a la deforestación (Bascañán Walker, 2010).

3.5.1 Ciclo del carbono

Ciclo del carbono es la circulación del elemento a través del suelo y su devolución a la atmosfera por procesos de respiración y combustión (Schlesinger & Andrews, 2000).

El carbono se encuentra en el suelo, disuelto en el agua y también en la atmosfera en forma de CO_2 y la mantención de O_2 en la atmosfera depende de la transferencia de carbono a rocas sedimentarias (Berner, 1994).

Según Saugier & Pontailier (2006) el ciclo del carbono ocurre en las siguientes etapas como muestra la figura 6.

- Fotosíntesis: Las plantas absorben el CO_2 de la atmosfera y del agua para transformarlos en compuestos orgánicos, en donde se alimentan los seres vivos y el O_2 es liberado a la atmosfera
- Respiración: El carbono es liberado a la atmosfera por medio de la respiración de los seres vivos
- Combustión: Los procesos de combustión como la erupción volcánica y los GEI provocados por las industrias incorporan carbono a la atmosfera.
- Descomposición: Los restos de los animales y vegetales son descompuestos por bacterias, aquí se desprende CO_2 al aire en donde es utilizado nuevamente por las plantas

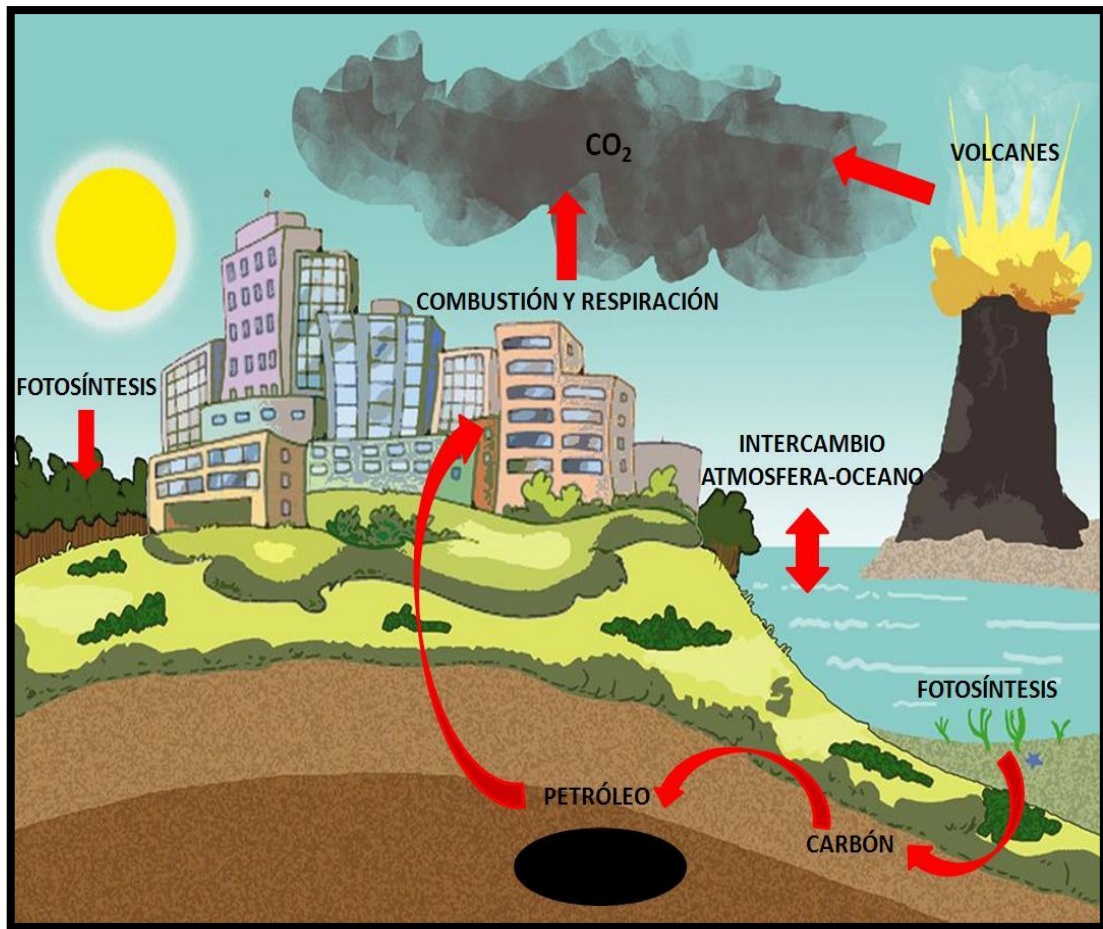


Figura 6: Ciclo del Carbono

Fuente: (IPCC, 2014)

3.5.2 Medidas de Mitigación

Según Santibañez (2014) para resolver este problema y alcanzar niveles aceptables de CO_2 en la atmósfera es necesaria la implementación de 3 acciones de mitigación:

- Mejorar la eficiencia en la generación de energía.
- Reemplazar fuentes de energía que tienen niveles altos de emisiones de CO_2 por otras con bajos niveles.
- Secuestrar CO_2 .

Al combinar estas tres acciones llegaremos a un gran éxito en la mitigación de CO₂.

3.5.3 Captura de carbono mediante la Agricultura Urbana

La agricultura era una de las principales causas del incremento de CO₂ en la atmosfera, en la actualidad las grandes emisiones de CO₂ provienen de la quema de combustibles fósiles en las industrias y el transporte. Los suelos agrícolas son considerados como grandes sumideros de carbono, en particular los suelos utilizados en la producción de la agricultura orgánica, cuya capacidad de capturar el carbono de la atmosfera es mayor comparado con la captura que se produce en los suelos agrícolas con prácticas convencionales (Badami & Ramankutty, 2015).

Mejorar las prácticas agronómicas podría incrementar el almacenamiento de carbono en el suelo; esto incluye mejorar las variedades de cultivo, rotaciones de cultivo, las cuales coadyuvan a una mejor recirculación del carbono reduciendo las perdidas. Estas actividades generalmente son comunes en los cultivos orgánicos, en donde los residuos agrícolas son reintegrados al sistema de cultivo, como también los abonos provenientes del ganado o ganadería (Gattinger et al., 2012).

Las estrategias de captura y almacenamiento del carbono han surgido de la necesidad de combatir el cambio climático, específicamente para disminuir las emisiones de GEI (Coninck & Benson, 2014). Los sistemas de horticultura son uno de los sistemas agrícolas que más rápido crece durante su ciclo de producción convirtiendo en una medida potencial para la mitigación del cambio climático, la cual ha sido poco estudiada y aprovechada (Christopher et al., 2011). Se estima que la captura de carbono en un sistema de AU esta entre los 60 g/cm²/año y 140 g/cm²/año, la tasa de captura de carbono depende de la especie (Lwasa et al., 2014).

3.6 Botánica de las hortalizas

Se denominan hortalizas a las plantas alimenticias que se cultivan en terrenos de poca extensión, la práctica de la siembra de hortalizas se conoce como horticultura. Estos vegetales corresponden a diversas familias de Angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas)(FAO, 2014). Su origen geográfico es muy diverso, comenzando desde los andes sudamericanos hasta el continente Asiático. Las hortalizas se caracterizan por tener una gran cantidad de agua llegando casi al 80% de su peso fresco. Su aporte de energía es bajo (5-10%), como también su contenido de lípidos y proteínas, a excepción de algunas legumbres (Pia, 2005). Las hortalizas ofrecen algunas cantidades de fibra y nutrientes reguladores, como las vitaminas (la vitamina A está presente en la mayoría de las hortalizas en forma de provitamina) y minerales (Ortiz, 2013).

En la tabla 2 se describe a los vegetales que son de interés en este proyecto, se pone a consideración su descripción fisiológica, su origen y geografía y los usos, como también los aportes nutricionales que poseen.

Tabla 2: Descripción, origen usos y valor nutricional

Nombre	Descripción	Origen y Geografía	Usos y valor nutricionales
Brócoli (<i>Brassica oleracea</i>)	Hierbas bienales o perennes, glabras, tallos breves de base cilíndrica, no carnosa, hojas basales y caulinares, espaciadas, liradopinatifidas, inflorescencia hipertrofiada, muy ramificada, pluriflora, flores actinomorfas, bisexuales, frutos silicua	De la región mediterranea	Las inflorescencias inmaduras contienen 90 % de agua, 4,4 % de proteínas, 2,6 % de fibras, 1,8 % de hidratos de carbono, potasio, zinc, yodo, vitaminas A, B, C y E; tienen propiedades antioxidantes, antitumorales, antibacterianas y diuréticas. Su valor energético es de 32,5 Kcal cada 100 gramos
			
Col (<i>Brassica viridis</i>)	Hierbas anuales, erectas, hasta de 1,2 m de altura; raíz cilíndrica, no carnosa. Hojas basales rosuladas, no compactas; pecíolos carnosos, láminas espatuladas, ca. 40 cm de largo por 25-30 cm de ancho, dentadas. Inflorescencias racemosas. Flores actinomorfas, bisexuales, 4-meras, ca. 1,5 cm de diámetro, amarillas. Fruto silicua, de 5-6 cm de largo.	Originaria de la China	Las láminas y los pecíolos se consumen crudos, en ensaladas, o cocidos, hervidos o al vapor, salteados o conservados en salmuera. Su valor energético es de 35 Kcal cada 100 gramos. Tienen más nutrientes que el repollo (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L.) y su ciclo vegetativo es menor



Lechuga de hoja
(*Lactuca sativa* var. *crispa*)

Lechuga repollo
(*Lactuca sativa* var. *capitata*)

Hierbas anuales o bienales, de 0,3-1 m de altura, glabras, con látex. Hojas basales arrosetadas, obovadas, borde entero, dentado o crenado. Inflorescencias corimbiformes o a veces paniculadas; capítulos pequeños; involucre de 8-13 mm de alto; filarias en varias series, erectas en el fruto.

Origen incierto. Se ha difundido en diversas zonas templadas.

La lechuga era considerada afrodisíaca; por los griegos y romanos, que la consumían para conciliar el sueño. Las hojas contienen 95 % de agua, 2 % de hidratos de carbono, 1,5 % de fibras, 1,5 % de proteínas, potasio, magnesio, calcio, fósforo, hierro, sodio, vitaminas A, B, C, E y K, por lo tanto, es rica en elementos antioxidantes. Su valor energético es de 16,7 Kcal cada 100 gramos



Fuente: (Hurrell, 2009)

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La Universidad Politécnica Salesiana cuenta con varias terrazas y una de ellas fue aprovechada para practicar Agricultura Urbana (AU), en donde se implementó la siembra de hortalizas que se llevó a cabo por un Diseño de Bloques al Azar (DBA) con tres repeticiones. Las plantas sembradas fueron col (*Brassica viridis*), brócoli (*Brassica oleracea Italica*), lechuga de hoja (*Lactuca sativa var. crispata*) y lechuga de repollo (*Lactuca sativa var. capitata*), estas plántulas son de dos semanas de vida, cabe recalcar que la siembra se realizó en la terraza del Edificio Cornelio Merchán y en uno de los jardines en la UPS sede Cuenca.



Figura 7: Localización de la huerta.

Fuente: Autor.

4.1 Muestreo de hortalizas

4.1.1 Siembra

La siembra a nivel de las terrazas se realizó mediante un diseño de bloques al azar (DBA) el mismo que consistió en usar 48 masetas, las mismas que fueron distribuidas en 3 tratamientos, cada tratamiento contiene 4 bloques y cada bloque está conformado por 4 hortalizas de la misma especie; esta siembra se realizó a una distancia de dos metros entre cada tratamiento, la distancia entre los bloques de cada tratamiento es de un metro y la distancia de cada planta que conforma el bloque es de 0.40 centímetros; el sustrato de suelo que se utilizó para la siembra fue humus de lombriz.

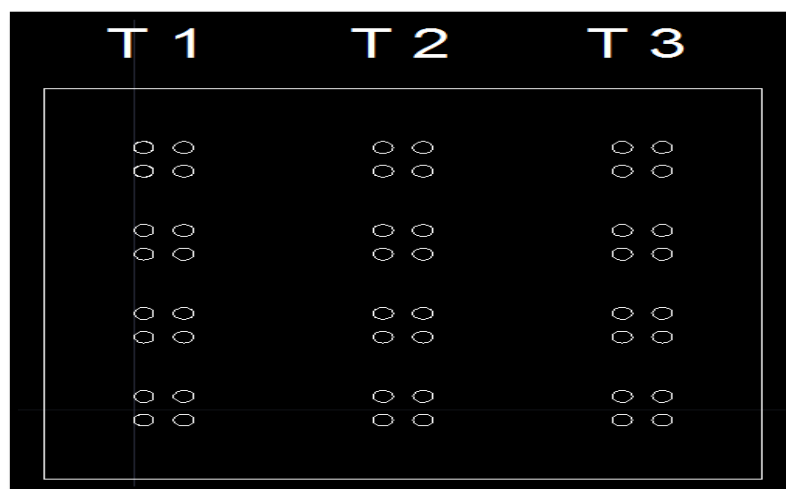


Figura 8: Prediseño de siembra para hortalizas a nivel de terrazas

Fuente: Autor



Figura 9: Distribución de Tratamiento a nivel de terrazas

Fuente: Autor.

La siembra a nivel del suelo se realizó mediante parcelas, la jardinera se dividió en 12 parcelas y se procedió a la siembra de 32 plantas por parcela, la siembra a nivel de suelo se ha realizado para hacer las diferentes comparaciones de resultados; el sustrato que se utilizó fue la tierra de la jardinera hidratada con humus de lombriz.

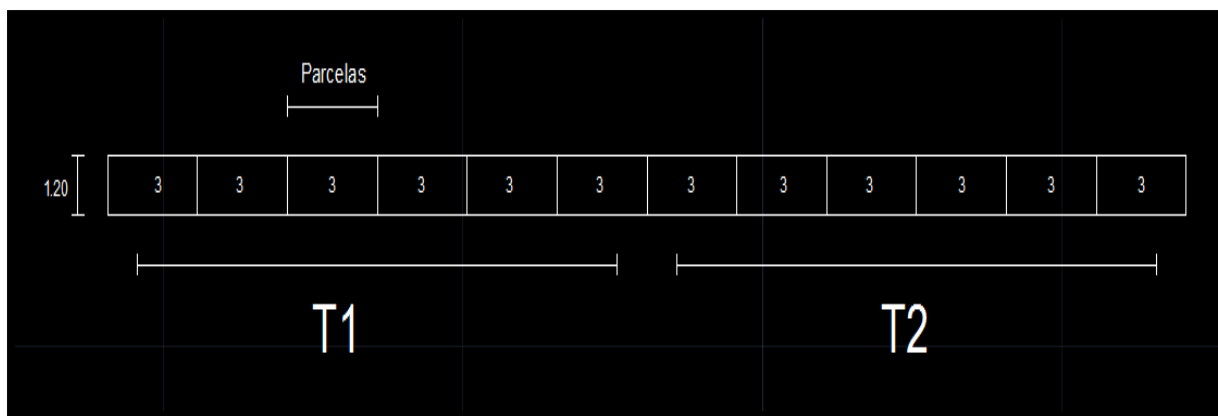


Figura 10: Prediseño de siembra para hortalizas a nivel de terrazas

Fuente: Autor



Figura 11: Siembra a nivel de Suelo

Fuente: Autor

4.1.2 Riego

Durante el desarrollo de las plantas se registraron constantes precipitaciones, y no fue necesario implementar un riego periódico. Sin embargo, en los días sin lluvia se realizó un riego manual que en total fueron 4 veces como podemos ver en la tabla 3.

Tabla 3: Calendario de Riego

Riego	Fecha
1	17/ Marzo/ 2017
2	10/ Abril/ 2017
3	28/ Abril/ 2017
4	8/ Mayo /2017

Fuente: Autor



Figura 12: Riego de plantas.

Fuente: Autor.

4.1.3 Manejo de plagas

El control de plagas se realizó a través de un control biológico que según Cordo (2004) es una actividad para el control de plagas mediante la intervención de otros organismos naturales también llamados depredadores, con el objetivo de reducir o de combatir por completo los parásitos que afectan a una plantación , sin provocar alteraciones de contaminantes en las mismas.

El control para las plagas se realizó a través de un insecticida basado en ají (Celis et al., 2008) Para la elaboración de el insecticida se utilizó 2 litros de agua y 15 gramos ajíes, luego se procedió a licuar y se dejó reposar por 24 horas. Una vez preparado el insecticida

se fumigó las distintas especies. Las fumigaciones iniciaron a partir de la tercera semana de producción, desde ese momento se aplicó el producto cada dos semanas debido a que no existían muchos insectos. El control se realizó cada dos semanas hasta la séptima como podemos observar en la tabla 4.

Tabla 4: Calendario de Fumigación

Fumigación	Fecha
1	31/ Marzo/2017
2	14//Abril/ 2017
3	28/Abril/2017

Fuente: Autor



Figura 13: Fumigación para el control de plagas.

Fuente: Autor.

4.2 Incremento de masa vegetal en los cultivos

Para la verificación del crecimiento de las hortalizas se utilizó el análisis tradicional que consiste en tomar los datos en función del tiempo, en este caso cada semana en todas las muestras, 48 en total (Barrera et al., 2010).

Los parámetros medidos semanalmente fueron:

1. Altura de la planta: esta altura será tomada desde el cuello hasta el ápice.
2. Número de hojas totales.
3. Área foliar: Para todas las especies el mejor modelo para calcular la superficie foliar es $AF = a + b (Lh \times Ah)$ en donde: (Lh) es la longitud de la hoja, (Ah) es el ancho de la hoja, (a)= 1.33 y (b) 0.804 (Cabezas et al., 2009).

4.3 Determinación de la concentración de plomo

Para el estudio de la concentración de plomo en las hortalizas, se tomaron muestras en 2 sitios de la UPS; el primero a nivel terrestre (jardín UPS) y el segundo a nivel de terrazas (terracea de Pastoral UPS).

En total se tomaron 20 muestras las cuales fueron almacenadas en fundas estériles herméticas para su posterior tratamiento y análisis en laboratorio de la UPS. El procedimiento llevado a cabo fue en base al estudio realizado por Ali & Al-Qahtani (2012) y por aportes del Ing. Pablo Arévalo PhD, profesor de la UPS sede Cuenca.

1. Se cortó 30 g de cada una de las muestras etiquetamos y llevamos al laboratorio.



Figura 14: Almacenamiento de muestras.

Fuente: Autor.

2. Secado de la muestra en estufa a 60 °C durante 7 días.



Figura 15: Secado de las muestras.

Fuente: Autor.

3. Pulverizar las muestras con un mortero y pesar 1 g en un crisol.



Figura 16: Peso de la muestra.

Fuente: Autor.

4. En una capsula de porcelana se mezcla la muestra pulverizada con 4ml de HNO_3 .



Figura 17: Mezclado de la muestra.

Fuente: Autor.

5. Se evapora la mezcla con la ayuda de un mechero.



Figura 18: Evaporación de la muestra.

Fuente: Autor.

6. El producto del proceso de evaporación es colocado en la mufla a una temperatura de 600 °C por 4 horas hasta que se convierta en ceniza.



Figura 19: Mufla.

Fuente: Autor.

7. La ceniza resultante se mezcla con 4 ml de HNO_3 y se evapora en un mechero

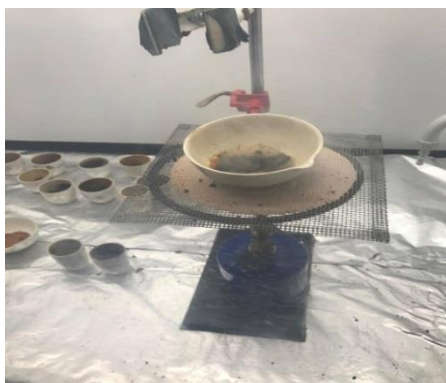


Figura 20: Evaporación de la ceniza de la muestra.

Fuente: Autor.

8. Se realiza la mezcla del sólido resultante con un 1 ml de HNO_3 .



Figura 21: Mezclado de la muestra.

Fuente: Autor.

9. Posteriormente la mezcla fue evaporada y condensada a una temperatura de $130\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 3 horas, utilizando tubos digestores.



Figura 22: Baño en seco.

Fuente: Autor.

10. Se procedió a aforar las muestras con HNO_3 al 2 % en un balón de aforo de 10 ml.



Figura 23: Aforación de la muestra.

Fuente: Autor.

11. La muestra aforada de 10 ml se vació en tubos de ensayo y se almacenó a 4 °C.



Figura 24: Almacenamiento de la muestra.

Fuente: Autor.

12. Finalmente, 2 ml de la solución de cada muestra se transfirió a tubos eppendorf para la determinación de la concentración de Pb mediante absorción atómica, técnica (horno de grafito)



Figura 25: Horno de grafito.

Fuente: Autor.

4.4 Análisis microbiológico

En el análisis microbiológico de *Estcherichia coli*/Coliformes se basó en la metodología expuesta por Vélez Bravo & Ortega González (2013).

4.4.1 Toma de muestras

Las muestras fueron colectadas en fundas estériles de cierre hermético. Se tomó una muestra por cada bloque. Luego fueron etiquetadas y transportadas al laboratorio de ciencias de la vida de la UPS para el tratamiento y análisis respectivo.

4.1.2 Preparación de la muestra

1. Se procedió a pesar 25 g de cada muestra.



Figura 26: Peso de la muestra para análisis microbiológico.

Fuente: Autor.

2. Se preparó 225 ml de agua de peptona al 0.1 %, para cada muestra.



Figura 27: Preparación del agua de peptona.

Fuente: Autor.

3. Finalmente se realizó una mezcla con la ayuda de una licuadora hasta llegar a una completa homogenización.



Figura 28: Homogenización de la muestra.

Fuente: Autor.

4.4.3 Inoculación e incubación

1. Se colocaron las placas petrifilm previamente etiquetada en una superficie plana y nivelada.



Figura 29: Etiquetado de placas.

Fuente: Autor.

2. Se procedió a levantar la lámina superior de la placa petrifilm y con la ayuda de una pipeta electrónica se colocó 1 ml de la muestra en el centro de la lámina inferior.



Figura 30: Colocación de la muestra en la placa.

Fuente: Autor.

3. Para una adecuada dispersión de la muestra se colocó la lámina superior cuidadosamente para evitar que se atrapen burbujas de aire y se colocó el dispersor sobre la muestra para que el inóculo se distribuya por toda el área.



Figura 31: Dispersión de la muestra.

Fuente: Autor.

4. Luego que el gel se solidificó se procedió a la incubación de la muestra en una estufa a una temperatura de a 37 °C durante un tiempo 24 horas para realizar el recuento de coliformes y 48 horas para el recuento *E. coli*.



Figura 32: Incubación de la muestra.

Fuente: Autor.

5. Finalmente se procedió a leer los resultados en un contador de colonias estándar.



Figura 33: Interpretación de los resultados.

Fuente: Autor.

4.4.4 Cálculos

Para poder interpretar los resultados y calcular el número de UFC/g se aplicó la siguiente fórmula (“3M TM Petrifilm TM Placas para Recuento de E.coli/Coliformes 3M TM Petrifilm TM Guía de Interpretación,” 2013).

$$N = \Sigma C * f = UFC/g$$

N: Número UFC por gramo.

ΣC : Suma de las colonias contadas en las placas.

f: factor de dilución utilizado.

f=10

4.5 Captura de CO₂

Para calcular la cantidad de carbono secuestrada por las hortalizas sembradas en el sitio de estudio se recurrió a la técnica establecida por Osinaga et al (2014).

4.5.1 Preparación de la técnica

1. Cosechar las hortalizas (incluida la raíz) de los 3 tratamientos y pesar, este peso equivale al peso fresco de la muestra.



Figura 34: Peso fresco de la muestra.

Fuente: Autor.

2. Tomar una submuestra de 20 g, y guardar en las bolsas plásticas de cierre hermético para llevarlas al laboratorio de la UPS sede Cuenca; esto equivale al peso fresco de la submuestra.



Figura 35: Peso fresco de la submuestra.

Fuente: Autor.

3. Secar en la estufa a una temperatura de 60 grados por 24 horas hasta alcanzar un peso constante, esto equivale al peso seco de la submuestra.



Figura 36: Peso seco de la Submuestra.

Fuente: Autor.

4. Se procedió al cálculo de la cantidad de carbono secuestrado por cada muestra aplicando la siguiente formula.

Para determinar el peso seco de la muestra se utilizó la siguiente ecuación

$$B = \frac{PFs}{PSs} * PFm$$

B: Biomasa Kg.

PFs: Peso fresco de la submuestra Kg.

PSs: Peso Seco de la submuestra Kg.

PFm: Peso fresco de la muestra Kg.

4.5.2 Cantidad de carbono

Para hallar la cantidad de carbono se procede a multiplicar la biomasa por 0.5 como indica el grupo IPCC (Osinaga et al., 2014) el cual propone que cerca del 50% de la biomasa vegetal corresponde a la cantidad de carbono.

$$CC = B * CF$$

CC: Contenido de carbono en la muestra de la vegetación no arbórea kgC.

CF: Fracción de Carbono = 0.5

4.5.3 Cantidad de CO₂ secuestrado

Según el IPCC se estima que 1 tonelada de C es igual a 3.67 toneladas de CO₂ y para poder determinar la cantidad de CO₂ secuestrado procedemos a utilizar la siguiente ecuación (Landeta González, 2009).

$$CO_2 = Kr * CC$$

CO₂: Dióxido de carbono.

CC: Cantidad de carbono.

Kr: Factor de conversión 3.67.

4.6 Comparación de concentración de Pb, recuento de Coliformes y captura de CO₂ a nivel de terrazas y a nivel del suelo

Para realizar la comparación de los resultados obtenidos a nivel de terrazas y a nivel del suelo, los datos registrados se sometieron a un análisis con la prueba estadística U de Mann-Whitney. Para esto utilizamos un contraste de hipótesis para pruebas no paramétricas ya que se pueden usar cuando dos series de observaciones provienen de distintas poblaciones, en este caso es la única alternativa ya que el tamaño de nuestras muestras es pequeño (inferior a 30 casos) y tenemos dos muestras con datos independientes (Castañeda et al., 2010). Las hipótesis que se han planteado son la nula (H_0) y la alternativa (H_1).

H_0 : μ a nivel de suelo = μ a nivel de terrazas, cuando valor de p-valor (sig) > 0,05; en este caso aceptamos la (H_0) y rechazamos la (H_1).

H_1 : μ a nivel de suelo $\neq$ μ a nivel de terrazas, cuando de p-valor (sig) < 0,05; en este caso rechazamos la (H_0) y aceptamos (H_1).

Los análisis estadísticos se realizaron en el programa SPSS Statistics 23.

5. RESULTADOS

5.1 A nivel de terrazas

5.1.1 Incremento de masa vegetal

5.1.1.1 Altura de la planta

Los resultados que se han obtenido luego de realizar la siembra de las hortalizas se presentan en la tabla 5 y en la figura 37, aquí se muestra la altura de las hortalizas sembradas por cada semana, cabe recalcar que el desarrollo de estas no fue el adecuado.

Tabla 5: Altura de las hortalizas a nivel de terrazas

HORTALIZAS	ALTURA POR SEMANA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Col Híbrida	11.66	11.84	11.91	12	12.43	12.64	12.87	13.17	13.92	14.6
Brócoli	8.15	9.98	10.04	11.26	12.58	13.84	14.25	14.5	15.1	15.6
Lechuga de Hoja	6.25	6.55	6.62	8.24	9.91	10.06	10.14	10.74	11.52	13.4
Lechuga de repollo	7.12	7.5	7.56	8.05	8.87	9.12	9.20	9.22	9.5	9.64

Fuente: Autor

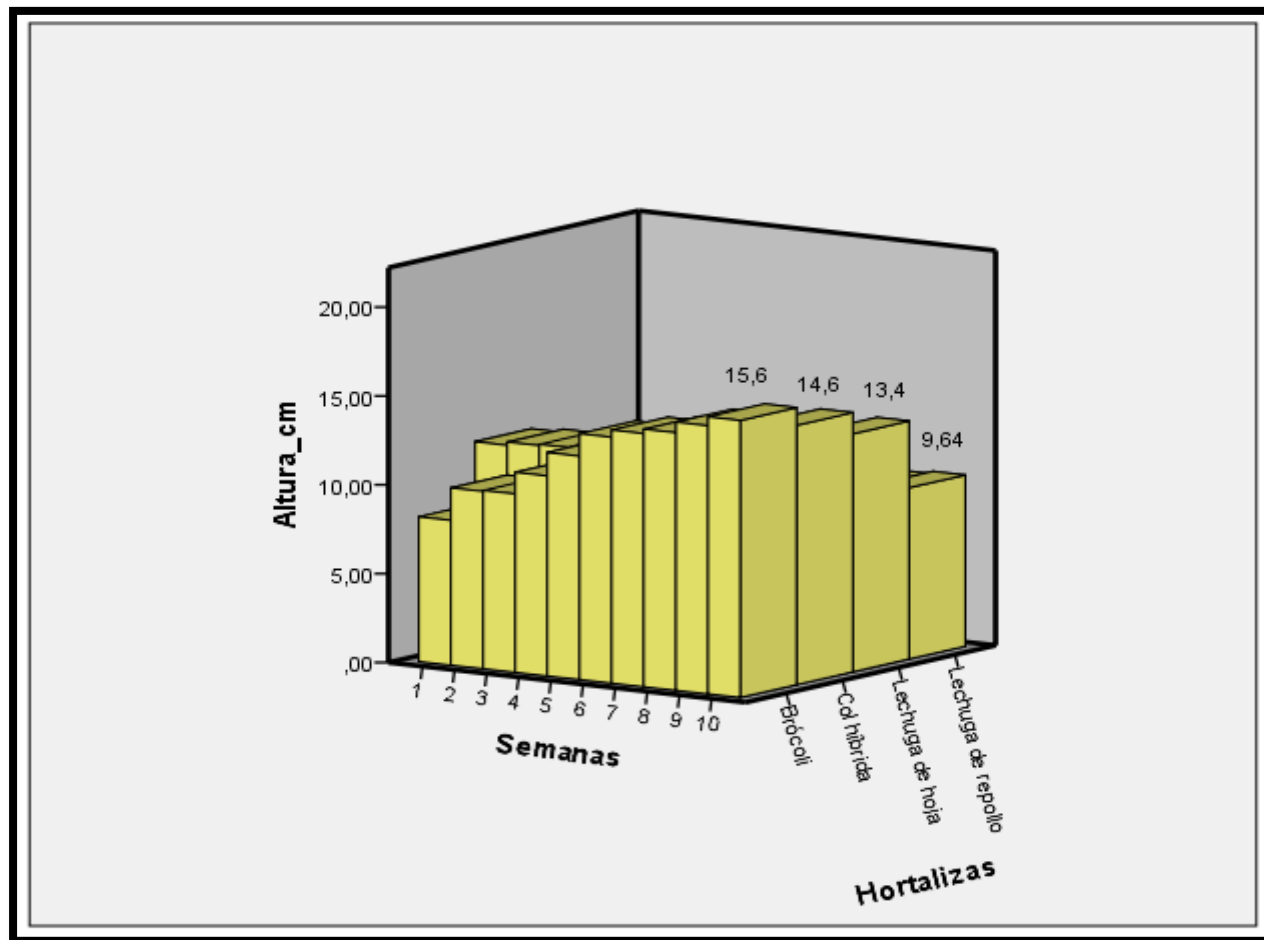


Figura 37: Altura de las hortalizas por semana, expresado en (cm)

Fuente: Autor

5.1.1.2 Área Foliar

En la tabla 6 y figura 38 se observa los valores medidos directamente del área de las hojas, presentando la figura 38 valores de R^2 muy confiables.

Tabla 6: Área foliar de las hortalizas a nivel de terrazas

HORTALIZAS	AREA FOLIAR									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Col Híbrida	14.43	21.39	22.02	22.74	28.35	37.06	43.12	45.5	47.32	51.16
Brócoli	6.72	13	13.19	23.74	35.09	40.68	42.82	48.36	52.24	57.38
Lechuga de Hoja	8.73	21.5	21.75	38.54	68.26	70.82	73.98	78.24	82.70	91.36
Lechuga de repollo	8.76	23	24.45	37.16	53.25	61.19	68.52	2.22	80.50	86.28

Fuente: Autor

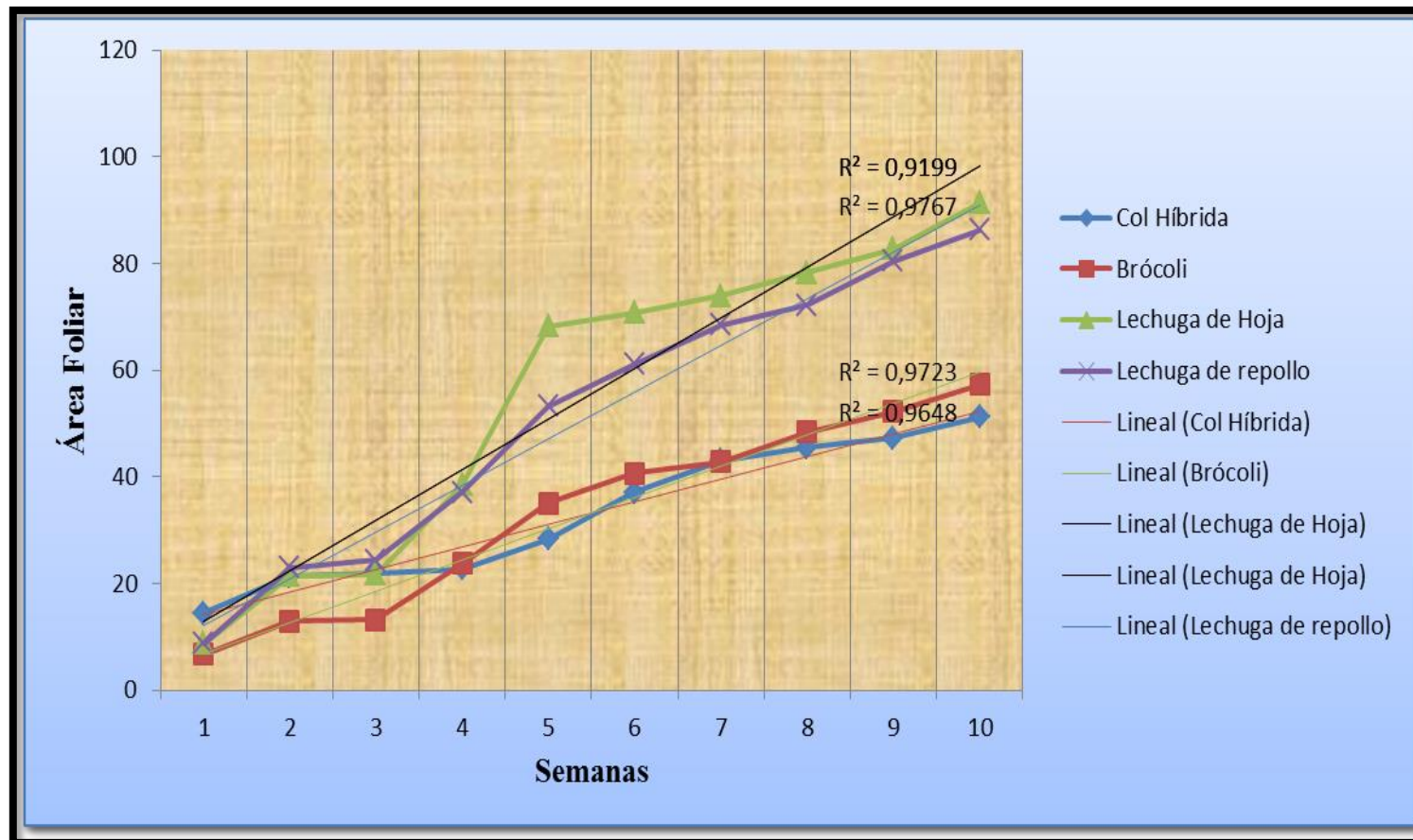


Figura 38: Área foliar de las hortalizas a nivel de terrazas, expresado en cm²

Fuente: Autor

5.1.2 Concentración de Plomo

En la tabla 7 y figura 39 podemos visualizar la concentración de Pb existente por cada tratamiento en las hortalizas, siendo el brócoli la especie que más Pb absorbe en todos los tratamientos.

Tabla 7: Concentración de Pb en las hortalizas a nivel de terrazas

Nombre Común	Nombre Científico	CONCENTRACIÓN (mg/kg)		
		Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Col Híbrida	<i>Brassica Viridis</i>	5	3.67	3.67
Brócoli	<i>Brassica Oleracea Itálica Lactuta</i>	6.33	6.33	5.33
Lechuga de Hoja	<i>Sativa Var. Crispa</i>	3	3	2.33
Lechuga de Repollo	<i>Lactuta Sativa Var. Capitata</i>	1	1	0.4

Fuente: Autor

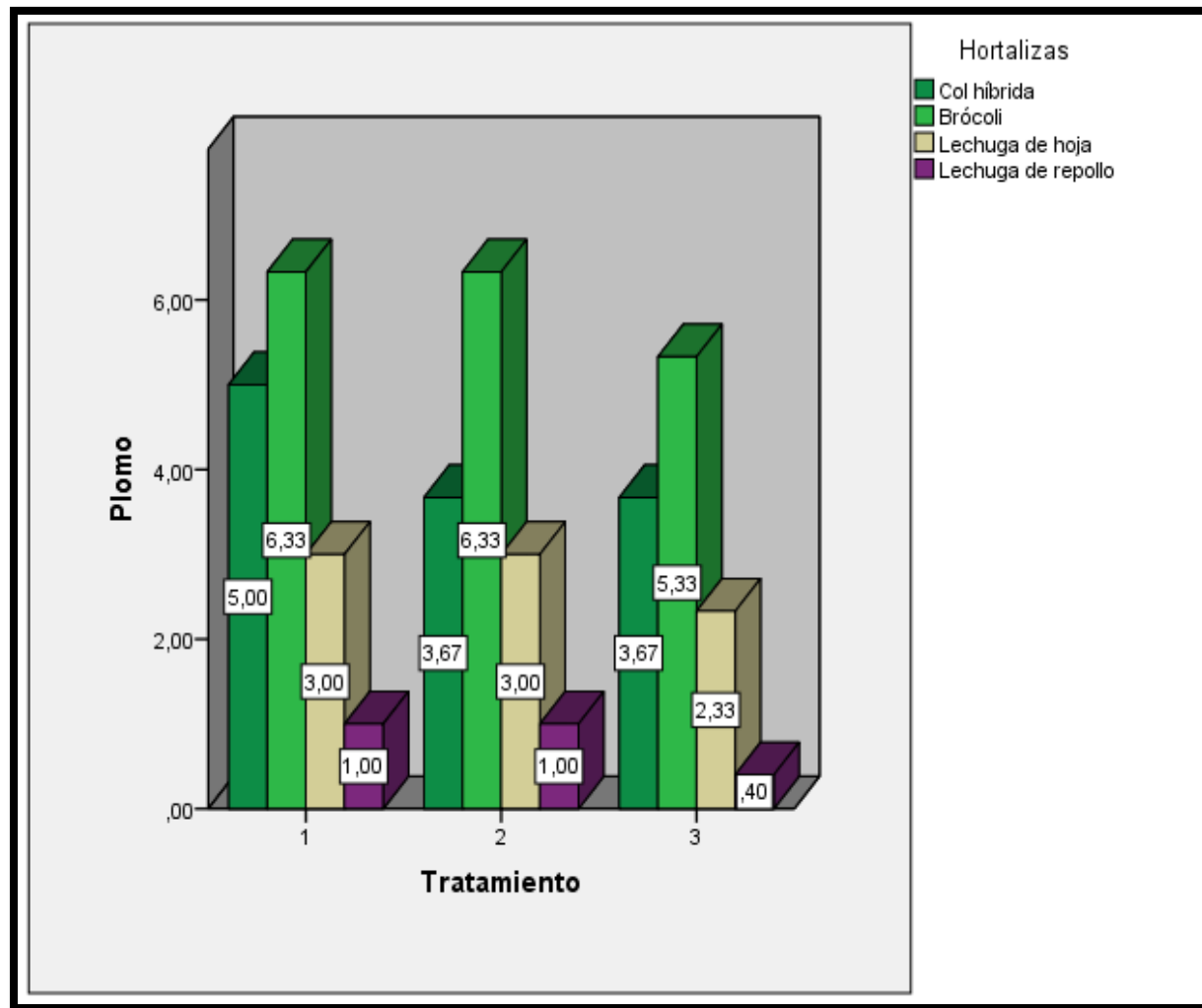


Figura 39: Concentración de Pb en las hortalizas a nivel de terrazas, expresado en (mg/kg)

Fuente: Autor

5.1.3 Recuento de bacterias presentes (*E. coli* / Coliformes)

En la tabla 8 y figura 40 podemos ver el grado de concentración de *E.coli*/Coliformes de acuerdo a cada tratamiento, siendo la lechuga de repollo la especie con más alta concentración de Coliformes y apreciamos que no existe presencia de *E.coli*.

Tabla 8: Recuento de *E.coli*/Coliformes en las hortalizas a nivel de terrazas

Nombre común	Nombre científico	Tratamiento	Etiqueta	Reencuentro de <i>E. Coli</i>	Reencuentro de Coliformes Totales
Col Híbrida	<i>Brassica Viridis</i>	1	T1 A	0 UFC/g	0 UFC/g
		2	T2 A	0 UFC/g	0 UFC/g
		3	T3 A	0 UFC/g	0 UFC/g
Brócoli	<i>Brassica Oleracea Itálica</i>	1	T1 B	0 UFC/g	20 UFC/g
		2	T2 B	0 UFC/g	30 UFC/g
		3	T3 B	0 UFC/g	0 UFC/g
Lechuga de Hoja	<i>Lactuta Sativa Var. Crispa</i>	1	T1 C	0 UFC/g	0 UFC/g
		2	T2 C	0 UFC/g	20 UFC/g
		3	T3 C	0 UFC/g	20 UFC/g
Lechuga de Repollo	<i>Lactuta Sativa Var. Capitata</i>	1	T1 D	0 UFC/g	30 UFC/g
		2	T2 D	0 UFC/g	60 UFC/g
		3	T3 D	0 UFC/g	150 UFC/g

Fuente: Autor

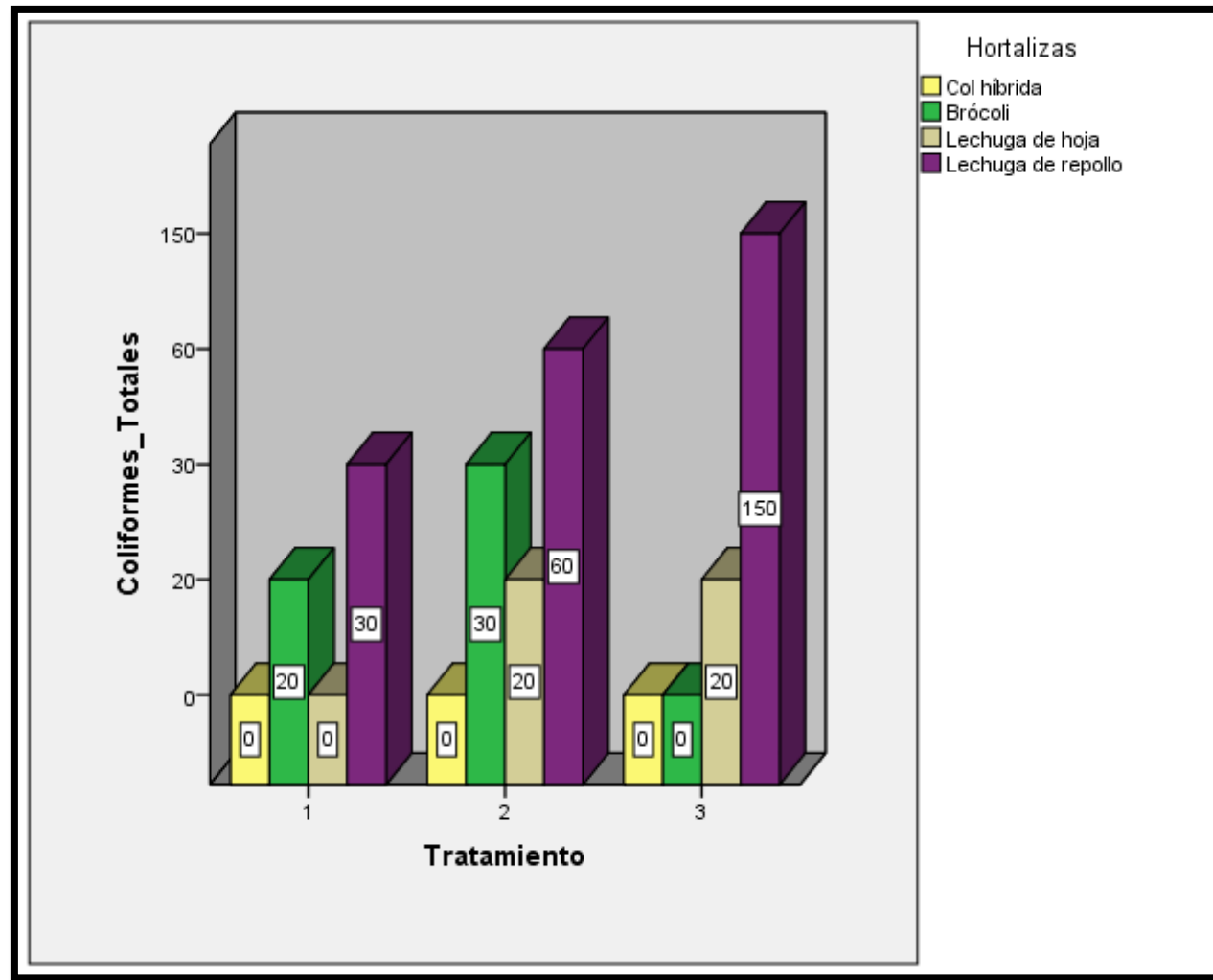


Figura 40: Recuento de *E.coli*/Coliformes en las hortalizas a nivel de terrazas, expresado en (UFC/g)

Fuente: Autor

5.1.4 Captura de CO₂

Como se observa en la tabla 9 y figura 41, la mayor captura de CO₂ está dada por la lechuga de hoja y el total de CO₂ capturado por todas las hortalizas sembradas es de 0.10280 toneladas

Tabla 9: Captura de CO₂ por las hortalizas a nivel de terrazas

CULTIVO	TRATAMIENTO	PFs (kg)	PSs (kg)	PFm(kg)	B (kg)	tnC/m ²	tn CO ₂ /m ²
Col hibrida	1	0.02	0.0043	0.30	1.40	0.00070	0.00257
	2	0.02	0.0043	0.31	1.44	0.000720	0.00264
	3	0.02	0.0043	0.25	1.16	0.000580	0.00212
Brócoli	1	0.02	0.0041	0.26	1.27	0.000635	0.00233
	2	0.02	0.0041	0.29	1.41	0.000705	0.00259
	3	0.02	0.0041	0.30	1.46	0.000730	0.00268
Lechuga de hoja	1	0.02	0.0016	0.68	8.5	0.00425	0.01559
	2	0.02	0.0016	0.50	6.25	0.00312	0.01145
	3	0.02	0.0016	0.63	7.88	0.00394	0.01445
Lechuga de repollo	1	0.02	0.0017	0.60	7.06	0.00353	0.01295
	2	0.02	0.0017	0.82	9.65	0.00482	0.01769
	3	0.02	0.0017	0.73	8.59	0.00429	0.01574
TOTAL tn CO₂ capturado							0.10280

Fuente: Autor

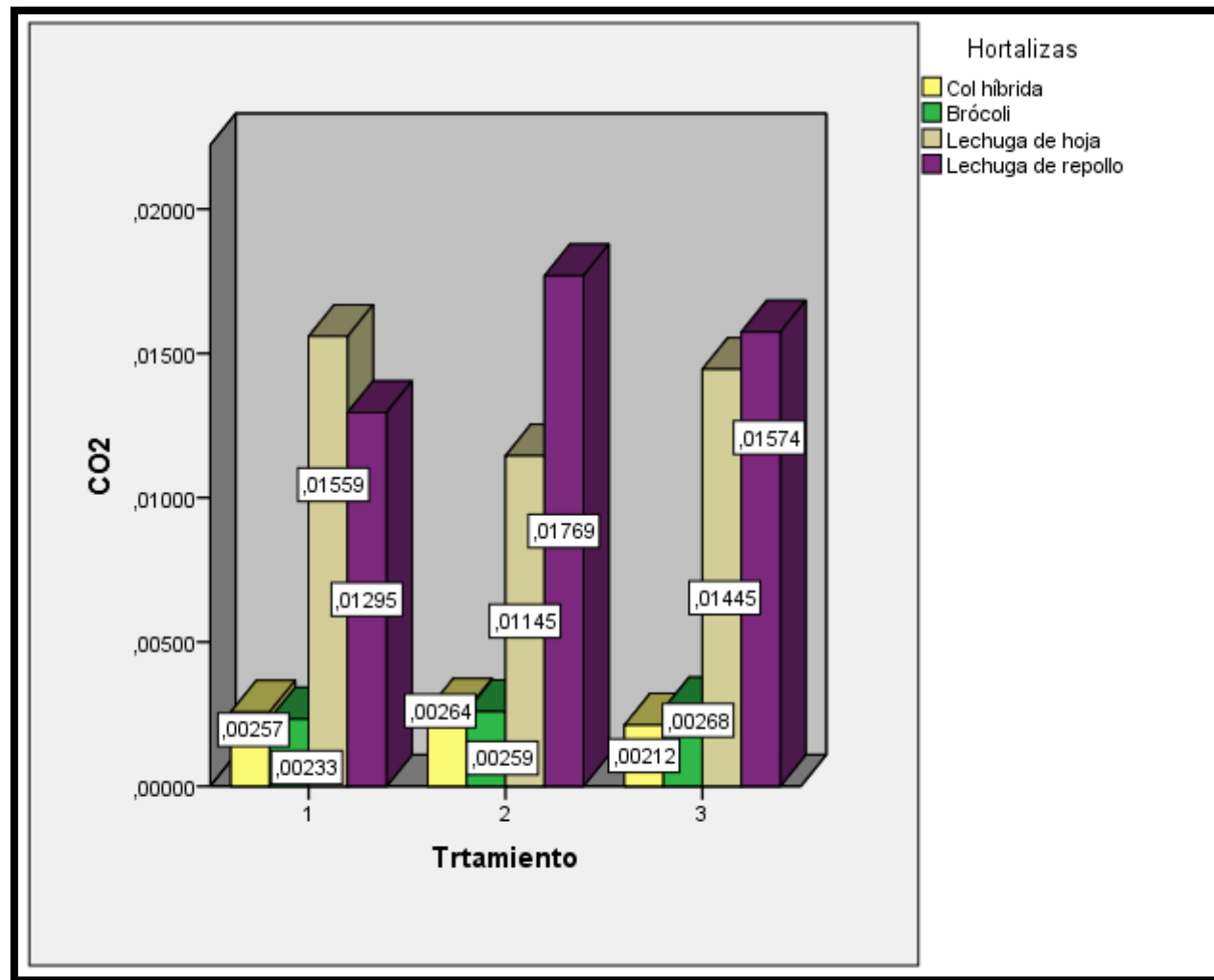


Figura 41: Captura de CO₂ por las hortalizas a nivel de terrazas, expresado en toneladas

Fuente: Autor

5.2 A nivel de suelo

Por su parte se hizo un análisis a nivel del suelo para poder realizar las respectivas comparaciones y se ha obtenido los siguientes resultados.

5.2.1 Incremento de masa vegetal

5.2.1.1 Altura de las hortalizas

La tabla 10 y figura 42 nos muestra el crecimiento de las hortalizas que se han sembrado a nivel del suelo, y podemos darnos en cuenta claramente que en este sitio las especies se desarrollaron de una manera más eficaz.

Tabla 10: Altura de las hortalizas a nivel del suelo

HORTALIZAS	ALTURA POR SEMANA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Col Híbrida	12.52	13.63	18.61	22.72	24.56	25.61	29.09	32	33.59	35.04
Brócoli	9.76	9.78	10.17	12.34	15.95	17.23	18.80	28.75	34.19	36.10
Lechuga de Hoja	5.58	8.17	9.95	11.45	12.09	13.88	14.06	15.01	16.60	18.75
Lechuga de repollo	6.60	6.86	7	7.80	8.4	9.4	12.17	13.01	13.9	14.12

Fuente: Autor

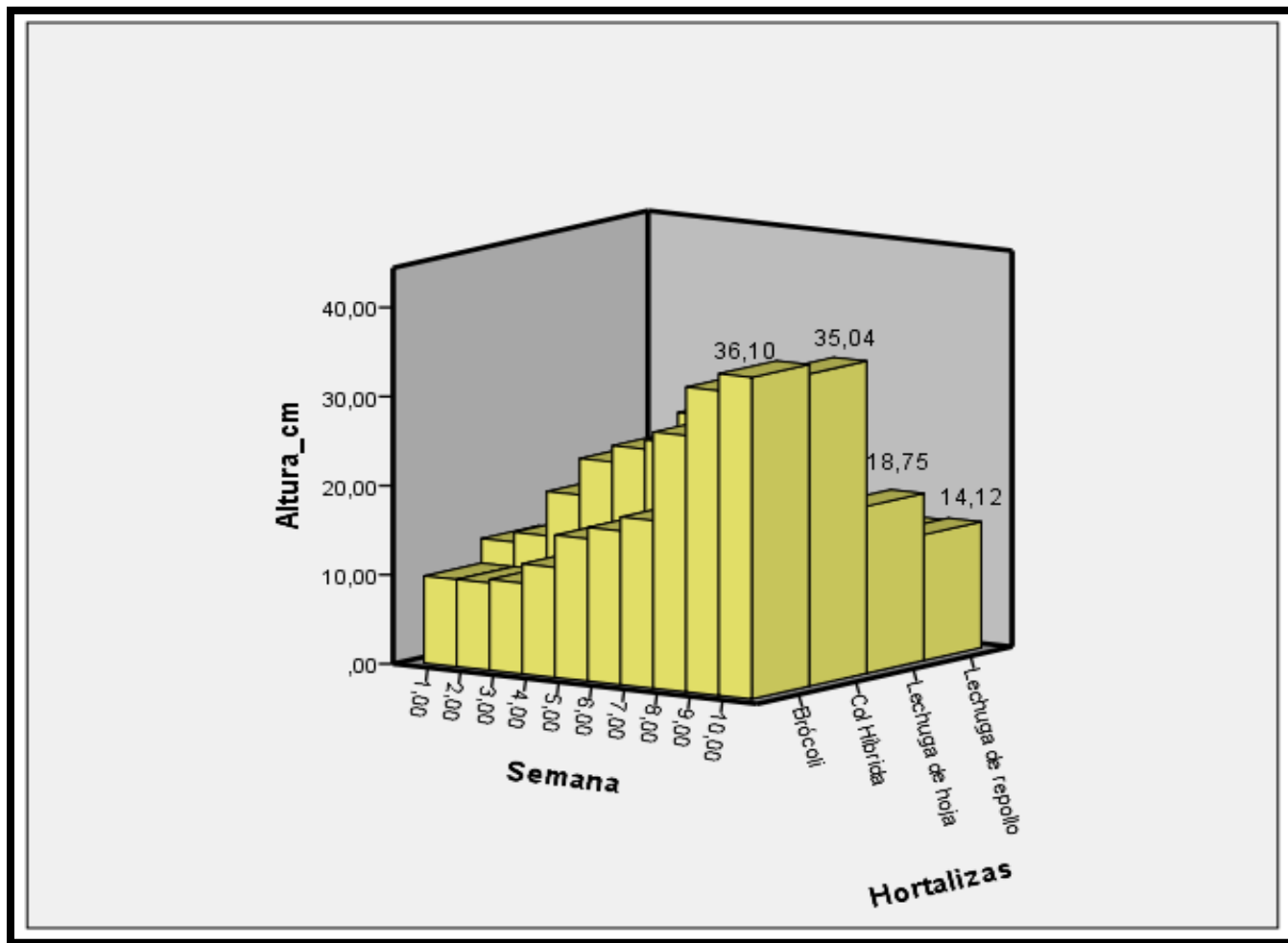


Figura 42: Altura de las hortalizas a nivel del suelo, expresado en (cm)

Fuente: Autor

5.2.1.2 Área Foliar de las hortalizas

En la tabla 11 y figura 43 podemos observar los valores calculados directamente del área de las hojas, presentando la figura 43 valores de R^2 bastante confiables.

Tabla 11: Área foliar de las hortalizas a nivel del suelo

HORTALIZAS	AREA FOLIAR									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Col Híbrida	11.68	17.23	72.90	135.99	149.39	238.89	292.74	373.61	451.56	476.11
Brócoli	12.16	13.30	23.85	36.98	52.43	67.98	84.88	161.10	173.45	193.14
Lechuga de Hoja	20.99	47.95	74.29	99.77	117.31	146.57	148.68	177.45	212.96	214.77
Lechuga de repollo	14.45	15.74	18.27	29.32	44.59	56.50	58.12	80.51	104.22	110.27

Fuente: Autor

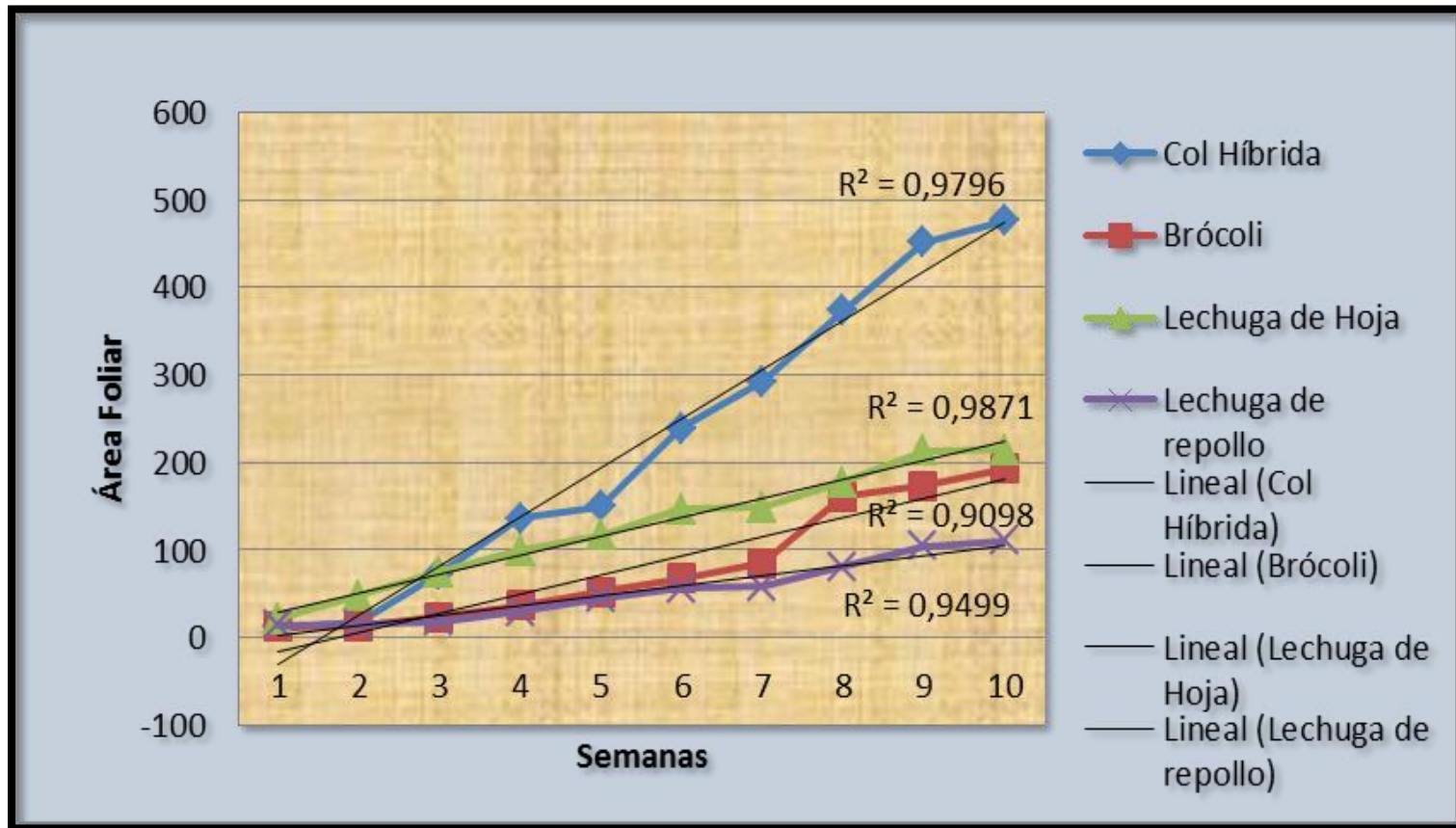


Figura 43: Área foliar de las hortalizas a nivel del suelo, expresado en (cm²)

Fuente: Autor

5.2.2 Concentración de plomo

La tabla 12 y figura 44 nos expresa las concentraciones de Pb a nivel del suelo y se establece que la mayor concentración de Pb captada en todos los tratamientos está dada por el Brócoli

Tabla 12: Concentración de Pb en las hortalizas a nivel del suelo

Nombre Común	Nombre Científico	CONCENTRACIÓN (mg/kg)	
		Tratamiento 1	Tratamiento 2
Col Híbrida	<i>Brassica Viridis</i>	3.66	3.66
Brócoli	<i>Brassica Oleracea Itálica</i>	5	3.70
Lechuga de Hoja	<i>Lactuta</i> <i>Sativa Var. Crispa</i>	3.66	3.66
Lechuga de Repollo	<i>Lactuta Sativa Var. Capitata</i>	3.10	3

Fuente: Autor

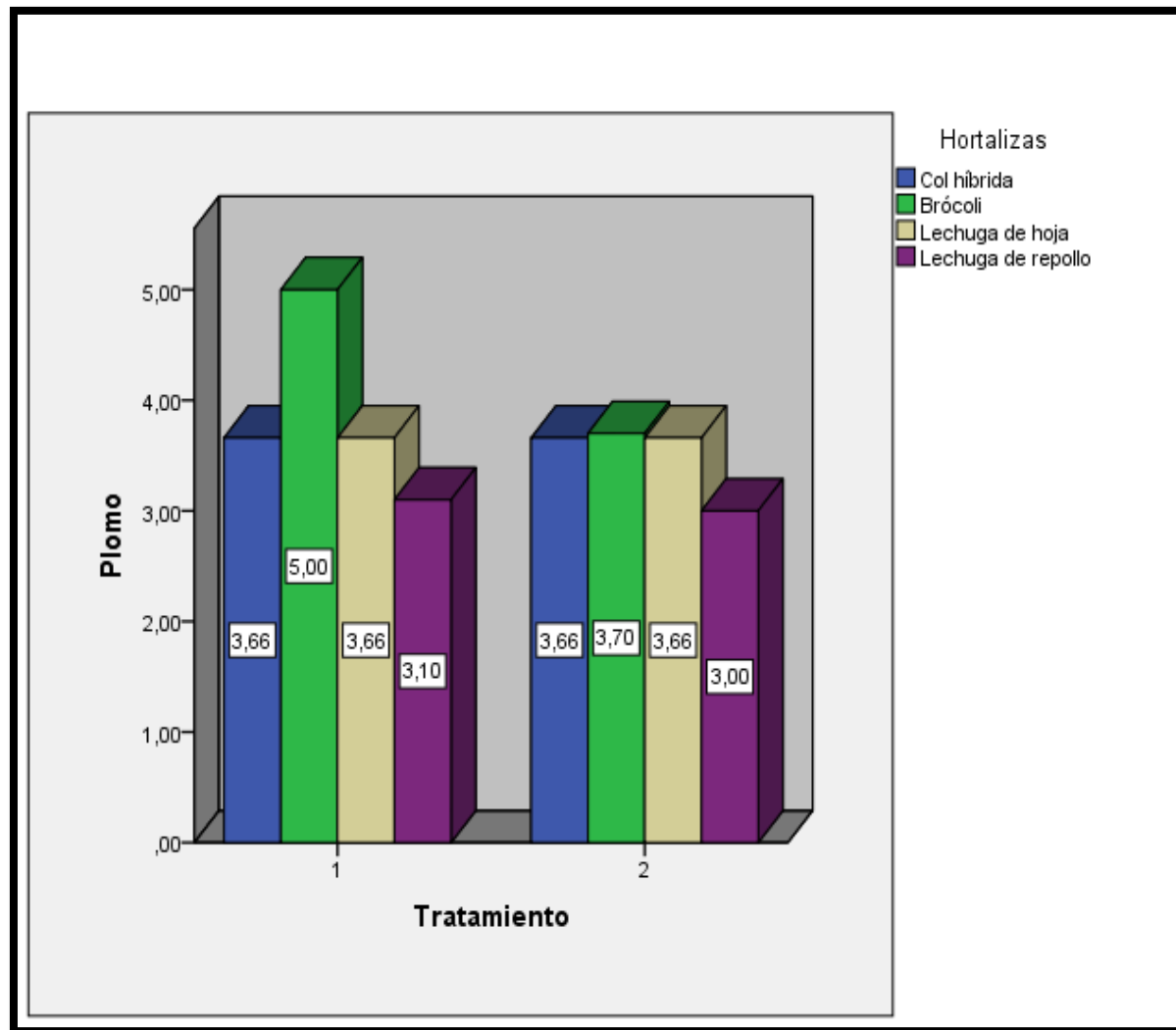


Figura 44: Concentración de Pb en las hortalizas a nivel del suelo, expresado en (mg/kg)

Fuente: Autor

5.2.3 Recuento de bacterias presentes (*E. coli* / Coliformes)

La presencia de *E.coli*/Coliformes a nivel del suelo en los dos tratamientos se presenta en la tabla 13 y figura 45; dándonos resultados negativos para el caso de *E. coli* y para coliformes la mayor concentración se ha presentado en la Col híbrida

Tabla 13: Recuento de *E.coli*/Coliformes en las hortalizas a nivel del suelo

Nombre común	Nombre científico	Tratamiento	Etiqueta	Reencuentro de <i>E. Coli</i>	Reencuentro de Coliformes Totales
Col Híbrida	<i>Brassica Viridis</i>	1	T1 A	0 UFC/g	620 UFC/g
		2	T2 A	0 UFC/g	130 UFC/g
Brócoli	<i>Brassica Oleracea Itálica</i>	1	T1 B	0 UFC/g	0 UFC/g
		2	T2 B	0 UFC/g	400 UFC/g
Lechuga de Hoja	<i>Lactuta Sativa Var. Crispa</i>	1	T1 C	0 UFC/g	250 UFC/g
		2	T2 C	0 UFC/g	30 UFC/g
Lechuga de Repollo	<i>Lactuta Sativa Var. Capitata</i>	1	T1 D	0 UFC/g	310 UFC/g
		2	T2 D	0 UFC/g	430 UFC/g

Fuente: Autor

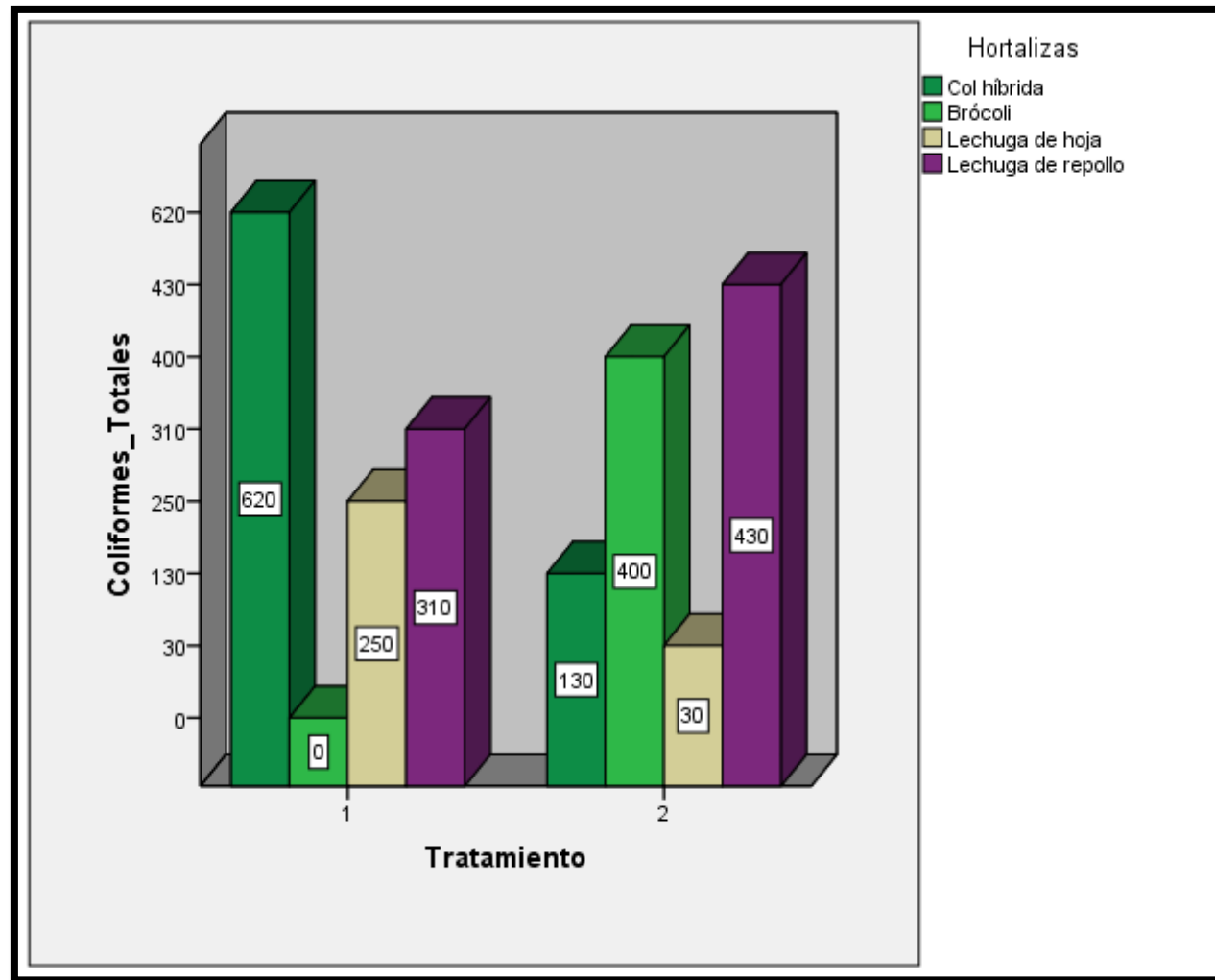


Figura 45: Recuento de *E.coli*/Coliformes en las hortalizas a nivel del suelo, expresado en (UFC/g)

Fuente: Autor

5.2.4 Captura de CO₂

Entre los resultados obtenidos, en la tabla 14 y figura 46 podemos ver que el total de CO₂ capturado por todas las hortalizas es de 0.81011 toneladas, siendo la lechuga de hoja la especie que presenta mayor captura de CO₂.

Tabla 14: Captura de CO₂ por las hortalizas a nivel del suelo

HORTALIZAS	TRATAMIENTO	PFs (kg)	PSs (kg)	PFm(kg)	B (kg)	tn C/m²	tn CO₂/m²
Col hibrida	1	0.02	0.0043	15.37	71.49	0.0357	0.131
	2	0.02	0.0043	8.5	39.53	0.01977	0.07256
Brócoli	1	0.02	0.0041	7.13	34.78	0.01739	0.06382
	2	0.02	0.0041	5.90	28.78	0.01439	0.05281
Lechuga de hoja	1	0.02	0.0016	10.14	126.75	0.063375	0.23258
	2	0.02	0.0016	2	25	0.0125	0.04587
Lechuga de repollo	1	0.02	0.0017	9.28	109.18	0.05459	0.20003
	2	0.02	0.0017	5.30	62.35	0.03118	0.1144
TOTAL tn CO₂ capturado							0.81011

Fuente: Autor

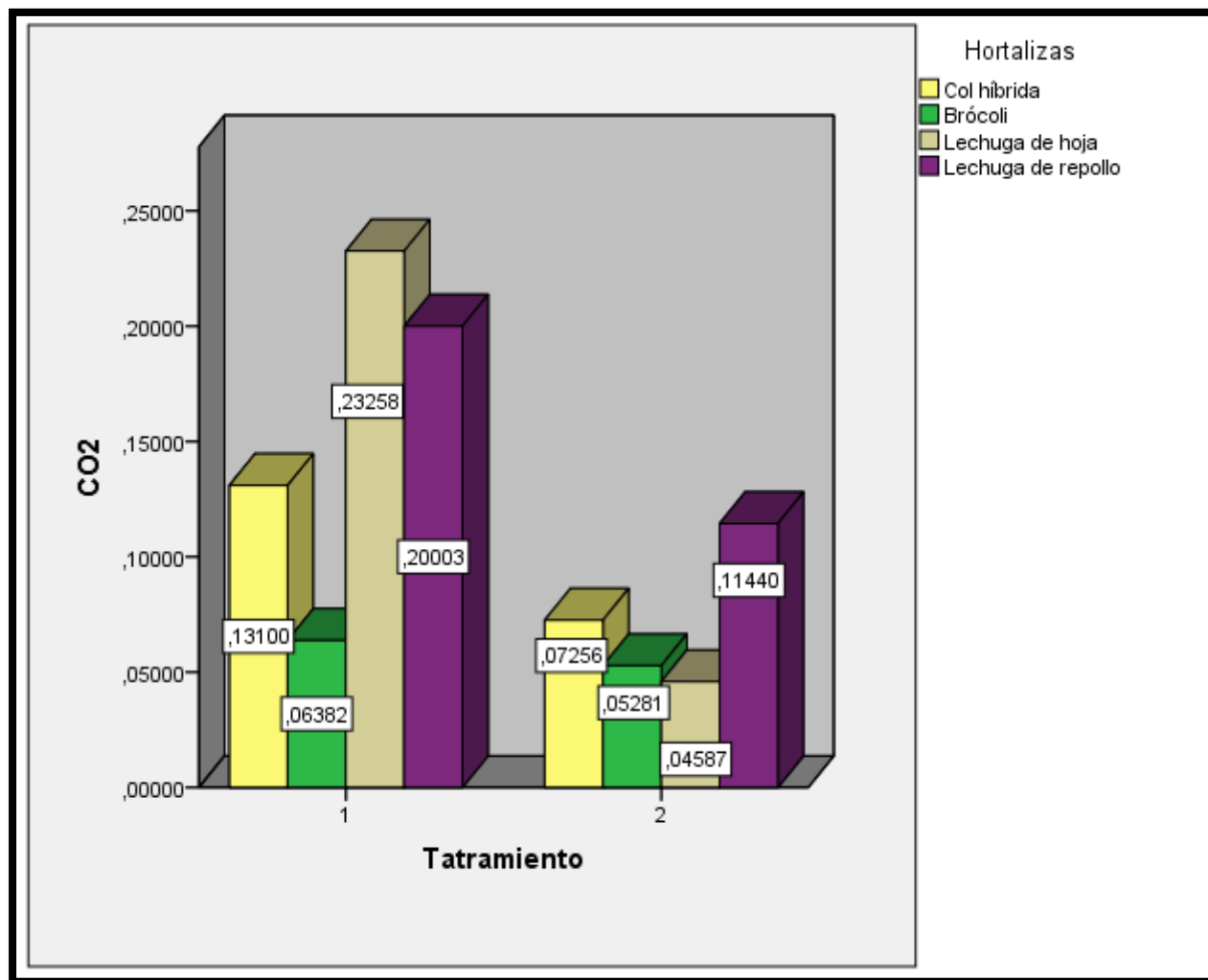


Figura 46 : Captura de CO₂ por las hortalizas a nivel del suelo, expresado en toneladas

Fuente: Autor

5.3 Comparación de concentración de Pb, Recuento de Coliformes Totales y captura de CO₂ a nivel de terrazas y a nivel del suelo

De los análisis estadísticos realizados, para la comparación de los datos obtenidos de: concentración de Pb, Recuento de *E. coli*/Coliformes y Captura de CO₂ a nivel de terrazas y a nivel de suelo podemos observar los resultados en las figuras 47, 48 y 49

Prueba de Mann-Whitney				
Rangos				
Lugar		N	Rango promedio	Suma de rangos
Plomo	Terrestre	8	10,94	87,50
	Terrazas	12	10,21	122,50
	Total	20		

Estadísticos de prueba ^a	
	Plomo
U de Mann-Whitney	44,500
W de Wilcoxon	122,500
Z	-,272
Sig. asintótica (bilateral)	,786
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	,792 ^b

Figura 47: Comparación de la concentración de Pb en las hortalizas a nivel de terrazas y a nivel de suelo

Fuente: Autor

Prueba de Mann-Whitney				
Rangos				
	Lugar	N	Rango promedio	Suma de rangos
Coliformes_Totales	Terrestre	8	14,81	118,50
	Terrazas	12	7,63	91,50
	Total	20		
Estadísticos de prueba ^a				
	Coliformes_Totales			
U de Mann-Whitney	13,500			
W de Wilcoxon	91,500			
Z	-2,706			
Sig. asintótica (bilateral)	,007			
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	,005 ^b			

Figura 48: Comparación de recuento de Coliformes Totales en las hortalizas a nivel de terrazas y a nivel de suelo

Fuente: Autor

Prueba de Mann-Whitney				
Rangos				
	Lugar	N	Rango promedio	Suma de rangos
CO2	Terrestre	8	15,75	126,00
	Terrazas	12	7,00	84,00
	Total	20		
Estadísticos de prueba ^a				
	CO2			
U de Mann-Whitney	6,000			
W de Wilcoxon	84,000			
Z	-3,240			
Sig. asintótica (bilateral)	,001			
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	,000 ^b			

Figura 49: Comparación de la captura de CO₂ de las hortalizas a nivel de terrazas y a nivel de suelo

Fuente: Autor

6. DISCUSIÓN

En el estudio y análisis realizados en este tema de investigación se puede observar en las tablas 5 y 10 que las hortalizas (brócoli, col, lechuga de hoja, lechuga de repollo) se desarrollaron durante un periodo de 10 semanas, siendo el brócoli la especie que más ha crecido llegando a una altura de 15.6 cm y 36.10 cm a nivel de terrazas y de suelo respectivamente, comprobando de esta manera que las hortalizas se han desarrollado de una mejor manera a nivel de suelos.

Cuando se analiza el área foliar de las hortalizas sembradas a nivel de terrazas y del suelo, se aprecia en las figuras 38 y 43 respectivamente los valores de R^2 (coeficiente de correlación) mayores a 0.90, concordando con el estudio realizado por Cabezas et al., (2009), se evidencia que este método, puede proveer estimaciones con alta precisión permitiendo que el modelo seleccionado $AF = a + b (L_h \times A_h)$, pueda ser utilizado de una manera confiable para futuros análisis de este tipo.

En el mismo orden los límites establecidos por la Normativa Europea, dice que la concentración máxima de plomo en hortalizas de género *Brassica* y hortalizas de hoja es de 0.30 mg/kg (UNION EUROPEA, 2017). En las tablas 7 y 12, se muestran las concentraciones de plomo a nivel de terrazas y de suelo, las más altas son de 6.33 mg/kg y 5 mg/kg respectivamente y las más bajas son de 0.4 mg/kg y 3 mg/kg, valores superiores a los encontrados por Fernández (2016) en una investigación realizada a nivel de suelo en la UPS sede Cuenca siendo la concentración más alta 1,2 mg/kg.

Tanto a nivel de terrazas como de suelo, las concentraciones de plomo se presentan en orden descendente siendo el más alto en el brócoli, luego en la col, lechuga de hoja y finalmente en la lechuga de repollo.

El plomo encontrado en las hortalizas sembradas dentro de la UPS sede Cuenca en cantidades mayores a las permitidas, se debe a 2 razones:

Primera: El plomo tiene un tiempo de permanencia en el ambiente de 15 a 20 años, por lo tanto aún deben existir remanentes de este metal ya que fue usado como aditivo de la gasolina. (Noriega et al., 2008).

Segunda: Las hortalizas con alta concentración de plomo y que fueron cultivadas en la zona de parqueo de automotores de la UPS (suelo), tales automotores se ubicaban con los escapes dirigidos hacia la zona de siembra y por lo tanto están emanando directamente aditivos de gasolina a la zona de estudio.

Respecto a las bacterias, que según la Normativa de Recopilación Internacional de Normas Microbiológicas de los Alimentos, los criterios microbiológicos para verduras y hortalizas establecidos son los siguientes: *E. coli* (10^{-10^2}) UFC/g y coliformes (10^2 - 10^4) UFC/g (De Pablo et al., 2016). En las tablas 8 y 13 se evidencia la no existencia de *E. coli* en ninguna de las hortalizas tanto a nivel de terrazas como en el suelo; el recuento de coliformes a nivel de terrazas, el más alto es de 150 UFC/g que corresponde a la lechuga de repollo y a nivel del suelo la especie que más coliformes ha presentado, es la col con un valor de 620 UFC/g, valores que son menores comparados con el estudio realizado a nivel de suelo por Alvarado (2016) que presenta 3.4×10^3 UFC/g y 9.7×10^3 UFC/g, para las concentraciones más baja y más alta respectivamente. La presencia de coliformes en las hortalizas se debe a una mala degradación del sustrato; en esta investigación se encontró mayores cantidades a nivel del suelo que a nivel de terrazas ya que en el suelo es una mezcla de humus y de tierra preexistente y en la terraza es solo humus.

Respecto a la captura del CO₂, esta es mayor a nivel del suelo que a nivel de terrazas, debido a que las plantas se desarrollaron más en el suelo y por tener una mayor masa vegetal absorben más cantidad de carbono. La especie que más CO₂ capturó tanto a nivel de terrazas como a nivel de suelo fue la lechuga de repollo, con cantidades de 0.31443 toneladas (tn) y 0.04638 tn respectivamente. Esto indica que ambientalmente se debe sembrar lechuga de repollo para la captura de CO₂.

De todas las hortalizas cultivadas en la terraza se capturó un total de 0.1028 tn y 0.8101 tn a nivel de suelo, ya que al tener una mayor masa vegetal absorbe más carbono lo que se confirma con el estudio realizado a nivel de suelo por Fernández (2016) capturando un total de 2.70 tn.

Por otra parte se realizó la prueba estadística U de Mann-Whitney ya que los datos no siguen una distribución normal para comparar los resultados obtenidos a nivel de terraza y suelo, mediante esta prueba no paramétrica se obtiene para la concentración de plomo un p-valor de 0.786 es decir mayor al nivel de significancia (0.05) por lo tanto el nivel de concentración plomo es similar tanto en el suelo como en las terrazas; Para recuento de coliformes el p-valor es de 0.007, menor al 5% ; entonces el recuento de coliformes tiene una diferencia significativa a nivel del suelo que a nivel de la terraza; en cuanto a la captura de CO₂ tenemos un p-valor igual a 0, menor al 5%, es decir la captura de CO₂ es diferente de una forma significativa a nivel del suelo que en la terraza.

7. CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de plomo tanto a nivel del suelo (3 – 5) mg/kg como de terrazas (0.4 - 6.33) mg/kg; sobrepasan los límites permitidos por la Normativa Europea (0.30 mg/kg) para hortalizas de género *Brassica* y hortalizas de hoja. Por lo tanto no resulta viable para fines de consumo humano ya que pueden causar daños en la salud.
2. El grado de concentración para *E. coli* es nulo y para coliformes son de 150 UFC/g y 620 UFC/g a nivel de terrazas y de suelo respectivamente; es decir todas las especies están dentro de los criterios microbiológicos para verduras y hortalizas establecidos por la normativa de recopilación internacional de alimentos (10^2 - 10^4) UFC/g. Por lo tanto las hortalizas están libres de contaminación por *E.coli*/coliformes.
3. La captura de CO₂ del total de las hortalizas cultivadas fue de 0.09129 kg/ha en un periodo de 10 semanas, en consecuencia estas hortalizas sirven para hacer frente al efecto invernadero evitando que este gas se emita a la atmósfera.
4. Al realizar el análisis estadístico se dice que la captura de CO₂ es diferente a nivel de terrazas que a nivel del suelo debido a la diferencia en la masa vegetal; el recuento de coliformes es distinto debido al sustrato utilizado para la siembra y la concentración de plomo es similar en ambos lugares debido a que este metal está presente en porcentajes semejantes en las zonas de estudio, por lo tanto en el caso del Pb se acepta la hipótesis nula (H₀) y se rechaza la hipótesis alternativa (H₁) y en el caso del CO₂ y coliformes al tener diferentes concentraciones rechazamos H₀ y aceptamos H₁.

8. RECOMENDACIONES

Por salud pública es conveniente que se realice un monitoreo periódico de la concentración de plomo en las zonas con más alto tráfico vehicular en la ciudad de Cuenca, ya que incide negativamente a la salud de las personas.

Implementar proyectos de agricultura urbana en toda la ciudad de Cuenca ya que es una medida amigable con el medio ambiente como medida de lucha contra el cambio climático.

En lugares muy contaminados ambientalmente no se recomienda la siembra de hortalizas para consumo humano antes bien para embellecer y diversificar el paisaje.

9. BIBLIOGRAFÍA

- 3M TM Petrifilm TM Placas para Recuento de E.coli/Coliformes 3M TM Petrifilm TM Guía de Interpretación. (2013), 6. Retrieved from http://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat/workshopmrama/files/Petrifilm_guias.pdf
- Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15, 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>
- Ali, M. H. H., & Al-Qahtani, K. M. (2012). Assessment of some heavy metals in vegetables, cereals and fruits in Saudi Arabian markets. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(1), 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2012.08.002>
- Arosemena, G. (2012). *Agricultura urbana*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, SL.
- Badami, M. G., & Ramankutty, N. (2015). Urban agriculture and food security: A critique based on an assessment of urban land constraints. *Global Food Security*, 4(2010), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2014.10.003>
- Bank, W. (2008). Climate resilient cities: A primer on reducing vulnerabilities to climate change impacts and strengthening disaster risk management in Asian cities. *Washington, DC; World Bank. International Strategy for*. Retrieved from <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/eng/doc17130/doc17130-a.pdf>
- Barrera, J., Suárez, D., & Melgarejo, L. M. (2010). Análisis de Crecimiento en plantas, 38. Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/5/04_Cap02.pdf
- Bartz, J., & Showalter, R. (1981). Infiltration of tomatoes by aqueous bacterial suspensions. *Phytopathology*. Retrieved from https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1981Articles/Phyto71n05_515.pdf

- Bascuñán Walker, F. (2010). Crecimiento urbano y balance de CO₂ en la cuenca del río Elqui (Chile). *Bosque (Valdivia)*, 31(2), 109–116. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002010000200004>
- Berner, R. (1994). GEOCARB II; a revised model of atmospheric CO₂ over Phanerozoic time. *American Journal of Science*, 294(1), 56–91. <https://doi.org/10.2475/ajs.294.1.56>
- Besser, R., Lett, S., Weber, J., Doyle, M., & Barrett, T. (1993). An outbreak of diarrhea and hemolytic uremic syndrome from *Escherichia coli* O157: H7 in fresh-pressed apple cider. *Jama*. Retrieved from <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=405799>
- Bizari, D. R., & Cardoso, J. C. (2016). Reuse water and urban horticulture: alliance towards more sustainable cities. *Horticultura Brasileira*, 34(3), 311–317. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362016003002>
- Blečić, I., Cecchini, A., Falk, M., Marras, S., Pyles, D. R., Spano, D., & Trunfio, G. A. (2014). Urban metabolism and climate change: A planning support system. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26(1), 447–457. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.08.006>
- Cabezas, M., Peña, F., Duarte, H., Colorado, J., & Lora, R. (2009). A NON- DESTRUCTIVE MODEL FOR ESTIMATING LEAF AREA IN THREE FOREST SPECIES, 10. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n1/v12n1a13.pdf>
- Castañeda, M. B., Cabrera, A., Navarro, Y., & Vries, W. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS*. Retrieved from <http://www.pucrs.br/edipucrs/spss.pdf>
- Celis, A., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., & Cuca, L. (2008). Plant extracts used as biocontrol with emphasis on Piperaceae, 9. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n1/v26n1a12.pdf>

- Cervera Vidal, M. I. (2015). INVESTIGACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS VOLÁTILES Y SEMIVOLÁTILES EN AGUAS Y VEGETALES MEDIANTE CROMATOGRAFÍA DE GASES- ESPECTROMETRÍA DE MASAS (TRIPLE CUADRUPOLO Y TIEMPO DE VUELO) TESIS DOCTORAL MARIA INÉS CERVERA VIDAL. Retrieved from <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/285729/micervera.pdf?sequence=1>
- Cherni, J. A. (2001). La globalización de la insalubridad y la contaminación del aire urbano. *EURE*, 27(81). <https://doi.org/dx.doi.org/10.4067/S0250-71612001008100002>
- Christopher, S., Prior, S. A., Brett Runion, G., Allen Torbert, H., Gilliam, C. H., & Fain, G. B. (2011). The importance of determining carbon sequestration and greenhouse gas mitigation potential in ornamental horticulture. *HortScience*, 46(2), 240–244. [https://doi.org/10.1596/S0013-7145\(2011\)00462\[240:TIODCS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1596/S0013-7145(2011)00462[240:TIODCS]2.0.CO;2)
- Coninck, H. De, & Benson, S. M. (2014). Carbon Dioxide Capture and Storage : Issues and Prospects. *Anual Review of Environment and Resources*, 39. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-032112-095222>
- Cordo, H. (2004). El Control Biológico de Malezas, una alternativa factible para la lucha contra las plantas invasoras exóticas en Áreas Pretegidas de la Argentina, 63. Retrieved from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802004000100001
- De Pablo, B., & Moragas, M. (2016). Normas Microbiológicas de los alimentos. Retrieved from http://www.higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/normas_microbiologicas_de_alimentos_2016_.pdf

- De Roever, C. (1998). Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. *Food Control*. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095671359800022X>
- Drescher, A. W. (2001). Seguridad alimentaria urbana: Una respuesta a la crisis. *Revista Agricultura Urbana*, 1(1).
- Dubbeling, M., & Zeeuw, H. De. (2011). Urban Agriculture and Climate Change Adaptation: Ensuring Food Security Through Adaptation. *Resilient Cities*, 1, 441–449. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0785-6>
- Eigenbrod, C., & Gruda, N. (2015). Urban vegetable for food security in cities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 483–498. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0273-y>
- EPA, (United States Environmental Protection Agency). (2017). Basic Information about Lead Air Pollution.
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe*. Roma, Italia.
- Fernández, F., & Vicente, J. (2016). CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Trabajo Experimental previo a la obtención del título de: Ingeniero Ambiental TEMA: AGRICULTURA URBANA Y SU APOORTE CONTRA EL SALESIANA SEDE CUENCA AUTOR: JOSÉ VICENTE FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ FREDI PORTILLA FARFÁN, PhD. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12815/1/UPS-CT006694.pdf>
- Fernandez, J. M. (2015). LA MITIFICACIÓN DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS COMO RESPUESTA A LOS RETOS DE LAS CIUDADES CONTEMPORÁNEAS. *Universidad Politécnica de Madrid*, 17–28.

- Gallopín, G. (2007). LINKAGES BETWEEN VULNERABILITY, RESILIENCE, AND ADAPTIVE CAPACITY. *Gilberto Gallopin*. Retrieved from https://www.pik-potsdam.de/research/projects/projects-archive/favaia/presentations_vul_ws/gallopin.pdf
- Ganeshamurthy, A. N., Varalakshmi, L. R., & Sumangala, H. P. (2008). Environmental risks associated with heavy metal contamination in soil, water and plants in urban and periurban agriculture. *Journal of Horticultural Sciences*, 3(1), 1–29.
- García, D., Lima, L., Ruiz, L., Santana, J., & Calderón, P. (2016). Agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados. *Revista Cubana de Química*, 28(1), 378–393. https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212016000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Gattinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., ... Niggli, U. (2012). Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(44), 18226–18231. <https://doi.org/10.1073/pnas.1209429109>
- Giuffré, L., Ratto, S., Marbán, L., Schonwald, J., & Romaniuk, R. (2005). Riesgo por metales pesados en horticultura urbana. *Ciencia Del Suelo*, 23(1), 101–106. Retrieved from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672005000100012
- Henry, J. G., & Heinke, G. W. (1999). *Ingeniería Ambiental* (Segunda Ed). Mexico: Prentice Hall.
- Hurrell, J. A., Ulibarri, E. A., Delucchi, G., & Pochettino, M. (2009). *Hortalizas verduras y legumbres*. (Literature of Latin America, Ed.). Buenos Aires, Argentina.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2011). Diez principales causas de mortalidad y morbilidad en el Ecuador. Retrieved October 14, 2017, from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas_sociales/

- IPCC. (2014). CAMBIO CLIMÁTICO 2014. Retrieved from https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf
- Jaramillo, C. E. (2017). *Estudio de metabolismo urbano en la ciudad de Cuenca*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Kulak, M., Graves, A., & Chatterton, J. (2013). Reducing greenhouse gas emissions with urban agriculture: A Life Cycle Assessment perspective. *Landscape and Urban Planning*, 111(1), 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.11.007>
- Landeta González, A. D. (2009). Produccion de Biomasa y fijación de carbono en plantaciones de teca (*Tectona grandis* linn f.) en la ESPOL campus”ing. Gustavo Galindo”. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10314/1/D-42166.pdf>
- Lashof, D. (1989). The dynamic greenhouse: feedback processes that may influence future concentrations of atmospheric trace gases and climatic change. *Climatic Change*. Retrieved from <http://www.springerlink.com/index/g4n5n3l40n2p5753.pdf>
- Latin, U. N. E. C. for. (2003). Anuario estadístico de América Latina y el Caribe. Retrieved from https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=2JcQtXpYWc4C&oi=fnd&pg=PR25&ots=TLwaj0GhwQ&sig=qovBsTcnOravK6k1eeg_RkhAo-I
- Lee, K. N. (2010). Urban sustainability and the limits of classical environmentalism. <https://doi.org/10.1177/0956247806063940>
- Ligeti, E., Wieditz, I., & Penney, J. (2007). Cities preparing for climate change: a study of six urban regions.
- Llivosaca, S. A., Burgos, F. A., & Vargas, J. D. (2011). “Caracterización de bacterias metalofijadoras de mercurio, a través de la subunidad 16srna, mediante la técnica de pcr-dgge del río Gala (aguas abajo en el recinto San Rafael) en la parroquia Tenguel.”

Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/15879>

- Lwasa, S., Mugagga, F., Wahab, B., Simon, D., Connors, J., & Griffith, C. (2014). Urban and peri-urban agriculture and forestry: Transcending poverty alleviation to climate change mitigation and adaptation. *Urban Climate*, 7, 92–106. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.10.007>
- Lwasa, S., Mugagga, F., Wahab, B., Simon, D., Connors, J. P., & Griffith, C. (2015). A meta-analysis of urban and peri-urban agriculture and forestry in mediating climate change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 13, 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.02.003>
- Mahon, B. E., Pönkä, A., Hall, W. N., Komatsu, K., Dietrich, S. E., Siitonen, A., ... Slutsker, L. (1997). An International Outbreak of Salmonella Infections Caused by Alfalfa Sprouts Grown from Contaminated Seeds. Retrieved from <https://watermark.silverchair.com/api/watermark?token=AQECAHi208BE49Ooan9khhW>.
- Maldonado, J. M. (2010). Ciudades y contaminación ambiental. *Revista de Ingeniería*, (30), 22–34.
- Marín, M. del P., Andrade, H., & Sandoval, A. (2016). FIJACIÓN DE CARBONO ATMOSFÉRICO EN LA BIOMASA TOTAL DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CACAO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, COLOMBIA. *.U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 19(2), 351–360.
- Moreno Flores, O. (2007). Agricultura Urbana: Nuevas Estrategias de Integración Social y Recuperación Ambiental en la Ciudad.
- Mougeot, L. J. A. (2001). Agricultura Urbana: concepto y definición. *La Revista Agricultura Urbana*, 1(1), 1–29.

- Muller, M. (2007). Adapting to climate change: water management for urban resilience. *And Development (IIED)*, 19(1), 99–113. <https://doi.org/10.1177/0956247807076726>
- Noriega, P., Medici, A., Murillo, A., Bedón, J., Haro, F., & Galecio, G. (2008). Estudio de la concentración de cadmio y plomo en el aire de la ciudad de Quito, empleando briofitas como biomonitores. *La Granja*, 8(2). Retrieved from <http://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/510/367>
- Norverto, C. (2006). La fijación de CO₂ en plantaciones forestales y en productos de madera en Argentina. Retrieved from <http://www.laspi.net/ebi/FijacionCO2forestacion.pdf>
- Olivares, S. (2013). Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la habana, Cuba. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 29(4), 285–293. <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0544-8>
- Olivas, E., & Alarcón, L. R. (2001). *Manual de prácticas de Microbiología básica y Microbiología de alimentos* (1st ed.). Mexico: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- OMS, (Organización Mundial de la Salud). (2017). Las consecuencias de la contaminación ambiental.
- ONU, (Organización de las Naciones Unidas). (2014). *World Urbanization Prospects (Highlights)*.
- Ortiz, A. (2013). Caracterización de nitratos presentes en la lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante el uso de bioimpedancia eléctrica. Retrieved from <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/5015/1/RI004370.PDF>
- Osinaga, O., Báez, S., Cuesta, F., Malizia, A., Carilla, J., Aguirre, N., & Malizia, L. (2014). Monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques andinos- Protocolo extendido, 222. Retrieved from http://www.condesan.org/redbosques/sites/default/files/recursos/documentos/protocolo_bosques_0.pdf

- Pascual Anderson, M. del R. (2005). *Enfermedades de origen alimentario: Su prevención*. Ediciones Díaz de Santos.
- Pascual Anderson, M. del R., & Calderón, V. (1999). *MICROBIOLOGÍA ALIMENTARIA: Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas* (2nd ed.). Ediciones Díaz de Santos.
- Pia, F. (2005). *Huerta orgánica biointensiva*. Río Negro-Argentina. Retrieved from http://caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Huerta_organica_CIESA.pdf
- PNUMA, (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2012). *Global Chemicals Outlook Hacia una gestión racional de las sustancias químicas*.
- Pruss-Ustun, A., & Corvalan, C. (2006). *Ambientes saludables y prevención de enfermedades*. Ginebra: OMS. Ginebra, Suiza.
- Puig, Y., Leyva, V., Carrera, J., Molejon, P., Pérez, M., & Dueñas, O. (2014). Calidad microbiológica de las hortalizas y factores asociados a la contaminación en áreas de cultivo en La Habana. *Habanera de Ciencias Médicas*, 13(1), 111–119.
- Puig Peña, Y., Leyva Castillo, V., Suárez, A., Carrera Vara, J., Molejón, P. L., Pérez, Y., & Dueñas Moreira, O. (2014). Calidad microbiológica de las hortalizas y factores asociados a la contaminación en áreas de cultivo en la Habana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 13(1), 111–119. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1729-519X2014000100013&script=sci_arttext&tlng=pt
- Quezada, A. G., Sánchez, E., Muñoz, E., Martínez, L., & Villalobos, E. (2008). Diagnóstico de la calidad microbiológica de frutas y hortalizas en Chihuahua, México. *Phyton*, 77, 5–17.

- Quinde, A., & Catalina, J. (2016). Agricultura Urbana en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca y su aporte al cambio climático. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12815>
- Romero, P. (2007). Are we missing the point? Particularities of urbanization, sustainability and carbon emissions in Latin American cities. *Environment and Urbanization*, 19, 159–175. Retrieved from <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0956247807076915>
- Romero Cabello, R. (2007). *Microbiología y Parasitología Humana : Bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias* (3rd ed.). Médica Panamericana.
- Rubio, C., Aj, G., Re, M., Revert, C., & A, L. G. H. (2004). El plomo como contaminante alimentario. *Toxicología*, 21(2–3), 72–80.
- Santibañez, E. (2014). Carbon capture storage to mitigate climate change: An optimized model applied for Brazil. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(3), 235–245. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300001
- Saugier, B., & Pontailier, J. (2006). El ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el Altiplano boliviano Carbon global cycle and its consequences on photosynthesis in the, 41(3), 71–85. Retrieved from <http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v41n3/v41n3a06.pdf>
- Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkerei, C., Weber, F., & Kowarik, I. (2012). How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*, 165, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.02.019>
- Schlesinger, W., & Andrews, J. (2000). Soil Respiration and the Global Carbon Cycle, 7–20. Retrieved from

- https://www.researchgate.net/profile/William_Schlesinger2/publication/51997678_Soil_Respiration_and_Global_Carbon_Cycle/links/54b165a00cf220c63ccf9d45.pdf
- Schnitzler, W. H., & Holmer, R. (1999). STRATEGIES FOR URBAN HORTICULTURE IN DEVELOPING COUNTRIES. *Acta Horticulturae*, (495), 331–336. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.495.20>
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Soto Varela, Z., Pérez Lavalle, L., & Estrada Alvarado, D. (2016). Bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos: una mirada en Colombia. *Barranquilla (Col.)*, 32(1), 105–122. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v32n1/v32n1a10.pdf>
- Specht, K., Siebert, R., Hartmann, I., Freisinger, U. B., Sawicka, M., Werner, A., ... Dierich, A. (2014). Urban agriculture of the future: An overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. *Agriculture and Human Values*, 31(1), 33–51. <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9448-4>
- UNION EUROPEA. (2017). Contenido Máximo de Metales Pesados en Productos Alimenticios. Retrieved from <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf>
- Vélez, A. P., & Ortega, J. E. (2013). Determinación de coliformes totales y E. Coli en muestras de lechuga expandidas en cuatro mercados de la ciudad de Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4301>
- Vergara, W., Rios, A. R., Galindo, L. M., Gutman, P., Isbell, P., & Samaniego, J. (2014). *El Desafío Climático y de Desarrollo en América Latina y el Caribe: Opciones para un desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono.*