

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

TRABAJO EXPERIMENTAL:

"DETERMINACIÓN DE PLOMO, BACTERIAS PATÓGENAS (*E. COLI* Y *COLIFORMES*) Y CAPTURA DE CARBONO EN LA AGRICULTURA URBANA (HORTALIZAS Y ORNAMENTALES) EMPLAZADAS EN CINCO INSTITUCIONES EDUCATIVAS UBICADOS EN EL DISTRITO NORTE DE LA CIUDAD DE CUENCA FOMENTANDO LA EDUCACIÓN AMBIENTAL BAJO LOS PRINCIPIOS IAR - FAO"

AUTORAS:

MARÍA JOSÉ QUIZHPI PINTADO

TANIA ALEXANDRA SARANGO GUAMÁN

TUTOR:

FREDI LEONIDAS PORTILLA FARFÁN, PhD.

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, María José Quizhpi Pintado con documento de identificación N° 0105725337 y Tania Alexandra Sarango Guamán con documento de identificación N° 1150358594, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación: "**DETERMINACIÓN DE PLOMO, BACTERIAS PATÓGENAS (*E. COLI* Y *COLIFORMES*) Y CAPTURA DE CARBONO EN LA AGRICULTURA URBANA (HORTALIZAS Y ORNAMENTALES) EMPLAZADAS EN CINCO INSTITUCIONES EDUCATIVAS UBICADOS EN EL DISTRITO NORTE DE LA CIUDAD DE CUENCA FOMENTANDO LA EDUCACIÓN AMBIENTAL BAJO LOS PRINCIPIOS IAR - FAO**", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Ambiental* en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio del 2020



María José Quizhpi Pintado

C.I. 0105725337



Tania Alexandra Sarango Guamán

C.I. 1150358594

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **"DETERMINACIÓN DE PLOMO, BACTERIAS PATÓGENAS (*E. COLI* Y *COLIFORMES*) Y CAPTURA DE CARBONO EN LA AGRICULTURA URBANA (HORTALIZAS Y ORNAMENTALES) EMPLAZADAS EN CINCO INSTITUCIONES EDUCATIVAS UBICADOS EN EL DISTRITO NORTE DE LA CIUDAD DE CUENCA FOMENTANDO LA EDUCACIÓN AMBIENTAL BAJO LOS PRINCIPIOS IAR - FAO"**, realizado por María José Quizhpi Pintado y Tania Alexandra Sarango Guamán, obteniendo el *Trabajo Experimental*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio del 2020

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Fredi Leonidas Portilla Farfán PhD.

C.I. 0102824331

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotras, María José Quizhpi Pintado con documento de identificación N° 0105725337 y Tania Alexandra Sarango Guamán con documento de identificación N° 1150358594, autoras del trabajo de titulación: "**DETERMINACIÓN DE PLOMO, BACTERIAS PATÓGENAS (*E. COLI* Y *COLIFORMES*) Y CAPTURA DE CARBONO EN LA AGRICULTURA URBANA (HORTALIZAS Y ORNAMENTALES) EMPLAZADAS EN CINCO INSTITUCIONES EDUCATIVAS UBICADOS EN EL DISTRITO NORTE DE LA CIUDAD DE CUENCA FOMENTANDO LA EDUCACIÓN AMBIENTAL BAJO LOS PRINCIPIOS IAR - FAO**", certificamos que el total contenido del *Trabajo experimental* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, julio del 2020

María José Quizhpi Pintado

C.I. 0105725337

Tania Alexandra Sarango Guamán

C.I. 1150358594

DEDICATORIA

Así que no temas, porque yo estoy contigo; no te angusties, porque yo soy tu Dios. Te fortaleceré y te ayudaré; te sostendré con mi diestra victoriosa.

Isaías 41:10

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinito amor y bondad.

Dedico todo mi esfuerzo y sacrificio a mis padres Josefina y Alejandro con todo mi cariño, amor y admiración. A ellos mi eterno agradecimiento por la dicha de ser su hija, por mostrarme el camino hacia la superación, por estar a mi lado en los momentos difíciles, por sus palabras y su comprensión. No cesará mi agradecimiento infinito por ser mis padres y amigos.

A mi hija Valentina, por ser mi compañera e inspiración, por enseñarme el amor infinito y por ser el motivo de mi superación personal y profesional. A ti hija mía, que con tu mirada y sonrisa iluminas mis días, agradezco a Dios por la dicha tan grande de ser tu mamá.

A mi familia, en especial a mis hermanos Jorge, Lucy y Juan, que con sus palabras de apoyo siempre me brindaron aliento en el día a día, convirtiéndose en el principal soporte de toda mi carrera universitaria, contribuyendo de una manera especial y única para el desarrollo de mi formación profesional.

María José

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación quiero dedicar en mi primer lugar a Dios, quien me ha dado la fuerza interior para alcanzar una meta en mi vida, así mismo, a mis padres María Guamán y José Sarango por haberme dado la vida y sobre todo su apoyo incondicional en el ámbito económico, moral y emocional quienes han sido un pilar fundamental para alcanzar este logro ya que sin su apoyo no habría sido posible llegar con éxito a culminar mi carrera universitaria.

De la misma manera dedico este esfuerzo a mi amado esposo Patricio Loja, quien con amor y sabiduría me ha brindado su apoyo incondicional en los momentos más difíciles durante mi formación académica a pesar de la distancia siempre estuvo presente con una palabra de aliento, con su apoyo moral y económico. A mi querida hijita Sarahí, a quien en muchas ocasiones le he negado la atención que se merece pese a su corta edad por dedicar más tiempo a mis estudios, durante este proceso quien se ha sacrificado más que nadie ha sido mi pequeña.

Así también, este esfuerzo dedico a mis hermanas Sisa, Nina y Jenny, quienes han sido un ejemplo a seguir apoyándome en cada paso que doy, brindándome sus consejos y palabras de aliento para no decaer durante todo este proceso.

Tania

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi Padre Dios, “Porque todas las cosas proceden de él, y existen por él y para él. ¡A él sea la gloria por siempre! Amén.

Romanos 11:36

En primer lugar, agradezco a Dios por estar siempre a mi lado a lo largo de mi vida y en especial en este camino lleno de luchas constantes que ha sido la carrera universitaria, también por brindarme salud y fuerzas cuando las mías parecían haberse terminado.

A mis padres, Alejandro y Josefina, por ser unos buenos padres que me han guiado siempre hacia el camino del bien, apoyándome y brindándome su amor incondicional, que han hecho de mí una persona responsable.

Al Ing. Freddi Portilla PhD docente tutor, por su apoyo en el desarrollo de esta investigación con sus valiosos consejos basados en sus profundos conocimientos que posee. De igual manera a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental, que se supieron ganar mi respeto y admiración.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las directores, profesores y alumnos de las instituciones educativas que formaron parte de este proyecto: Unidad Educativa “Francisca Dávila de Muñoz”, Unidad Educativa “Julio María Matovelle, Escuela de Educación Básica “Federico Proaño”, Unidad Educativa “Tres de Noviembre”, Escuela de Educación Básica Particular “Cristo Rey”, por su paciencia y ayuda desinteresada durante el desarrollo de este proyecto, que han hecho que esta etapa se realice con éxito.

Al Dr. Pablo Arévalo, Dra. Inés Malo y a la Ing. Sandy Gavilanes por su tiempo y apoyo brindado en el laboratorio, de igual manera al Dr. Tony Vilorio por sus consejos y apoyo en la etapa final de este proyecto, mi admiración hacia él por la calidad de ser humano y profesional que es.

María José

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarnos por el camino correcto para terminar con éxito la carrera universitaria.

Un agradecimiento al PhD. Fredi Portilla, director de tesis quien nos ha brindado su apoyo durante todo el proceso de trabajo de titulación. De igual manera a los profesores de la carrera de Ingeniería Ambiental por impartirnos sus conocimientos durante la formación académica.

Agradecemos infinitamente a los rectores, profesores y estudiantes de las instituciones educativas (Julio María Matovelle, Federico Proaño, Tres de Noviembre, Francisca Dávila, Cristo Rey), por abrirnos sus puertas y colaborarnos en el desarrollo del proyecto.

Un agradecimiento al Dr. Pablo Arévalo por su amable colaboración en el manejo del ICP y guiarnos en la metodología del análisis de plomo, a la Ing. Sandy y la Dra. Mónica, por su colaboración en el laboratorio.

RESUMEN

La agricultura urbana es una actividad que busca aumentar la seguridad alimentaria nutricional para las poblaciones urbanas, contribuyendo al sistema social y ecológico para crear ciudades sostenibles que abastezcan a sus habitantes de alimentos básicos y saludables. Sin embargo, algunos estudios han determinado que existe contaminación en la práctica de esta actividad que pone en riesgo la salud humana. Por esta razón se realizó actividades de educación ambiental para impulsar los principios IAR-FAO, con el fin de incentivar a niños, niñas y adolescentes a realizar sistemas de agricultura urbana saludables que garanticen la seguridad alimentaria y nutrición; en donde se implementó huertos urbanos en cinco instituciones educativas del Distrito Norte de la ciudad de Cuenca. Los objetivos de este estudio fueron realizar un análisis microbiológico para el recuento de *E. coli* y coliformes, análisis de concentración de plomo y captura de CO₂, con las especies vegetales: hortalizas col híbrida (*Brassica viridis*), brócoli (*Brassica oleracea italica*), lechuga de hoja (*Lactuca sativa var. Crispa*), lechuga de repollo (*Lactuca sativa var. capitata*) y por las plantas ornamentales tenemos a la lengua de suegra (*Sansevieria trifacida*) y ajenojo (*Parthenium hyteorphous*). El Recuento de *E. coli* y coliformes, se obtuvo aplicando la técnica de las placas Petrifilm, la cantidad de captura de carbono mediante la relación (biomasa, peso fresco, peso seco) y la concentración de Pb aplicando la técnica del IPC. Con los resultados obtenidos se evidenció que no hubo presencia de *E. coli* en ninguna muestra vegetal. Sin embargo, se determinó un crecimiento de coliformes en las hortalizas, siendo la lechuga de repollo la más afectada con 131 UFC/g; con respecto al nivel de captura de CO₂ en el Distrito Norte fue 0,4231 tnCO₂/m² y la concentración de plomo en las muestras vegetales de las instituciones educativas de manera general, están dentro de los límites permisibles establecidos por la norma CODEX ALIMENTARIUS en donde se encontró un valor promedio de 0,07768 mg/kg, con excepción del huerto de la escuela Julio María Matovelle, ya que se encontró valores que superan los límites establecidos por dicha norma con un valor de 3,36465 mg/kg, esto debido a que la parcela donde se realizó la siembra contenía el metal, comprobado mediante un análisis de suelo.

Palabras claves: Agricultura urbana, educación ambiental, captura de CO₂, concentración de plomo, *E. coli*/Coliformes, principios IAR-FAO

ABSTRACT

Urban agriculture is an activity that seeks to increase nutritional food security for urban populations. It contributes to the social and ecological system to create sustainable cities and supply their inhabitants with basic nutritional necessities and healthy food. However, some studies have determined that there is contamination in the practice that puts human health at risk. For this reason, environmental education activities were implemented to promote the IAR-FAO principles and encourage children, adolescents, young adults to carry out healthy urban agriculture systems that guarantee food security and nutrition; urban gardens were implemented in five educational institutions in the Northern District of the city of Cuenca. The objective of this study was to perform a microbiological analysis of *E. coli* and coliforms, analysis of lead concentration and CO₂ capture, with the following plant species: hybrid cabbage vegetables (*Brassica viridis*), broccoli (*Brassica oleracea italica*), leaf lettuce (*Lactuca sativa var. Crispa*), cabbage lettuce (*Lactuca sativa var. capitata*) and for ornamental plants we have the mother-in-law's tongue (*Sansevieria trifacida*) and wormwood (*Parthenium hyteorphous*). The *E. coli* and coliform count was obtained by applying the Petrifilm plate technique. The amount of carbon capture through the ratio (biomass, fresh weight, dry weight) and the Pb concentration using the IPC technique. The results obtained showed that there was no presence of *E. coli* in any plant sample. However, a coliform growth was identified in vegetables, with cabbage lettuce being the most affected with 131 UFC / g; with respect to the level of CO₂ capture in the Northern District it was 0,4231 tnCO₂ / m²; and the concentration of lead in the vegetable samples of the educational institutions in general, are within the permissible limits established by the CODEX ALIMENTARIUS standard, finding an average value of 0,07768 mg / kg, with the exception of the garden of Julio María Matovelle school, since the values found exceed the limits established by said norm with a value of 3,36465 mg / kg, this is because the plot, where the sowing was carried out, contained the metal, which was verified by means of a soil analysis.

Key words: *Urban agriculture, environmental education, CO₂ capture, lead concentration, E. coli / Coliforms, IAR-FAO principles.*

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
ÍNDICE GENERAL.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Delimitación del área de estudio.....	4
1.3. Objetivos	6
CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O ESTADO DEL ARTE	9
2.1. Educación ambiental.....	10
2.1.1. Antecedentes.....	10
2.1.2. Objetivos de la educación ambiental.....	12
2.1.3. Importancia de la educación ambiental.....	13
2.1.4. Medioambiente y educación ambiental.....	15
2.1.5. Educación ambiental para el desarrollo sostenible.....	18
2.2. Principios para la Inversión Responsable en la Agricultura y los Sistemas Alimentarios.....	20
2.2.1. Antecedentes y justificación.....	20
2.2.2. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.....	22
2.2.3. Principios para la Inversión Responsable en la Agricultura.....	23
2.2.4. Marco legislativo sobre los principios IAR-FAO en Ecuador.....	33
2.2.5. Seguridad nutricional y alimentaria.....	34
2.3. Agricultura urbana	36
2.3.1. Agricultura urbana y sus beneficios medioambientales.....	36
2.3.2. Agricultura urbana y sus beneficios socioeconómicos.....	37
2.3.3. Paisajismo urbano.....	37
2.3.4. Comparación entre la agricultura urbana y agricultura rural.....	38

2.3.5.	La agricultura urbana en Ecuador.....	39
2.3.6.	Casos de estudio de la agricultura urbana.	40
2.4.	Botánica de las hortalizas y ornamentales.	42
2.4.1.	Brócoli	42
2.4.2.	Col de repollo.	44
2.4.3.	Lechuga de repollo.	44
2.4.4.	Lechuga de hoja.....	45
2.4.5.	Ajenjo	45
2.4.6.	Lengua de suegra.	46
2.5.	Contaminación ambiental.	51
2.5.1.	Contaminación en las ciudades.	52
2.5.2.	Contaminación del suelo.	53
2.5.3.	Contaminación por CO ₂	53
2.5.4.	Contaminación por metales pesados.....	60
2.5.5.	Contaminación microbiológica en el huerto urbano.....	66
CAPÍTULO III		74
MATERIALES Y MÉTODOS.....		74
3.1.	Ejecución de la educación ambiental.....	75
3.1.1.	Diseño.....	75
3.1.2.	Implementación	76
3.1.4.	Evaluación	89
3.1.5.	Comunicación.....	91
3.2.	Fase de campo: implementación del huerto urbano.....	92
3.2.1.	Preparación del terreno.	92
3.2.2.	Siembra.....	95
3.2.3.	Riego.....	98
3.2.4.	Control preventivo de malezas y aporque.	101
3.2.5.	Manejo y control de plagas.....	101
3.2.6.	Cosecha.....	104
3.3.	Fase experimental: análisis de laboratorio.....	106
3.3.1.	Análisis microbiológico.....	106
3.3.2.	Captura de CO ₂	111

3.3.3. Determinación de la concentración de plomo.	114
CAPÍTULO IV	123
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	123
4.1. Evaluación de la educación ambiental bajo los principios IAR-FAO.	124
4.1.1. Tabulación de evaluaciones realizadas a los estudiantes.....	124
4.2. Contaminación ambiental.	133
4.2.1. Recuento de bacterias <i>E. coli</i> /coliformes totales.	133
4.2.2. Captura de CO ₂ a través de la biomasa vegetal.	136
4.2.3. Concentración de plomo.	150
4.3. Comparación de resultados obtenidos con estudios anteriores realizados en la ciudad de Cuenca.	155
4.3.1. Comparación del análisis microbiológico.	155
4.3.2. Comparación de la captura de Carbono.....	159
4.3.4. Comparación de concentración de plomo.	169
CAPÍTULO V	177
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	177
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	181
APÉNDICE/ ANEXOS.....	199

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la absorción de los gases por plantas.	48
Figura 2. Ciclo del carbono (Fuente de emisión y sumideros).	55
Figura 3. Absorción de metales pesados en la planta.	62
Figura 4. Mecanismos de contaminación de las hortalizas.	69
Figura 5. Interpretación de cajas Petrifilm™ para el recuento de E.coli y coliformes totales	70
Figura 6. Socialización del proyecto “Huertos urbanos”	78
Figura 7. Capacitación sobre la agricultura urbana.	78
Figura 8. Capacitación y visita al huerto con la participación de los estudiantes.	79
Figura 9. Taller sobre los principios IAR-FAO.	79
Figura 10. Ruleta de la suerte para impulsar los Principios IAR-FAO.	81
Figura 11. Participación de los estudiantes en la ruleta de la suerte.	82
Figura 12. Estudiantes realizando la actividad de sopa de letras.	83
Figura 13. Visita al huerto agroecológico de la Unidad Educativa Francisca Dávila de Muñoz.	85
Figura 14. Visita al huerto agroecológico de la Unidad Educativa Julio María Matovelle.	85
Figura 15. Visita al huerto agroecológico de la Unidad Educativa Federico Proaño.	85
Figura 16. Cartilla ambiental bajo los principios IAR-FAO.	87
Figura 17. Entrega de la "Cartilla ambiental bajo los principios IAR-FAO" a los estudiantes.	89
Figura 18. Crucigrama para la evaluación de los estudiantes.	89
Figura 19. Comunicación de resultados del proyecto “Huertos urbanos” a los estudiantes y docentes.	91
Figura 20. Construcción de cajoneras de madera.	92
Figura 21. Limpieza y preparación del terreno en la escuela Julio María Matovelle.	94
Figura 22. Sustrato utilizado para la siembra de los huertos urbanos.	95
Figura 23. Distribución de las hortalizas en el huerto urbano.	95
Figura 24. Siembra de hortalizas en las cinco instituciones educativas.	96
Figura 25. Distribución del huerto urbano con cortina de ornamentales.	98
Figura 26. Riego de los huertos urbanos con la participación de estudiantes.	100
Figura 27. Aporque y desmalezado de las hortalizas.	101
Figura 28. Etapas para el manejo de plagas y enfermedades.	102
Figura 29. Identificación de la plaga pulgón de col y enfermedad moho gris de la hoja.	103
Figura 30. Aplicación del bioinsecticida orgánico por parte de los estudiantes.	104
Figura 31. Cosecha de cultivos con la participación de los estudiantes.	105
Figura 32. Medición de la altura, ancho y número de hojas.	105
Figura 33. Toma de muestras para el análisis microbiológico.	107
Figura 34. Pesado de las muestras.	107
Figura 35. Preparación del agua de peptona.	108
Figura 36. Esterilización en autoclave.	108
Figura 37. Homogenización de la muestra.	109
Figura 38. Etiquetado de las placas Petrifilm.	109
Figura 39. Inoculación de la muestra.	110
Figura 40. Recuento de colonias formadas.	111
Figura 41. Peso fresco de la muestra.	112
Figura 42. Peso fresco de la submuestra.	112
Figura 43. Secado de la muestra.	113
Figura 44. Lavado de las muestras.	115
Figura 45. Muestras secas.	115
Figura 46. Equipo de digestión ácida CEM-MARS6.	116

Figura 47. Colocación de 10 ml de HNO ₃	117
Figura 48. Digestión ácida de las muestras.....	117
Figura 49. Filtrado de la muestra.	118
Figura 50. Muestras aforadas.	119
Figura 51. Curva de calibración mostrada por el equipo ICP.	121
Figura 52. Porcentaje de asimilación de la información en la Unidad Educativa "Julio María Matovelle"...	126
Figura 53. Porcentaje de asimilación de la información en la escuela "Federico Proaño".....	127
Figura 54. Porcentaje de asimilación de la información en la Unidad Educativa "Tres de Noviembre".	128
Figura 55. Porcentaje de asimilación de la información en la escuela de Educación Básica Cristo Rey.....	129
Figura 56. Porcentaje de asimilación de la información en la escuela "Francisca Dávila de Muñoz"	130
Figura 57. Comparación del nivel de comprensión entre las cinco escuelas.....	131
Figura 58. Promedio de comprensión total de las cinco escuelas.	132
Figura 59. Comparación de coliformes totales en las instituciones educativas del Distrito Norte de Cuenca	156
Figura 60. Comparación de coliformes totales presentes en el cantón Cuenca.	158
Figura 61. Comparación de crecimiento de las hortalizas con cortina de ornamentales de las cinco instituciones educativas.	160
Figura 62. Comparación de crecimiento de las hortalizas sin cortina de ornamentales	161
Figura 63. Captura de CO ₂ por los huertos que contienen hortalizas con una cortina de ornamentales en cada institución educativa.....	162
Figura 64. Captura de CO ₂ por las hortalizas con una cortina de ornamentales en cada institución educativa.	163
Figura 65. Gráfica comparativa de la captura de CO ₂ en los huertos que contienen solo hortalizas y los huertos que contienen cortina de ornamentales.....	164
Figura 66. Gráfica de captura de CO ₂ de los huertos que contienen cortina de ornamentales y solo hortalizas	165
Figura 67. Gráfica de comparación de captura de CO ₂ en el Distrito Norte y Centro Histórico.	167
Figura 68. Gráfica de comparación de la captura de CO ₂ en el cantón Cuenca por los huertos sin ornamentales.	168
Figura 69. Gráfica comparativa de la concentración de plomo en los huertos que contienen únicamente hortalizas en cada institución.....	169
Figura 70. Comparación de la concentración de plomo entre el Distrito Norte y Distrito Sur.	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del brócoli.....	43
Tabla 2. Especies de plantas ornamentales fijadoras de contaminantes.....	50
Tabla 3. Diferencias entre tipos de plantas C ₃ , C ₄ , CAM.....	54
Tabla 4. Secuestro de carbono en hortalizas de ciclo corto.	56
Tabla 5. Fuentes de contaminación por metales pesados en los suelos.	61
Tabla 6. Fuentes y vías de exposición del plomo.	63
Tabla 7. Valores máximos de metales pesados para hortalizas de hoja.....	64
Tabla 8. Criterio de calidad de aguas para uso agrícola en riego.	65
Tabla 9. Criterio de calidad del suelo.	65
Tabla 10. Temas tratados en las capacitaciones realizadas en cada institución educativa.....	77
Tabla 11. Matriz de actividades para impulsar los principios IAR-FAO.....	80
Tabla 12. Contenido de la cartilla ambiental dirigida a los estudiantes.	88
Tabla 13. Valoración del nivel de entendimiento de los estudiantes.	90
Tabla 14. Ubicación de las cajoneras de madera en los Centros Educativos.	93
Tabla 15. Ubicación de las parcelas para la siembra de hortalizas.....	94
Tabla 16. Exceso y escasez de riego características.	99
Tabla 17. Materiales y medios de cultivo para el análisis microbiológico.	106
Tabla 18. Número de muestras para la tabulación de resultados.	124
Tabla 19. Temática presentada para la evaluación.	125
Tabla 20. Recuento de E. coli/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Julio María Matovelle.	133
Tabla 21. Recuento de E. coli/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Federico Proaño.	133
Tabla 22. Recuento de E. coli/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Tres de Noviembre.	134
Tabla 23. Recuento de E. coli/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Cristo Rey.	134
Tabla 24. Recuento de E. coli/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Francisca Dávila.	135
Tabla 25. Altura alcanzada por los cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Julio Matovelle.	136
Tabla 26. Altura alcanzada por cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela “Julio María Matovelle.	137
Tabla 27. Altura alcanzada por cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Federico Proaño.	137
Tabla 28. Altura alcanzada por cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela Federico Proaño.....	137
Tabla 29. Altura alcanzada por los cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Tres de Noviembre.	138
Tabla 30. Altura alcanzada por los cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela Tres de Noviembre.	138
Tabla 31. Altura alcanzada por los cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Cristo Rey.	138
Tabla 32. Altura alcanzada por los cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela Cristo Rey.	139
Tabla 33. Altura alcanzada por los cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Francisca Dávila.	139
Tabla 34. Altura alcanzada por los cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela Francisca Dávila.	139
Tabla 35. Captura de CO ₂ por las hortalizas con cortina de ornamentales de la escuela Julio Matovelle.	140
Tabla 36. Captura de CO ₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Julio María Matovelle.....	141
Tabla 37. Captura de CO ₂ por las hortalizas con ornamentales de la escuela Federico Proaño.	142
Tabla 38. Captura de CO ₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Federico Proaño.....	143
Tabla 39. Captura de CO ₂ por las hortalizas que contienen una cortina de ornamentales de la escuela Tres de Noviembre.	144
Tabla 40. Captura de CO ₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Tres de Noviembre.....	145
Tabla 41. Captura de CO ₂ por las hortalizas que contienen una cortina de ornamentales de la escuela Cristo Rey.....	146
Tabla 42. Captura de CO ₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Cristo Rey.....	147
Tabla 43. Captura de CO ₂ por las hortalizas que contienen una cortina de ornamentales de la escuela Francisca Dávila.....	148

Tabla 44. Captura de CO ₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Francisca Dávila.....	149
Tabla 45. Concentración de plomo en los cultivos de la Unidad Educativa Julio María Matovelle.....	150
Tabla 46. Concentración de plomo en los cultivos de la escuela de Educación Básica Federico Proaño.	151
Tabla 47. Concentración de plomo en los cultivos de la Unidad Educativa Tres de Noviembre.....	152
Tabla 48. Concentración de plomo en los cultivos de la Unidad Educativa Cristo Rey.....	153
Tabla 49. Concentración de plomo en los cultivos de la Unidad Educativa Francisca Dávila de Muñoz.....	154
Tabla 50. Comparación de análisis microbiológico entre instituciones.....	155
Tabla 51. Comparación de análisis microbiológico con el Distrito Norte, Distrito Sur y Centro Histórico.....	157
Tabla 52. Comparación de crecimiento de las hortalizas con cortina de ornamentales de las cinco instituciones educativas.	159
Tabla 53. Comparación de crecimiento de las hortalizas sin cortina de ornamentales de las cinco instituciones educativas.	160
Tabla 54. Captura de CO ₂ por los huertos que contienen hortalizas con una cortina de ornamentales en cada institución educativa.	161
Tabla 55. Captura de CO ₂ por los huertos que contienen solo hortalizas en cada institución educativa.....	163
Tabla 56. Captura de CO ₂ por los huertos que contienen hortalizas con una cortina de ornamentales en el Distrito Norte y Centro Histórico.	166
Tabla 57. Captura de CO ₂ de los huertos sin ornamentales en el Distrito Norte, Distrito Sur y Centro Histórico.	167
Tabla 58. Concentración de plomo en los cultivos de las cinco instituciones educativas.....	169
Tabla 59. Concentración de plomo en las hortalizas en el Distrito Norte y Distrito Sur.	170

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cada año se enferman en el mundo unos 600 millones de personas, casi 1 de cada 10 habitantes por ingerir alimentos contaminados, debido a lo mencionado anteriormente 420.000 personas mueren por esta misma causa. Además, según la OMS los alimentos insalubres que contienen bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas nocivas causan más de 200 enfermedades, que van desde la diarrea hasta el cáncer (OMS, 2019). En el continente americano se estima que cada año 77 millones de personas se enferman y más de 9.000 mueren debido a enfermedades transmitidas por alimentos (Ministerio de Salud Pública, 2019). Así mismo, África es el continente más afectado debido a que concentra la mayor carga de estas patologías, lo que hace que 91 millones de africanos se enfermen cada año y unos 137.000 mueran. El segundo continente más golpeado es Asia Sudoriental con unos 60 millones de niños afectados cada año, de los cuales 50.000 terminan falleciendo (Marín, 2015). En Ecuador durante el año 2018, las enfermedades transmitidas por agua y alimentos contaminados alcanzaron alrededor de 24.000 casos según datos del Ministerio de Salud Pública.

Además, en la sociedad del siglo XXI la contaminación ambiental se posiciona como uno de los problemas más importantes lo que ha causado el incremento exponencial de la pérdida de la calidad de aire, agua, y suelo disponible para actividades agrícolas. Algunos autores como Chen et al. (2013) y Singh et al. (2010), realizaron estudios en los que afirman que existe la presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio, arsénico, plomo, cadmio, zinc, níquel y cromo en hortalizas tales como lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa, los cuales pueden ser perjudiciales para la seguridad alimentaria.

Los autores Londoño, Londoño & Muñoz, 2016, afirman que hoy en día los seres humanos tenemos de 400 a 1000 veces más plomo en los huesos que hace 400 años, esto se debe a la presencia de dicho metal en alimentos y productos industrializados. A causa, de las características toxicológicas del metal, así como el tiempo y tipo de exposición del mismo pueden llegar a afectar a la salud originando efectos agudos y crónicos ya que se pueden depositar en algunos órganos del cuerpo permaneciendo por periodos prolongados afectando a los huesos principalmente (Londoño et al., 2016).

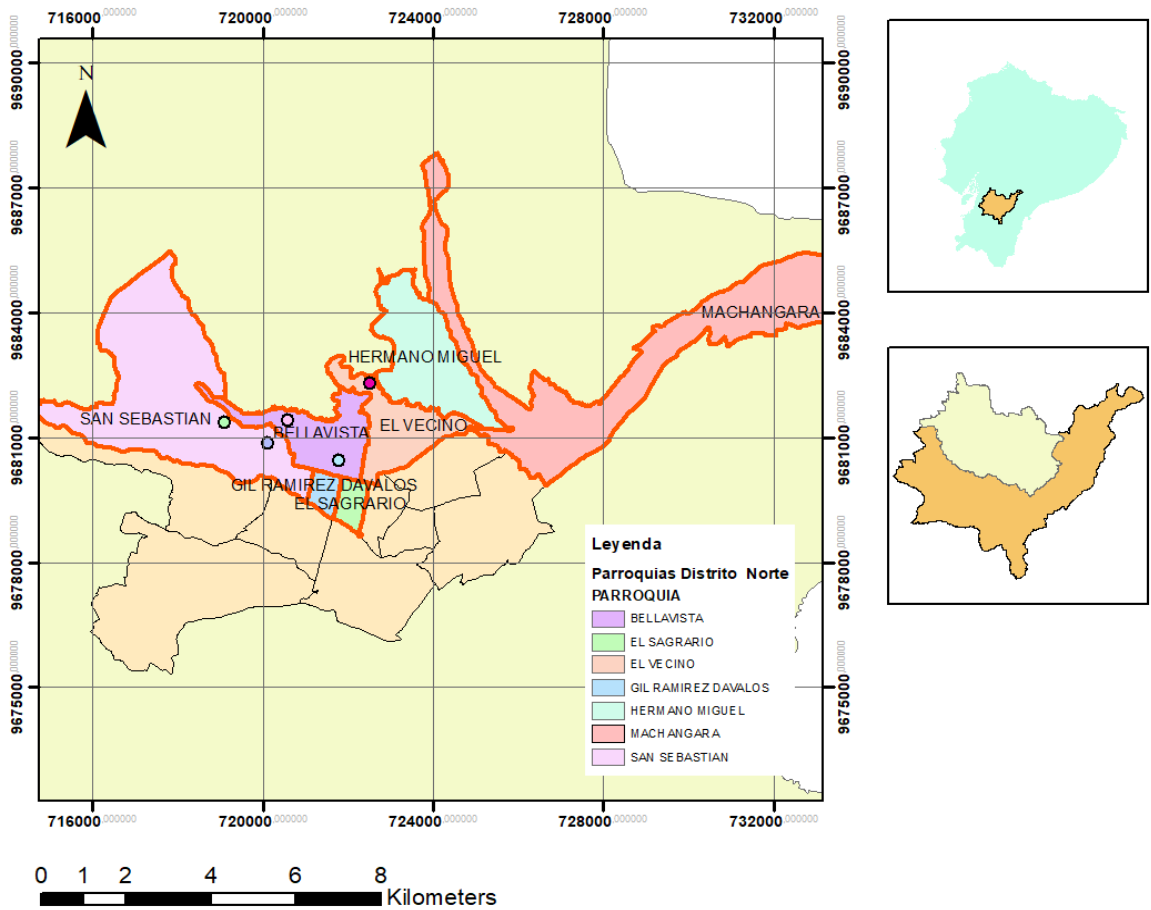
Debido a las alarmantes cifras de contaminación, surge la necesidad de estudiar la concentración de contaminación por plomo, contaminación por dióxido carbono y contaminación microbiológica en un sistema de agricultura urbana utilizando hortalizas y con ello obtener información sobre la presencia de bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas nocivas para la salud de las personas. La Agricultura Urbana representa una fuente importante de alimentos para la sociedad que reside en la urbe, pero es importante determinar el impacto que está teniendo la contaminación ambiental sobre este tipo de cultivos, así mismo la concentración de metales pesados y así poder monitorear su calidad para el consumo humano. Este tipo de agricultura nos brinda la posibilidad de cultivar hortalizas, más saludables ya que no se emplean abonos químicos, plaguicidas y herbicidas.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en este trabajo se propone determinar la concentración de plomo, bacterias patógenas y captura de carbono en hortalizas y plantas ornamentales las mismas que se encuentran distribuidas en un sistema de agricultura urbana emplazadas en cinco instituciones educativas del Distribuidos Norte de la Ciudad de Cuenca fomentando la educación ambiental amparada en los principios IAR- FAO (Inversión para Agricultura Responsable- Fondo Mundial para la Alimentación).

1.2. Delimitación del área de estudio.

El cantón Cuenca está ubicado en la cordillera andina al sur del Ecuador en la provincia del Azuay, geográficamente se encuentra entre las coordenadas 2°39' a 3°00' de latitud sur y 78°54' a 79°26' de longitud oeste, la zona urbana se encuentra a una altitud de 560 msnm aproximadamente. El cantón Cuenca está dividido en quince parroquias urbanas y 21 parroquias rurales. Al conjunto de las quince parroquias urbanas se le denomina la Ciudad de Cuenca. Así mismo la urbe cuencana se divide en distritos los cuales son: Distrito Norte y Distrito Sur. El presente estudio se lo realizó en el Distrito Norte que comprenden las parroquias Bellavista, El Vecino, Hermano Miguel, Machángara, Gil Ramírez Dávalos, El Sagrario y San Sebastián.

UBICACIÓN DE LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL DISTRITO NORTE DE CUENCA



Leyenda

- Parroquias Distrito Norte
- Ecuador
- Azuay
- Cuenca

Establecimientos Educativos

- Escuela de Educación Básica Cristo Rey
- Escuela de Educación Básica Federico Proaño
- Unidad Educativa Francisca Dávila
- Unidad Educativa Julio Matovelle
- Unidad Educativa Tres de Noviembre

"Determinación de plomo, bacterias patógenas (e. coli y coliformes) y captura de carbono en la agricultura urbana emplazadas en cinco instituciones educativas ubicados en el Distrito Norte de la ciudad de Cuenca fomentando la educación ambiental bajo los principios IAR- FAO".

Autoras:	María José Quizhpi, Tanya Sarango		
Tutor:	Fredy Portilla, Ph.D.		
Proyección:	UTM	Zona:	17s / WGS 84

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la concentración de plomo, bacterias patógenas y captura de carbono en hortalizas y plantas ornamentales, presentes en un sistema de agricultura urbana implementado en cinco instituciones educativas del Distrito Norte de Cuenca mediante análisis de laboratorio, para fomentar la educación ambiental amparada en los principios IAR- FAO (Inversión para Agricultura Responsable- Fondo Mundial para la Alimentación).

1.3.2. Objetivos específicos

1. Aportar a la Seguridad Alimentaria y la Nutrición, con la ayuda de la aplicación de agricultura urbana en el Distrito Norte de Cuenca (principio 1 de IAR-FAO)
2. Colaborar al desarrollo económico sostenible e inclusivo y a la erradicación de la pobreza, incentivando la participación de niños y adolescentes en la práctica de agricultura urbana y la posibilidad de realizarlo en sus hogares como auto sustento (principio 2 de IAR-FAO).
3. Impulsar la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres y potenciar la participación y el empoderamiento de los jóvenes, apoyando la participación activa de niños, niñas y adolescentes con equidad en la siembra de cultivos en cada institución educativa y brindando educación ambiental sobre agricultura urbana y seguridad alimentaria (principio 3 y 4 de IAR- FAO).
4. Medir la concentración de plomo presente en un sistema de agricultura urbana compuesto por hortalizas: brócoli (*Brassica oleracea itálica*), lechuga híbrida (*Lactuca sativa crispa*), lechuga de repollo (*Lactuca sativa capitata*), col (*Brassica viridis*) y ornamentales: *Parthenium hysterophorus* y *Sansevieria trifasciata*

5. Realizar un análisis microbiológico para la determinación de coliformes totales y *E. coli* en las hortalizas.
6. Medir la captura de dióxido de carbono y su aporte al efecto invernadero en las hortalizas cultivadas y plantas ornamentales.
7. Variar el paisaje urbano del Distrito Norte de Cuenca, combinando plantas ornamentales y hortalizas.
8. Comparar niveles de captación de CO₂ entre las cajas que contienen únicamente hortalizas y las cajas con una combinación de plantas ornamentales y hortalizas.
9. Comparar los datos de concentración de plomo, captura de carbono y bacterias patógenas con los resultados obtenidos en la experimentación Cuenca - Sur (Zhindón - Calle); así como también con los datos obtenidos en la experimentación del Centro Histórico de Cuenca (Portocarrero - González)
10. Impulsar sistemas agrícolas y alimentarios inocuos y saludables a través de la socialización de resultados con estudiantes de las unidades educativas en estudio, comunidad universitaria y sociedad cuencana (principio 8 de IAR-FAO).
11. Elaborar una cartilla de educación ambiental bajo los principios IAR-FAO cuyos destinatarios serán los niños y adolescentes.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O ESTADO DEL ARTE

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O ESTADO DEL ARTE

Este capítulo abordará la literatura encontrada en relación a las variables de estudio de la presente investigación. Conformada por los aportes teóricos conceptuales y de investigación en relación a los tópicos y variables de estudio.

La información se organizó en cinco apartados, en el primero se aborda la Educación Ambiental dentro del cual se habla de sus características principales, el segundo apartado trata de los Principios para la Inversión responsable en la agricultura (IAR-FAO) los cuales ayudaran a impulsar la Educación ambiental. El tercer apartado se refiere a la agricultura urbana como un medio de sostenibilidad y sustentabilidad para la comunidad en general. El apartado cuarto tratará sobre la botánica de las hortalizas y plantas ornamentales que fueron la base para el desarrollo del estudio. Y en el quinto apartado se desarrolló los temas relacionados a la contaminación ambiental en general.

2.1. Educación ambiental.

2.1.1. Antecedentes

Hoy en día, el planeta se encuentra sufriendo una importante crisis ambiental global. Esta crisis, está afectando al medio ambiente en general y a todas las formas de vida dentro de éste, es por este motivo que, en la actualidad, se habla sobre la educación ambiental. En este sentido, se trata de concientizar a la población, para que protejan al medio ambiente. La educación ambiental es un pilar fundamental para la conservación de la vida dentro del planeta, que ayudará a las actuales y futuras generaciones ya que podrían llegar a modificar sus conductas ambientales (Sierra et al., 2016).

Además, la educación ambiental podría promover nuevos comportamientos, actitudes, valores, y creencias que fomenten el desarrollo de responsabilidades y respeto de las personas hacia el ecosistema en su totalidad. Si bien es cierto, las nuevas generaciones aportarían actitudes ambientalistas traerían como principal consecuencia un ambiente equilibrado entre el ser humano y el ecosistema que los rodea. En pocas palabras, según Calixto (2012), el problema ambiental no es un asunto menor, al contrario, es un asunto de suma importancia que requiere actuación inmediata.

Sin embargo, al presenciar esta crisis ambiental, es necesaria la implementación de medidas que ayuden a combatirla. Es así como la educación ambiental toma un rol importante en la sociedad, ya que afecta a todos. A pesar de que es un tema relevante para la sociedad, no todas las personas reflexionan acerca de la crisis ambiental. En ese sentido, la educación ambiental busca responder a este problema. Pero más allá de solo concientizar al ser humano, es necesario un carácter cultural que involucra costumbres, saberes, hábitos y lo más importante, un accionar por parte de la sociedad civil (Rodríguez et al., 2016).

Por otro lado, el principal causante de esta crisis ambiental es el propio ser humano. Con las malas actitudes en contra del medio ambiente, no solo se destruye el ecosistema como tal, sino que el ser humano se autodestruye también. De acuerdo a Martínez (2010), esta destrucción al medio ambiente podría ligarse a la globalización neoliberal, ya que ésta estimula la captación entre países y sus sectores económicos. Es decir, la lucha por el status económico entre ricos y pobres acentúa la brecha económica, y ésta resulta en una crisis ecológica afectando a la sociedad en general.

En cierta medida, los problemas ambientales se presentan tanto a nivel nacional como internacional, sin que se puedan resolver, a causa de que los intereses de pocos están antepuestos a las necesidades de todos. Además, éstos se manifiestan de manera trascendente y general como, por ejemplo: el deterioro de la capa de ozono, el efecto invernadero, el cambio climático, sin que sea tangible el problema para la población y sin la debida participación activa y decisiva de la comunidad ante sus problemas (Martínez, 2010).

Incluso, los cambios que el ser humano está provocando en el planeta a partir del desmesurado uso de energía y materiales no renovables o, mejor dicho, de la asimilación social propia del actual sistema de producción, están ya transformando al planeta a tal punto que algunos expertos sugieren que estamos ante una nueva época geológica: la del Antropoceno. La época del Antropoceno se refiere a la era después del Holoceno, que significa el impacto que ha tenido el hombre en el medio ambiente. Ello debido a que las modificaciones son de gran calado y puesto que su impacto es ya observable a escala global con perspectivas a futuro inciertas y de seguir la tendencia actual, probablemente irreversibles (Delgado et al., 2013). Por ende, la educación ambiental es un proceso continuo, en el sentido de que se necesita de la participación de toda la población en general para reducir, e incluso, eliminar la crisis ambiental.

Acorde a Goicochea & Rodríguez (2017), la educación ambiental se centra en una lucha permanente orientada a la adquisición de conocimientos y actitudes que propicien una relación armónica entre los hombres y la naturaleza. La participación del ser humano en el ecosistema conlleva a que todas las personas deben ser conscientes de la realidad en la cual se hallan inmersos, además de la urgente necesidad de tomar posturas críticas e incidir en la toma de decisiones en cuanto a la naturaleza.

2.1.2. Objetivos de la educación ambiental.

Los objetivos de la educación ambiental son: la creación de conciencia a través de la administración de herramientas útiles a las personas y asociaciones ambientalistas en general, para que adquieran sensibilidad acerca del medio ambiente y los problemas que hay en la naturaleza; priorizar la creación del conocimiento para que todas las personas puedan tomar acción ante cualquier problema ecológico; fomentar actitudes positivas, es decir, actitudes ambientalistas para proteger la naturaleza y los seres vivos que en ella habitan. También se debe fomentar aptitudes las cuales deben ser adquiridas por el ser humano para resolver cualquier antecedente ambiental. La opinión pública también es importante ya que cada ser humano puede proponer diversas mejoras en bien del medio ambiente (Sierra et al., 2016).

Según lo explican Tello & Pardo (1996), un objetivo muy importante de la educación ambiental es participar de manera activa en el cuidado mismo de la naturaleza. El involucramiento activo por parte de la sociedad con el fin de proteger al planeta es imprescindible para que la educación ambiental se desarrolle de manera óptima y así concientizar a las personas sobre el uso racional de recursos y poder lograr un desarrollo sostenible y sustentable que no afecte a las futuras generaciones; utilizando nuevas estrategias como la Economía Circular.

2.1.3. Importancia de la educación ambiental.

La educación ambiental es muy importante ya que ésta es una herramienta que permite el desarrollo sostenible del planeta fomentando las buenas prácticas por parte del ser humano, es decir, con la educación ambiental se establecen nuevas normas en la sociedad que se relacionan con el respeto hacia el medio ambiente y su conservación. Además, según indica Orgaz (2018), el Ministerio de Medio Ambiente existente en todos los países, tiene la obligación de cuidar y hacer cuidar al medio ambiente por parte de todos los miembros de la comunidad. Así mismo, el cuidado del medio ambiente debe estar dentro de políticas gubernamentales de todos los países, con la finalidad de que se fomente una cultura que cambie la problemática de la sociedad de consumo, orientando y sensibilizando hacia buenas prácticas sostenibles hacia el medio ambiente (Orgaz, 2018).

De acuerdo a lo sugerido por Varela & Silva (2012), entre los puntos más importantes que se deben realizar en cuanto a la educación ambiental son: capacitación y orientación a la opinión pública para que las personas sean capaces de reconocer y solucionar un problema ambiental, potenciar estudios del medio ambiente, formar a las personas con una adecuada educación ambiental para que sean autónomos al momento de cuidar al medio ambiente y que ayuden concientizando al resto de la población, impulsar políticas de participación de la ciudadanía en acciones referentes al desarrollo ambiental y que tengan un gran impacto ambiental, incentivar y potenciar investigaciones científicas sobre el uso de recursos renovables para poder poner fin a la sobreexplotación, agotamiento y destrucción de los recursos naturales, y por último, desarrollar un sistema jurídico el cual vele por el cuidado del medio ambiente y se apliquen sanciones para las personas que incumplan con las normas expuestas en las políticas de cada país; es importante proponer soluciones o alternativas ambientales como estrategias para un desarrollo sostenible (Varela & Silva, 2012).

Cabe mencionar que, en varios países la educación ambiental se inició con las bases educativas; la terminología de educación ambiental no es nueva en los centros educativos se tuvo ya la iniciativa de hacer una conciencia sobre educación ambiental desde los años 70. El daño al medio ambiente se inició hace varias décadas atrás, y es así como, desde aquel entonces hasta la actualidad perdura la importancia de la educación ambiental en todos los lugares alrededor del mundo (MAE, 2018).

En ese sentido, Novo (1996) afirma que, fueron los maestros quienes realizaron los primeros ensayos de Educación Ambiental, muchas veces en asignaturas como ciencias naturales, o también con actividades de conocimiento del medio, de cuidado y conservación de la naturaleza. En cierto modo, la idea de una educación ambiental surge de manera informal, pero a través del paso de los años, esta idea ha tomado fuerza y ahora es un tema global con bases firmes. La misma debe generar cambios en la calidad de vida, en la conducta personal y en las relaciones humanas, que lleven a la solidaridad y el cuidado hacia todas las formas de vida y el planeta. La enseñanza ecológica es el primer método para unir a la educación con el medio ambiente, en vista de la gran importancia de ésta, muchas personas buscan promover la educación ambiental en los diferentes niveles de educación formales y no formales.

La educación ambiental se ha ido incorporando poco a poco con diferentes enfoques tales como la tecnológica, cultural, económica y hasta política. Por lo tanto, es de suma importancia que todos los países alrededor del mundo se vean involucrados y comprometidos con un modelo de educación ambiental en cada institución educativa e instituciones en general. Se debe tomar como referencia a países como Francia, Inglaterra, Polonia, Rusia y España quienes ya han implementado en su malla curricular materias enfocadas en la educación ambiental (Valdés et al., 2012).

En el Ecuador, por ejemplo, el Ministerio del Ambiente cumple un importante rol en la edificación y cumplimiento de la Estrategia Nacional de Educación Ambiental con el fin de contribuir con la educación formal y no formal en la temática ambiental del país. Esta iniciativa articula propuestas del sector público, privado, organizaciones, la academia y, ciudadanía en general, la cual fortificará una conciencia ambiental responsable en la población ecuatoriana. Además, la ciudadanía tuvo la oportunidad de contribuir en la construcción de la Estrategia Nacional de Educación Ambiental mediante la generación de aportes y comentarios en la página web principal del Ministerio del Ambiente. El propósito de esta interacción con la ciudadanía fue promover la participación del pueblo en un tema tan importante como lo es el medio ambiente, así como fomentar el desarrollo de una identidad y conciencia ambiental en la población ecuatoriana que le ayude actuar como parte de la naturaleza aplicando estrategias en base al desarrollo sostenible (MAE, 2018).

2.1.4. Medioambiente y educación ambiental.

¿Qué es el medio ambiente?

En la Primera conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, que tuvo como sede Estocolmo en 1972 se definió al ambiente como: “Medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas” (Giannuzzo, 2010). Es decir, medio ambiente es el espacio físico en el cual los seres vivos desarrollan su vida e interaccionan entre sí, formando un espacio ideal donde la vida es propicia, el cual está conformado por millones de seres vivos como bacterias, hongos, plantas, animales, y el ser humano. Además, se debe considerar al medio ambiente como la suma de relaciones culturales y sociales en un momento histórico y lugar en particular.

¿Qué se entiende por educación ambiental?

La educación ambiental es un instrumento fundamental para lograr que la población adquiera conocimientos acerca de los aspectos que conforman el medio ambiente, así mismo, de los aspectos que dañan el medio ambiente, y, finalmente, de las posibles soluciones y acciones que se debe tomar para confrontar los problemas ambientales.

Para Martínez (2012), la educación ambiental debe generar un cambio de actitudes y una participación responsable de la población. La educación ambiental, por otra parte, debe crear actitudes adecuadas con el entorno natural. En este sentido, fomenta el compromiso para contribuir al cambio social, cultural y económico, a partir del desarrollo de un amplio concepto en valores, actitudes y habilidades que le permita a cada persona formarse criterios propios, asumir su responsabilidad general y desempeñar un papel constructivo con el medio ambiente. De este modo, la educación ambiental ayudará a combatir la crisis socio-ambiental que pone en riesgo la prevalencia de la vida en el planeta.

Relación entre medio ambiente y educación ambiental.

Como se mencionó anteriormente, la relación entre educación ambiental y medio ambiente no es algo nuevo, pero la utilidad que aporta la educación ambiental a el medio ambiente, es además de un medio educativo, también un tema a estudiar o como un recurso didáctico, que aparece como ente suficiente para consolidarse en finalidad de la educación. De esta forma, aunque sus raíces son antiguas, la educación ambiental, como la entendemos hoy en día, es un concepto relativamente nuevo que pasa a un primer plano a finales de los años sesenta

Así, por ejemplo, en el ámbito internacional, ha sido la Organización de las Naciones Unidas, que a través de sus organismos (UNESCO y PNUMA), la principal impulsora de estudios y programas relativos a la educación ambiental. En este sentido, es preciso reconocer

el esfuerzo de esta organización que lucha, fundamentalmente por mantener la situación ambiental mundial bajo revisión. En segundo lugar, por proporcionar asesoramiento sobre políticas e información de alerta temprana, basada en ciencia sólida y evaluaciones. También, por promover la cooperación y la acción internacional. Finalmente, para facilitar el desarrollo, implementación y evolución de leyes, normas y estándares entre los acuerdos ambientales multilaterales.

En cuanto a la educación ambiental, es importante que la instrucción ambiental aporte para que la población se dé cuenta de los diversos problemas que causa la destrucción ambiental. Por otro lado, las consecuencias positivas que experimenta el medio ambiente cuando es debidamente protegido. De acuerdo a Rengifo, Quitiaquez & Mora (2012), la educación ambiental utiliza diversos modelos pedagógicos que aporta, con cada uno de los estudiantes, al mantenimiento y protección del ecosistema. Por ejemplo, en las instituciones educativas, la educación ambiental está categorizada en los ejes transversales, ya que, este tipo de educación aporta a los estudiantes con valores acerca del respeto por la naturaleza, lo que involucra la responsabilidad y la solidaridad hacia el planeta (Rengifo et al., 2012).

En síntesis, el medio ambiente simboliza la condición indefectible de la continuidad de la existencia de la especie humana, los animales y las plantas (seres vivos). Por otro lado, la educación ambiental se establece como uno de los elementos más revolucionarios del proceso educativo al tener en cuenta los ámbitos educativos formales e informales. Asimismo, debe estar dirigida a prevenir, proteger y conservar el medio ambiente para lograr contar con un ecosistema sano y conservado. En este sentido, la educación ambiental además de proporcionar los elementos para la formación de la conciencia ecológica, también ofrece la posibilidad de la toma de decisiones que requiere de la participación activa de los miembros de la comunidad para el desarrollo de su nación.

La educación ambiental, viene siendo una necesidad ya que es indispensable cuidar el medio en el que viven los seres humanos. Si se destruye el hogar de los seres humanos, no habría vida alguna sobre la tierra. El proceso de educación ambiental permite tener en cuenta criterios y requerimientos para la conservación y protección de la naturaleza y, contribuir a la reducción de manifestaciones de conductas inadecuadas que presentan los ciudadanos de la comunidad, de forma tal que garantice una relación directa del hombre con su medio.

2.1.5. Educación ambiental para el desarrollo sostenible.

Se entiende el desarrollo sostenible como aquel capaz de satisfacer las necesidades de los seres vivos, sin necesidad de comprometer o sobre utilizar los recursos que se hayan en la naturaleza, con la finalidad de no afectar a las futuras generaciones. Por lo tanto, el desarrollo sostenible confiere la capacidad de utilizar los recursos, pero que, a su vez estos recursos se regeneren evitando la extinción de los mismos (Valdés et al., 2012).

Considerando que, el desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones (Sierra et al., 2016), la educación ambiental busca generar lazos estrechos entre cultura y educación para lo cual es necesario que todas las personas contribuyan a generar soluciones con el propósito de conservar los patrimonios naturales. Y no solo hablando de población en general, más bien, de cada rol que cumple cada grupo de la población. Por ejemplo, el gobierno puede tomar una acción para regular las actividades que destruyen el ecosistema. Por otro lado, organizaciones y todo tipo de grupos ecológicos también pueden ayudar a concientizar a la sociedad, asimismo, las instituciones educativas pueden tomar el rol de impartir conocimientos esenciales del medio ambiente. En este sentido, cada persona, a su manera, ayudaría a combatir la crisis ambiental que el planeta se encuentra atravesando.

Por otro lado, el desarrollo sostenible debe tomar una visión general, puesto que es un enfoque que puede proporcionar una perspectiva más útil que otras formas de análisis. No se puede pensar en los conceptos que integran la sostenibilidad de una manera independiente, pues el éxito o fracaso del desarrollo sostenible depende de la forma como se integren estos componentes para enfrentar los retos del desarrollo económico y la forma como se aborden los problemas ambientales y sociales (Sierra et al., 2016).

Sin embargo, Medina & Páramo (2014), mencionan que el desarrollo sostenible no se encuentra basado solo en la educación ambiental, más bien, se requiere cambios en todas las estructuras sociales, económicas, culturales, políticas y educativas en todo el mundo. Si bien es cierto, la educación ambiental es el primer escalón para lograr un desarrollo sustentable, se debe empezar por instruir al hombre a proteger su hábitat (Martínez, 2010).

De acuerdo a Medina & Páramo (2014), existe ya un compromiso para contrarrestar el impacto ciudadano sobre el medio ambiente y las consecuencias que están generando al mismo, este compromiso se ha fijado, primordialmente en la educación ambiental como un esfuerzo internacional adquirido por los ministerios de educación nacional en Latinoamérica. Un gran problema es que las normas, políticas, artículos y hasta asignaturas educativas, a pesar de estar establecidas en casi todos los países, no se cumplen ni se hacen cumplir con regularidad. Muchas de las veces, las mismas entidades educativas atentan contra el desarrollo sostenible al explotar recursos naturales hallados en el sector en donde las instituciones fueron construidas (Medina & Páramo, 2014).

2.2. Principios para la Inversión Responsable en la Agricultura y los Sistemas Alimentarios.

2.2.1. Antecedentes y justificación.

A partir de la crisis de la década de los ochenta y las reformas macroeconómicas que se implantaron anteriormente, el desarrollo agrícola ha tomado relevante importancia en América Latina, y, en Ecuador específicamente. Además, la inversión responsable en la agricultura pretende generar y proporcionar una inversión con la finalidad de mejorar la calidad alimentaria y la disminución de la pobreza, especialmente en las zonas más vulnerables, a través de un correcto sustento y balance en la agricultura. Es decir, la agricultura representa uno de los sustentos más representativos a nivel económico y alimenticio, de allí que nace la importancia de manejar responsablemente la agricultura a nivel mundial (CAF & FAO, 2009).

Es así que, cuando se habla de una inversión responsable en la agricultura, se debe tomar en cuenta que este hecho es esencial para una mejora en la seguridad alimentaria y en la nutrición de todas las personas. En este sentido, la inversión responsable concurre de forma significativa a la mejora de los medios de vida, en especial para los pequeños productores y los miembros de grupos vulnerables, a partir de la creación de un empleo digno para todas las personas que trabajan en la agricultura. Con la creación de nuevos empleos que parten de la agricultura se propone la disminución de la pobreza, el fomento de la igualdad social y de género, potenciar el empoderamiento de jóvenes y mujeres, la eliminación de trabajo infantil, el incentivo de la participación e inclusión social, el aumento del crecimiento económico y, por supuesto, la obtención del desarrollo sostenible, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social (CSA, 2014).

“En los Países Andinos, son todavía 25 millones de personas las que viven en zonas rurales y que dependen mayoritariamente del sector agrícola para sustentar sus familias” (CAF & FAO, 2009). A partir de esta necesidad, es que la agricultura y los sistemas alimentarios abarcan toda la escala de actividades relacionadas a la producción, la elaboración, la comercialización, la distribución (venta), el consumo y la eliminación de los productos derivados de la agricultura. Por otro lado, los sistemas alimentarios comprenden igualmente una amplia escala de partes interesadas, personas y establecimientos, como el medio sociopolítico, bancario, científico y natural.

Entre las dimensiones de la seguridad alimentaria y la nutrición podemos mencionar: la disponibilidad, el acceso, la estabilidad y la utilización. Para contribuir con el pleno desarrollo de estas cuatro dimensiones, se considera necesario aumentar la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios. En este sentido, la inversión responsable en la agricultura hace relación a la renovación de activos productivos y alineación de capital (material, humano, intangible), con miras a asegurar la seguridad alimentaria, el sustento y el proceso sostenible, incluido la manufactura y el incremento del nivel de agricultura en la sociedad en general (Carrión, 2012).

La inversión responsable en la agricultura supone respetar, preservar y cuidar los derechos humanos, fundamentalmente la ejecución progresiva del derecho a una alimentación adecuada en el curso de la seguridad alimentaria nacional, en armonía con la Declaración Universal de Derechos Humanos y otros instrumentos internacionales pertinentes relativo a derechos humanos. La inversión responsable puede ser realizada por una amplia serie de partes interesadas que trabajen todas en conjunto con un mismo objetivo el de garantizar la sostenibilidad y sustentabilidad de los recursos naturales permitiendo un desarrollo económico y social , pero a la vez respetando al planeta (COPREDEH, 2011).

2.2.2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) fue fundada el 16 de octubre de 1945 en Canadá y hoy en día es una de las organizaciones mayormente especializadas de las Naciones Unidas, la Constitución de la FAO establece el principal mandato de esta organización “lograr un mundo libre del hambre y de la malnutrición en el que la alimentación y la agricultura contribuyan a mejorar de forma sostenible los niveles de vida de todos sus habitantes, especialmente los más pobres”, ya que el objetivo principal de la FAO es lograr que, en el mundo predomine la seguridad alimentaria enalteciendo los niveles de nutrición, optimizando la productividad agrícola, las condiciones de la población rural, y favoreciendo al desarrollo de la economía mundial que es uno de los ejes principales para el desarrollo de la población en general (FAO, 2015).

Entre los desafíos más importantes en estos tiempos están la pobreza y la malnutrición alrededor del mundo. A partir de estos desafíos, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se planteó incrementar las inversiones responsables en la agricultura y los sistemas alimentarios, con la finalidad de alcanzar con los objetivos del desarrollo sostenible y de esa manera poner fin a la pobreza, fomentar la seguridad alimentaria y promover una agricultura sostenible. Sin embargo, la mejora de las inversiones responsables en la agricultura, es sin duda, una tarea compleja y a la vez multidimensional que requiere de mucho esfuerzo para superar diversas limitaciones y desafíos. Los desafíos podrían variar entre el desconocimiento para la aplicación de los principios, la gobernación de cada estado para la correcta aplicación de inversiones responsables, el crecimiento demográfico, al aumento de la competencia por los recursos naturales, desastres naturales, desigualdad e inseguridad alimentaria, pérdida y desperdicio de alimentos, migración, desempleo, malnutrición, entre otros (FAO, 2019).

Es así que, la FAO ha desarrollado un programa macro basado en las necesidades que afrontan los desafíos antes mencionados. Dicho programa apoyará a reducir la pobreza y lograr un desarrollo sostenible, mediante la creación Principios para la Inversión Responsable en la Agricultura y los Sistemas Alimentarios, con el apoyo del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (CSA) que aprobó sus principios en el año 2014 y son conocidos como los Principios para la Inversión Responsable en la Agricultura y los Sistemas Alimentarios (IAR-CSA), estos principios se basan en marcos internacionales legales establecidos por los estados para hacer cumplir las normas en temas de derechos humanos, entre ellos están, los tratados internacionales sobre derechos humanos así como instrumentos de derecho indicativo, como los principios rectores sobre las empresas y los derechos humanos de las Naciones Unidas, y las directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra, la pesca y los bosques en el contexto de la seguridad alimentaria nacional cuyo objetivo es mejorar la seguridad alimentaria y nutrición de la población (FAO, 2019).

2.2.3. Principios para la Inversión Responsable en la Agricultura.

El Comité de Seguridad Alimentaria Mundial aprobó los principios para la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios el 15 de octubre de 2014 en el que participaron las Naciones Unidas, la sociedad civil, el sector privado, las instituciones de investigación agrícola, las instituciones financieras, entre otras. El objetivo de estos principios es fomentar la seguridad alimentaria y la nutrición, erradicar la pobreza en las zonas más vulnerables y asegurar el cumplimiento de los derechos de todas las personas sin distinción de género, edad y condición social (CSA, 2014). Los principios para la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios son diez, los cuales se desarrollan a continuación:

Principio 1.- Contribuir a la seguridad alimentaria y la nutrición.

El principio uno respalda las obligaciones de los estados con respecto a la realización progresiva del derecho a una alimentación adecuada en el contexto de la seguridad alimentaria nacional, así como la responsabilidad de todos los usuarios previstos de respetar los derechos humanos. La inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios contribuye a la seguridad alimentaria y la nutrición, particularmente de la población más vulnerable, en el ámbito de los hogares, local, nacional, regional o mundial, y a la erradicación de la pobreza del siguiente modo:

- Aumentando la producción sostenible de alimentos inocuos, nutritivos, diversos y culturalmente aceptables como la producción de estos, y reduciendo las pérdidas y el desperdicio de alimentos.
- Incrementando los ingresos y reduciendo la pobreza, por ejemplo, mediante la participación en la agricultura y los sistemas alimentarios o a través de la mejora de la capacidad de los individuos de producir alimentos para sí mismos y para otras personas.
- Mejorando la equidad, la transparencia, la eficiencia y el funcionamiento de los mercados, en particular teniendo en cuenta los intereses de los pequeños productores, así como mejorando la infraestructura conexas y potenciando la resiliencia de la agricultura y los sistemas alimentarios.
- Fomentando la utilización de los alimentos a través del acceso a agua limpia, saneamiento, energía, tecnología, cuidado de los niños, atención sanitaria y formación, incluso sobre cómo preparar, suministrar y conservar alimentos inocuos y nutritivos (CSA, 2014).

Principio 2.- Contribuir al desarrollo económico sostenible e inclusivo y a la erradicación de la pobreza.

El principio dos contribuye al desarrollo económico sostenible e inclusivo y a la erradicación de la pobreza del siguiente modo:

- Respetando los principios y derechos fundamentales en el trabajo, especialmente los de las personas que trabajan en la agricultura y la alimentación, establecidos en los convenios fundamentales de la OIT.
- Respaldando, en su caso, la aplicación eficaz de otras normas laborales internacionales, prestando especial atención a las normas pertinentes para el sector agroalimentario y la eliminación de las peores formas de trabajo infantil.
- Creando nuevos puestos de trabajo y fomentando el empleo digno mediante condiciones laborales mejoradas, seguridad y salud ocupacionales, salarios que permitan vivir adecuadamente y capacitación para la promoción profesional.
- Aumentando los ingresos, generando valor compartido mediante contratos con fuerza ejecutiva y fomentando el espíritu empresarial y el acceso equitativo a las oportunidades de mercado, tanto en las explotaciones agrícolas como para los interesados de las fases iniciales y finales.
- Contribuyendo al desarrollo rural, aumentando la cobertura de la protección social y la provisión de bienes y servicios públicos como la investigación, la salud, la educación, el desarrollo de la capacidad, las finanzas, la infraestructura y el funcionamiento del mercado, así como fomentando las instituciones rurales.

- Respaldao la aplicación de políticas y medidas destinadas a dotar de los medios necesarios a las partes interesadas, especialmente a los pequeños productores (con inclusión de los agricultores familiares, tanto hombres como mujeres) y sus organizaciones, así como incrementar la capacidad de recursos humanos de estos interesados, y promoviendo su acceso a los recursos e insumos según convenga.
- Promoviendo una mayor coordinación, cooperación y asociación a fin de ampliar al máximo las sinergias para mejorar los medios de vida.
- Fomentando los modelos sostenibles de consumo y producción a fin de alcanzar un desarrollo sostenible (CSA, 2014).

Principio 3.- Fomentar la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres.

El principio tres, busca fomentar la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres de la siguiente manera:

- Garantizando que se trate justamente a todas las personas y se reconozcan sus respectivas situaciones, necesidades y limitaciones, así como la función crucial que desempeñan las mujeres.
- Eliminando todas las medidas y prácticas que discriminan o violan derechos.
- Promoviendo la igualdad de las mujeres con respecto a los derechos de tenencia de la tierra y el acceso igualitario de estas a la tierra productiva, los recursos naturales, los insumos y los instrumentos productivos, así como el control de los mismos, y fomentando el acceso a los servicios de extensión, asesoramiento y financieros, la formación, la capacitación, los mercados y la información.
- Adoptando enfoques, medidas y procesos innovadores o proactivos para fomentar la participación significativa de la mujer en las asociaciones, la adopción de decisiones, los cargos de liderazgo y la distribución equitativa de los beneficios (CSA, 2014).

Principio 4.- Potenciar la participación y el empoderamiento de los jóvenes.

El principio cuatro, potencia la participación y el empoderamiento de los jóvenes del siguiente modo:

- Promoviendo el acceso de estos a la tierra productiva, los recursos naturales, los insumos, los instrumentos productivos, los servicios de extensión asesoramiento y financieros, la formación, la capacitación, los mercados y la información.
- Proporcionando capacitación, formación y programas de asesoramiento apropiados para los jóvenes a fin de aumentar su capacidad o su acceso a oportunidades empresariales y de empleo digno y promover su contribución al desarrollo local.
- Promoviendo el desarrollo y el acceso a la innovación y a las nuevas tecnologías, en combinación con los conocimientos tradicionales, para alentar a los jóvenes a ser motores de cambio en la mejora de la agricultura y los sistemas alimentarios y facultarlos para ello (CSA, 2014).

Principio 5.- Respetar la tenencia de la tierra, la pesca, los bosques y el acceso al agua.

El principio cinco tiene la finalidad de hacer respetar los derechos legítimos de tenencia de la tierra, la pesca y los bosques, así como los usos existentes y potenciales del agua, en consonancia con los siguientes documentos:

- Las Directrices voluntarias sobre la gobernanza responsable de la tenencia de la tierra, la pesca y los bosques en el contexto de la seguridad alimentaria nacional, en especial el Capítulo 12, pero sin limitarse exclusivamente a este.
- Las Directrices voluntarias para lograr la sostenibilidad de la pesca a pequeña escala en el contexto de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza (CSA, 2014)

PRINCIPIO 6.- Conservar y ordenar de forma sostenible los recursos naturales, aumentar la resiliencia y reducir el riesgo de catástrofe.

El principio seis trata sobre la conservación y gestión de forma sostenible de los recursos naturales, aumentando la resiliencia y reduciendo los riesgos de catástrofes de la siguiente manera:

- Evitando, reduciendo al mínimo y remediando, según corresponda, los efectos negativos en el aire, la tierra, el suelo, el agua, los bosques y la biodiversidad.
- Respaldando y conservando la biodiversidad y los recursos genéticos, sobre todo los recursos genéticos locales, contribuyendo a la restauración de las funciones y servicios de los ecosistemas y reconociendo el papel que desempeñe los pueblos indígenas y las comunidades locales.
- Reduciendo el desperdicio y las pérdidas en la producción y las operaciones posteriores a la cosecha, e incrementando la eficiencia de la producción, la sostenibilidad del consumo y la utilización productiva de los desperdicios o los subproductos.
- Potenciando la resiliencia de la agricultura y los sistemas alimentarios, los hábitats de apoyo y los medios de vida conexos, especialmente de los pequeños productores, ante los efectos del cambio climático mediante medidas de adaptación.
- Tomando medidas, según sea necesario, para reducir o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Integrando los conocimientos tradicionales y científicos con las mejores prácticas y tecnologías a través de enfoques diferentes como los enfoques agroecológicos y la intensificación sostenible, entre otros (CSA, 2014).

PRINCIPIO 7.- Respetar el patrimonio cultural, los conocimientos tradicionales y respaldar la diversidad y la innovación.

El principio siete tiene la finalidad de hacer respetar el patrimonio cultural y los conocimientos tradicionales y respalda la diversidad, incluida la diversidad genética y la innovación del siguiente modo:

- Respetando los lugares y sistemas del patrimonio cultural, incluidos los conocimientos, técnicas y prácticas tradicionales, y reconociendo la función que desempeñan los pueblos indígenas y las comunidades locales en la agricultura y los sistemas alimentarios.
- Reconociendo las contribuciones de los agricultores, especialmente los pequeños productores, en todas las regiones del mundo, en particular aquellas situadas en los centros de origen y de biodiversidad, en la conservación, la mejora y la disponibilidad de los recursos genéticos, incluidas las semillas; respetando los derechos de estos agricultores a conservar, utilizar, intercambiar y vender estos recursos en virtud de la legislación nacional.
- Promoviendo la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización, incluida la comercialización, de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura en condiciones mutuamente acordadas y en consonancia con los tratados internacionales.
- Promoviendo la aplicación y el uso de tecnologías y prácticas adaptadas localmente e innovadoras, las ciencias relacionadas con la agricultura y la alimentación, la investigación y el desarrollo, así como la transferencia de tecnología según lo acordado mutuamente, incluso para los pequeños productores (CSA, 2014).

PRINCIPIO 8.- Promover sistemas agrícolas y alimentarios inocuos y saludables.

El principio ocho indica que la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios promueven la inocuidad y la salud del siguiente modo:

- Fomentando la inocuidad, la calidad y el valor nutritivo de los productos alimentarios y agrícolas.
- Respaldao la sanidad y el bienestar de los animales y la sanidad de las plantas para aumentar de forma sostenible la productividad y la calidad e inocuidad de los productos.
- Mejorando la gestión de los insumos y los productos agrícolas para aumentar la eficiencia de la producción y reducir al mínimo las posibles amenazas para el medio ambiente y la salud de las plantas, los animales y las personas.
- Gestionando y reduciendo los riesgos para la salud pública en la agricultura y los sistemas alimentarios y reforzando las estrategias y los programas basados en datos científicos destinados al control de la inocuidad alimentaria.
- Aumentando la sensibilización, los conocimientos y la comunicación de información fundamentada sobre la calidad e inocuidad de los alimentos, la nutrición y los problemas de salud pública, lo que reforzará la capacidad en todo el sistema agrícola y alimentario, especialmente de los pequeños productores.
- Permitiendo la elección del consumidor mediante la promoción de la disponibilidad de alimentos inocuos, nutritivos, diversos y culturalmente aceptables y el acceso a ellos, que en el contexto del presente documento se entienden como alimentos que corresponden con la demanda y las preferencias individuales y colectivas, en consonancia con el derecho nacional e internacional aplicable (CSA, 2014).

PRINCIPIO 9.- Incorporar estructuras de gobernanza, procesos y mecanismos de reclamación inclusivos y transparentes.

El principio nueve menciona que la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios deberían atenerse a la legislación y las políticas públicas nacionales e incorporar estructuras de gobernanza, procesos, métodos de toma de decisiones y mecanismos de reclamación inclusivos, transparentes y accesibles para todos del siguiente modo:

- Respetando el Estado de derecho y la aplicación de la legislación, sin corrupción.
- Compartiendo información pertinente para la inversión, en consonancia con la legislación aplicable y de forma inclusiva, equitativa, accesible y transparente en todas las fases del ciclo de inversión.
- Colaborando con quienes pudieran verse afectados directamente por las decisiones relativas a la inversión y solicitando su apoyo antes de la adopción de estas, así como respondiendo a sus contribuciones teniendo en cuenta los desequilibrios de poder existentes a fin de lograr una participación activa, libre, eficaz, significativa e informada de los individuos y grupos en los procesos de adopción de decisiones conexos, de conformidad con las DVGT.
- Llevando a cabo una consulta efectiva y significativa con los pueblos indígenas, a través de sus instituciones representativas, a fin de obtener su consentimiento libre, previo e informado con arreglo a la Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas y teniendo debidamente en cuenta las posiciones y el entendimiento particular de cada Estado.

- Promoviendo el acceso a mecanismos de mediación, reclamación y solución de conflictos transparentes y eficaces, especialmente para los más vulnerables y marginados.
- Tomando medidas en favor del respeto de los derechos humanos y los derechos legítimos de tenencia durante los conflictos y con posterioridad a ellos, a fin de lograr una participación libre, eficaz, significativa e informada en los procesos de adopción de decisiones asociados a las inversiones en la agricultura y los sistemas alimentarios con todas las partes pertinentes, entre ellas los agricultores, en consonancia con el derecho internacional aplicable, incluidos la legislación sobre los derechos humanos y el derecho humanitario internacional, y de conformidad con las DVGIT (CSA, 2014).

PRINCIPIO 10.- Evaluar y abordar las repercusiones y promover la rendición de cuentas.

El principio diez indica que la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios incluyen mecanismos para evaluar y abordar las repercusiones económicas, sociales, ambientales y culturales, tomando en consideración a los pequeños productores, las cuestiones de género y la edad, entre otros factores; asimismo, respeta los derechos humanos y promueve la rendición de cuentas de todos los actores ante las partes interesadas pertinentes, especialmente las más vulnerables. Todo ello se realiza del siguiente modo:

- Aplicando mecanismos que permitan realizar evaluaciones independientes y transparentes de las repercusiones potenciales en todos los grupos de interesados pertinentes, en especial los más vulnerables.

- Determinando medidas para prevenir y abordar las posibles repercusiones negativas, incluida la opción de no seguir adelante con la inversión.
- Evaluando periódicamente los cambios y comunicando los resultados a los interesados.
- Poniendo en práctica medidas correctivas o compensatorias apropiadas y eficaces en caso de que se registren repercusiones negativas o de que no se cumpla la legislación nacional o las obligaciones contractuales (CSA, 2014).

2.2.4. Marco legislativo sobre los principios IAR-FAO en Ecuador.

La Constitución de la República del Ecuador, que se encuentra vigente desde el año 2008, en el capítulo segundo de los derechos del buen vivir, reconoce a la alimentación como un derecho independiente y, asimismo, aplicable a todas las personas. Dispone en el artículo 13 que las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales, es decir el Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria. Por otro lado, el artículo 12 hace referencia al recurso natural que es el agua como un derecho humano fundamental e irrenunciable y constituye un patrimonio nacional estratégico de uso público, duradero, inembargable y esencial para la vida (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En cuanto al marco legal, los principios de la FAO se los puede encontrar en el Sistema de Soberanía Alimentaria y Nutricional (SISAN) que tiene como propósito establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo trascendental de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente (PSAN, 2009).

2.2.5. Seguridad nutricional y alimentaria.

La seguridad nutricional y alimentaria hace referencia al acceso físico, social y económico de alimentos seguros y nutritivos de manera permanente con el objetivo de satisfacer las necesidades de todas las personas para poder llevar una vida saludable. Asimismo, la seguridad alimentaria y nutricional SAN, supone que todas las personas tienen el derecho de contar con alimentos nutritivos y sanos en todo momento ya que es algo fundamental para sobrellevar una vida plena y sana en todos los aspectos. Sin una buena alimentación, o más bien, sin alimentación, una persona no es apta para perdurar con vida (PESA, 2011).

La SAN expone que: es indispensable saber sobrellevar y comprender que el hambre es considerada como una violación a la dignidad de cada ser humano y un potencial impedimento para el desarrollo político, económico y social. De hecho, la SAN es un derecho establecido internacionalmente que se debe cumplir alrededor del mundo y que ya 22 países lo han adoptado dentro de la constitución como un derecho de cada individuo. Según la FAO (2014), los seres humanos gozan de seguridad alimentaria cuando todos tienen acceso físico y económico para adquirir, producir, obtener o consumir alimentos sanos y nutritivos en cantidad suficiente como para satisfacer sus necesidades.

Cabe mencionar, que se considera desnutrición cuando un individuo consume menos de 2.100 kcal por día, y entre las consecuencias que puede afrontar un individuo con desnutrición son las dificultades para llevar una vida activa, además, la desnutrición afecta en sus capacidades intelectuales, es decir, el individuo tendrá dificultades para aprender y estudiar. Es por ello, que es fundamental ayudar a los campesinos o agricultores para que mejoren sus técnicas de cultivo y que además sepan financiar correctamente sus cultivos para que puedan producir más alimentos de calidad y que así, finalmente, tengan seguridad alimentaria para sus familias y comunidades en general (CODESPA, 2014).

Un componente básico de la SAN es la disponibilidad y se refiere al recurso de alimentos a nivel local o nacional que tiene en cuenta la producción, las importaciones, el almacenamiento y la ayuda alimentaria. Para sus estimaciones se han de tener en cuenta la pérdida postcosecha y las exportaciones. Además, la disponibilidad es importante en el sentido de que la alimentación es un derecho para cada individuo, por lo tanto, este recurso no debería hacer falta bajo ninguna circunstancia (PESA, 2011). Otro componente es la estabilidad, que se refiere a solventar las condiciones de inseguridad alimentaria transitoria de carácter cíclico o estacional, a menudo asociadas a las campañas agrícolas, tanto por la falta de producción de alimentos en momentos determinados del año, como por el acceso a recursos de las poblaciones asalariadas dependientes de ciertos cultivos. En este componente juegan un papel importante: la existencia de almacenes o silos en buenas condiciones, así como la posibilidad de contar con alimentos e insumos de contingencia para las épocas de déficit alimentario en donde la población tiene gran dificultad de proveerse de alimentos básicos para su alimentación debido a la escasez de los mismos (PESA, 2011).

Finalmente, la utilización biológica está relacionada con el estado nutricional, como resultado del uso individual de los alimentos. En este sentido, la inconveniente utilización biológica puede tener como resultado un problema de salud como lo es la desnutrición. De hecho, con frecuencia se toma como referencia el estado nutricional de los niños y las niñas, pues las carencias de alimentación o salud en estas edades, tienen graves consecuencias a largo plazo y a veces permanentes, debido a que en la niñez es donde los niños necesitan los mejores suplementos nutricionales para su correcto desarrollo por lo que esta etapa es un periodo crucial para el desarrollo intelectual y físico de los niños (PESA, 2011).

2.3. Agricultura urbana

2.3.1. Agricultura urbana y sus beneficios medioambientales.

La agricultura urbana y periurbana son prácticas agrícolas, que se realizan dentro de las ciudades y en torno a ellas. Ambas son parte de las actividades agrícolas, forestales, pesqueras o ganaderas que se han ido incrementando en los últimos años debido al crecimiento tan acelerado de las ciudades en países en desarrollo y que se está extendiendo cada vez más a los pueblos urbanos. Por esta razón esta actividad busca aumentar la seguridad alimentaria y nutricional para las poblaciones más vulnerables urbanas, produciendo alimentos para el autoconsumo en espacios reducidos (FAO, 2012).

Las prácticas de agricultura urbana permiten mejorar la calidad de suelo y agua en zonas urbanas, ya que derivan de la alteración dinámica del agua de las ciudades, también, podría beneficiarse y trabajar en conjunto con otras prácticas, sistemas utilizados para captación del agua lluvia, por ejemplo el agua lluvia se recolectaría de forma natural y sería utilizada para regar los cultivos urbanos, otro ejemplo aplicable es el aprovechamiento de residuos orgánicos, que se puede utilizar como fuente de nutrientes en los sistemas de agricultura urbana, además se identifica que la cercanía de la casa a un cultivo facilita el control del mismo, así como también mejoraría el paisajismo de la misma (López, 2014).

Para practicar éste tipo de agricultura es necesario adecuar espacios en conjuntos habitacionales o viviendas urbanas, aprovechando el espacio dentro de las ciudades, asimismo, utiliza el potencial de lo que son los avances tecnológicos, científicos y los conocimientos acerca de la agricultura para que promuevan el desarrollo sustentable. Se tiene como fundamento generar productos de autoconsumo y además productos que puedan ser comercializados (Sañudo & Portilla, 2016).

2.3.2. Agricultura urbana y sus beneficios socioeconómicos.

La agricultura urbana también presenta beneficios socioeconómicos, ya que esta actividad apoya al desarrollo sostenible e impulsa el uso de los patrimonios naturales, además de, calcular lo que se utilizó y lo que le devolvemos a la madre naturaleza, por esta razón se dice que, la interacción que se da entre componentes sociales y ecológicos, potenciará un desarrollo favorable de la sostenibilidad agricultora. En este sentido, la agricultura urbana crea un ambiente favorable que potencia la creación de nuevos puestos de trabajo. De igual manera, la agricultura urbana mejora la economía local y logra que se reduzca la cantidad de compras a territorios lejanos, potenciando la ecología dentro de las urbes (Ávila, 2019). Además, ayuda a que se impulsen pequeños emprendimientos en los cuales las personas encuentran el medio para promocionar sus productos agrícolas y generar ingresos económicos para los agricultores, dinamizando la producción de AU.

2.3.3. Paisajismo urbano.

Se considera el paisajismo urbano como la fachada o semblante del ecosistema en general y de la calidad de las personas que la habitan, incluyendo sus espacios públicos. El término paisaje urbano hace referencia, a más de algo físico o visual, también a las condiciones económicas y sociales de los habitantes de dicho medio ambiente. El paisajismo urbano adquiere cada vez más importancia en el entorno urbano debido a que la incorporación de un paisaje vegetal puede ser comprendido desde un aspecto meramente visual hasta una barrera física o visual, como, por ejemplo, un generador de sombras en parques o jardines. Además, existen algunos casos en los cuáles se puede observar una gran cantidad de árboles que pueden llegar a ser un pulmón para descongestionar el ambiente atmosférico de ciudades (Pérez, 2000).

En síntesis, el paisajismo urbano no es más que un ámbito geográfico presente en todos los lugares alrededor del mundo ya que se refiere a la visión general de cómo se percibe una población y el entorno en donde viven. El paisaje de una urbe es el resultado de varios cambios recibidos con el paso de los años, con el crecimiento de la población y, por ende, la creación de más infraestructuras que proporcionen vivienda y recursos alimentarios para cada uno de los habitantes de algún entorno. Entre los componentes de paisajismo urbano se puede recalcar a barrios o sectores, recorridos, límites o bordes, entre otros (Rodríguez, 2007).

2.3.4. Comparación entre la agricultura urbana y agricultura rural.

La agricultura urbana, como el nombre lo indica, es el tipo de agricultura que se realiza en zonas urbanas. Siendo que, la agricultura rural es igualmente un tipo de agricultura, pero realizada en zonas rurales. En este sentido, la agricultura urbana, consiste en la práctica de labores agrícolas dentro de zonas urbanas. Según indica Urban Harvest (2007), “la agricultura urbana presenta necesidades tecnológicas para atender problemas asociados a la urbanización como son el abastecimiento de agua, el saneamiento, la recolección y remoción de basura y la exposición a contaminantes”

En cambio, la agricultura rural, es específicamente dentro de zonas rurales de hecho, es en las zonas rurales en donde la agricultura es la principal, por no decir única fuente de trabajo. La agricultura en la zona rural y urbana viene siendo lo mismo, entre los factores que pudieran cambiar encontramos que: en las zonas urbanas se puede tener mayor acceso a las tecnologías referentes a los sembríos, lo que en zonas rurales este acceso es bastante limitado.

La agricultura familiar es un sector clave para garantizar la seguridad alimentaria, la erradicación de la pobreza; produciendo cambios hacia sistemas agrícolas sostenibles y convirtiéndose en la principal fuente de empleo agrícola y rural (FAO, 2014).

2.3.5. La agricultura urbana en Ecuador.

La agricultura urbana en el Ecuador tiene sus orígenes e inicios desde la conquista Inca. Si bien es cierto, la conquista Inca duró tan solo un lapso de tiempo relativamente corto, sin embargo, esta conquista tuvo gran relevancia en el tema de agricultura urbana. Se logró que, en los paisajes urbanos, se intercambien los bosques naturales con zonas de sembrío que servían netamente para abastecer alimentariamente a la población de aquel entonces. Además, los Incas dejaron enseñanzas sobre la siembra en policultivos que se refiere a la siembra de diferentes tipos de plantas en una sola parcela (Larrea, 2006).

Después de la conquista Inca, se evidencia otra conquista denominada la conquista española, la cual trajo posibilidades de comercio a larga distancia. Por ende, se realizó, por primera vez, el comercio de productos agrícolas, siendo Ecuador desde el comienzo potencia en algunos de estos tipos de productos, como lo es el banano, cacao, petróleo, flores, entre otros. En este sentido, la agricultura urbana se transformó a una agricultura de carácter intensivo, buscando siempre la producción máxima con fines de comercio, estas prácticas crecieron rápidamente dentro del país, tomando más espacios de tierra para que sean cultivados, generando así un desequilibrio ecológico y una afectación al paisajismo urbano ya que se descuidó la biodiversidad y vida animal y vegetal en las selvas, para crear más espacios destinados al cultivo (Clavijo, 2013).

En la actualidad, con el paso de las décadas, el Ecuador se ha consolidado como un país agroexportador, donde se busca un máximo de producción, dejando de lado otros temas como el manejo integrado de cultivos, protección de flora y fauna, cuidado de reservas naturales, conservación de pueblos indígenas autóctonos de nuestra localidad. Por lo que se recomienda mayores estudios sobre agricultura urbana y su aporte a la problemática ambiental por la que el mundo está atravesando.

2.3.6. Casos de estudio de la agricultura urbana.

Una revisión bibliográfica realizada en los años 80 data como el inicio de las prácticas en el arco de la agricultura urbana, ya que se introdujeron temas como la soberanía alimentaria, la calidad de productos para consumo y la necesidad de fuentes de empleo; además, de manera indirecta se iniciaban temas en formación ambiental, vinculación de la sociedad y rediseño del paisajismo urbano ya que la población tuvo predisposición a la adopción de éstas prácticas para mejorar la calidad de vida de las personas (Zaar, 2011).

Se ha mencionado que existen diferencias sociales, culturales, espaciales y económicas entre la agricultura urbana y la rural, dado que la estructura del territorio es diversa y compleja; la ventaja es que los sistemas agrícolas pueden ser adaptados (tubérculos, frutas, plantas medicinales) en patios, terrazas y balcones sacrificando la producción a gran escala, pero aprovechando espacios pequeños dentro de las ciudades (Carrión, 2012).

Entre los objetivos de la agricultura urbana está la obtención propia de alimentos frescos, sanos, nutritivos que favorezcan la seguridad alimentaria de una población, el incremento de espacios verdes dentro de la urbe, el mejoramiento de aspectos ambientales como la calidad de aire, el aumento de ingresos en familias que comercialicen la producción, la reducción de demanda de productos y el consumo de energía, además de la disminución en el consumo de productos como el plástico, metales entre otros. Asimismo, el manejo de un huerto es amigable con el ambiente, necesitando de fuentes orgánicas, por lo tanto, el consumo de productos agroquímicos también se verá reducido (FAO, 2014).

El proyecto de huertos pobres se introduce a inicios del siglo XX, como una alternativa de sostener en términos alimenticios a una ciudad, la iniciativa la toma el Reino Unido, así como Estados Unidos, influyendo en las rutinas de una sociedad, a mediados del mismo siglo, en la época de la primera guerra mundial, los huertos pobres ahora denominados huertos de

guerra fueron fuente de alimentos ya que las ciudades tenían la responsabilidad de producir sus alimentos mediante los recursos de la zona, ingresando conocimientos básicos sobre agricultura y el uso de técnicas que permitan conservar los alimentos y aprovecharlos al máximo. En el presente siglo, a éstos huertos ecológicos se le suman temas como la educación ambiental y alimentaria, la consolidación de comunidades y la apertura de fuentes laborales, en los últimos años la agricultura urbana sirve como herramienta de sostenibilidad y una buena práctica ambiental, en ciertas ocasiones impulsados por recursos gubernamentales ya que se ha evidenciado que éstas prácticas permiten el desarrollo de sociedad de forma sostenible y sustentable (Erazo, 2020).

En Ecuador se han desarrollado ciertos proyectos de agricultura urbana como AGRUPAR en la ciudad de Quito, en Cuenca se incentivó el proyecto PAU, en Guayaquil sobresalió el proyecto ZUMAR así como el proyecto de Agricultura Orgánica PAO por el Consejo Provincial en Guayas (Ulloa & León, 2019). Los gobiernos autónomos descentralizados a través de estos proyectos buscaban recuperar costumbres culturales a través de la participación ciudadana a favor de la producción alimenticia, preservación y cuidado del medio ambiente, reducción del hambre y la pobreza. Además, la obtención de productos sanos con alto nivel nutricional ya que eran cultivados con productos orgánicos para la alimentación de trabajadores, y el sobrante era comercializado en los mercados de cada ciudad, generándose impactos positivos en la calidad del ambiente y en la economía.

También se presentaron beneficios como el incremento de áreas verdes, al mantener un correcto manejo estético de los huertos dentro de la ciudad se estimulaba el mejoramiento de la calidad paisajística del entorno y se educaba en temas de sensibilidad ambiental a personas de todas las edades que fueron partícipes del proyecto, los mismos que lograron reforzar sus conocimientos y mejorar sus actitudes sobre la crisis ambiental (Sañudo & Portilla, 2016).

2.4. Botánica de las hortalizas y ornamentales.

La botánica estudia de manera íntegra las plantas, englobando todos sus aspectos como la clasificación, fisiología, etc. El proceso de producción de hortalizas y plantas ornamentales es amplio, generalmente, empieza por los productores que establecen espacio para la siembra de los productos; acto seguido interviene la parte económica donde se prevé el número de bienes obtenidos; siguiendo el precio como parte monetaria y el índice de valor que se le da al producto; realizado los cálculos de producción y con el producto cosechado se lo comercializa.

2.4.1. Brócoli

El brócoli, es una hortaliza que pertenece a la familia *Cruciferae* y su nombre botánico es *Brassica oleracea var. italica*, su origen es muy antiguo proveniente del Mediterráneo, como algunas de las crucíferas, el brócoli es un cultivo que se adapta bien a temperaturas frías y hasta subtropicales. La siembra de esta hortaliza, se realiza mediante trasplante de los semilleros para facilitar las plantaciones, pero también se pueden realizar siembras directas cuando el clima, las condiciones de la tierra y otros factores ambientales lo hacen factible para el correcto desarrollo de la planta (Cásseres, 1980).

La planta de brócoli puede llegar a medir entre 0.60 m a 1 m de altura, produce unas cabezas de color verde de varias tonalidades, cuando llega el tiempo de cosecha se corta la cabeza principal (pella), permitiendo el desarrollo de nuevas pellas laterales de diámetros más pequeños e irregulares que las cabezas de la primera cosecha y las cuales pudieran representar tres o más cosechas de buena calidad, llegando a convertirse en una buena opción para la comercialización de este tipo de hortalizas (Zamora, 2016).

El brócoli es una hortaliza de mayor valor nutritivo ya que contiene vitaminas A y C, potasio y fibra. Además, posee propiedades medicinales que ayuda a reducir los riesgos de diabetes y anemia por su contenido de Hierro, así también ayuda a prevenir algunos tipos de cánceres (colon, mama y próstata) debido a algunos compuestos químicos anti-cancerígenos que posee, conocidos como glucosinolatos. Gracias a que contiene antioxidantes como betacaroteno, vitamina C, zinc y selenio ayuda a prevenir el envejecimiento prematuro (Zamora, 2016). La composición nutricional del brócoli se lo detalla de una manera más práctica en la tabla 1.

Tabla 1. *Composición nutricional del brócoli.*

Nutriente	Valor
Agua (%)	91
Energía (kcal)	28
Proteína	3.0
Grasa (g)	0.4
Carbohidrato (g)	5.2
Fibra (g)	1.1
Ca (mg)	48
P (mg)	66
Fe (mg)	0.9
Na (mg)	27
K (mg)	325
Vitamina A (UI)	1542
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.12
Niacina (mg)	0.64
Ácido ascórbico (mg)	93.2
Vitamina B6 (mg)	0.16

Fuente: (Zamora, 2016)

El cultivo se adapta mejor en los suelos que poseen un drenaje bueno, las dificultades pueden aparecer en caso de sembrarse en suelos arcillosos-limosos, en caso de ser cultivado en dichos suelos es necesario tener una preparación con respecto al terreno, cabe agregar que el brócoli tiene tendencia a soportar ligeramente suelos ácidos. Por lo mencionado anteriormente el riego puede ser establecido mediante gravedad o goteo, los procesos de riego toman entre seis a ocho sesiones durante su temporada (Andrade, 2017).

2.4.2. Col de repollo.

La col es la hortaliza más importante dentro de la familia *Cruciferae*, su nombre botánico es *Brassica oleracea. var. capitata*, antiguamente ha tenido gran importancia en Dinamarca y Holanda y hoy en día se encuentra en todo el mundo (Cásseres, 1980).

Es un cultivo que tiene gran demanda en los mercados, pues los horticultores cultivan hoy en día en pequeña y gran escala utilizando híbridos diferentes (Padilla, 2000).

La especie demuestra diversidad morfológica extrema y formas de cultivo, con varios miembros cultivados por sus hojas, flores y tallos. Alrededor de 76 millones de toneladas de vegetales *Brassica* se produjeron en 2010, con un valor de 14.850 millones de dólares obteniendo muy buenos ingresos económicos (Liu et al., 2014).

2.4.3. Lechuga de repollo.

Existe una gran variedad de lechugas que forman parte del género *Lactuca* y pertenecen a la familia de las *Asteráceas*, que abarca más de 1000 géneros y 20.000 especies. La lechuga de repollo es una de las especies más diversas que existe, su nombre botánico es *Lactuca Sativa*, su origen es desconocido, algunos autores afirman que procede de la India, y otros dicen de las regiones templadas de Eurasia y América del Norte, a partir de la especie *Lactuca serriola*, la cual posee altos valores nutricionales (Ferro, 2020).

La lechuga de repollo es una planta alimenticia cuyo ciclo vegetativo es de 3 a 4 meses alcanzando una altura de 30 cm, y posee una fuente impresionante de vitaminas, proteínas, hierro, calcio, etc (Guamán, 2010). Sin embargo, este cultivo presenta un alto riesgo de contaminación ya sea física, química o microbiológica en cada etapa de producción, todo contacto con el producto puede ocasionar una contaminación, por lo que si no se la cuida de manera óptima no podría llegar a desarrollarse (Moncada & Uriarte, 2012).

2.4.4. Lechuga de hoja.

La lechuga de hoja es una planta anual que posee un sistema radicular profundo y poco ramificado, su mejor época de siembra es en primavera, pero en la actualidad se puede cultivarla en cualquier temporada gracias a los cultivos de invernadero (Ferro, 2020).

Para cultivar esta hortaliza, se exige al suelo dos cosas, la primera es que sea muy rico en nutrientes y la segunda que tenga un buen drenaje. Para lograr esto es necesario colocar una buena cantidad de humus debido a que es muy rico en nutrientes y además actúa como una esponja, reteniendo el agua, pero dejando pasar el exceso. La lechuga no se desarrolla bien en suelos pesados, por eso es recomendable plantarlas en terrenos arcillosos y que tengan un pH entre 6 y 7 para que se adapten mejor los cultivos; la máxima temperatura que puede soportar es de los 30 °C y una mínima temperaturas de hasta -6 °C (INFOAGRO, 2019).

2.4.5. Ajenjo

El ajeno o conocida también como escoba amarga, su nombre botánico es *Parthenium hysterophous*, “es una planta medicinal de uso tradicional como antiparasitaria. Esta acción es atribuida a la partenina, metabolito activo contra la malaria, leishmaniasis y tripanosomiasis; infecciones parasitarias que afectan a más de dos billones de personas de los países subdesarrollados” (Saucedo et al., 2011).

El ajeno al poseer unas características muy grandes con referencia a la curación, no se ha podido realizar un insumo farmacéutico activo y menos aún algún estudio de preformulación.

Parthenium hysterophous pertenece a la familia *Compositae* o *Asteraceae*, la cual alcanza de 1 a 1.5 metros de altura, sus tallos por lo general son ramificados, florece desde los 30 a 45 días después de la germinación y su ciclo comprende alrededor de los 5 meses, produciendo un número de 820 cabezuelas florales por planta (García, 2007).

2.4.6. Lengua de suegra.

La lengua de suegra o como se le conoce científicamente *Sansevieria trifasciata*, es una planta doméstica que puede sobrevivir en condiciones desfavorables, es decir es más resistente a los daños, posee el interés de miles de investigadores por sus propiedades de depuración. En el artículo (Plantas para purificar el hogar, 2015) indica que la NASA realizó una investigación, donde determinó que la lengua de suegra, purifica el aire de hogares y oficina. Además, absorben sustancias tóxicas como el benceno, los óxidos de nitrógeno y formaldehído que son perjudiciales para la salud (Londoño et al., 2017).

2.4.6.1. Fitorremediación de la contaminación ambiental.

Es el conjunto de técnicas en el cual se utilizan plantas y microorganismos que tengan capacidad fisiológica y bioquímica para asimilar, metabolizar, inmovilizar metales pesados, compuestos orgánicos, contaminantes del suelo, agua o aire, para luego transformarlos en formas menos nocivas para la salud (Bernal, 2014).

Cabe mencionar que la fitorremediación trabaja de forma *in situ* y *ex situ* en donde reduce, remueve, transforma, mineraliza, degrada diferentes tipos de contaminantes presentes en el agua, aire y suelo, esto se lo realiza a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas. Además, este tipo de técnicas son una alternativa sustentable y sostenible, que requiere de costos bajos para las personas que deseen realizarlo (Delgadillo et al., 2011).

Según Arias et al. (2010), existen diferentes métodos de fitorremediación que están divididos en dos grupos, los que actúan como factor de contención entre los cuales se encuentran (rizofiltración, fitoestabilización, y fitoinmovilización), y también tenemos a los que se utilizan como factor de eliminación (fitodegradación, fitoextracción y la fitovolatilización), la aplicación de uno u otro dependerá del tipo, la cantidad y el medio en el que se encuentre el contaminante.

2.4.6.2. Proceso de absorción y fijación de gases a través de las hojas-estomas.

En las plantas, las hojas son las responsables de los procesos metabólicos de la misma, y están compuestas por: cutícula, epidermis, células oclusivas o células del mesófilo, estomas, etc. Las estomas son uno de los principales participantes en la fotosíntesis y también en la respiración de las plantas tienen células que poseen la capacidad de abrirse y cerrarse para regular el intercambio gaseoso, es decir que en este lugar sale oxígeno y entra dióxido de carbono durante la fotosíntesis (Xiangying et al., 2017). Las estomas se encuentran en todas las partes aéreas de las plantas prácticamente de toda la flora terrestre y el papel más importante es regular la pérdida de agua (transpiración) y la absorción de CO₂ (asimilación fotosintética del carbono) durante el proceso de fotosíntesis (León, 2019).

El CO₂ es uno de los gases principales que contribuye al efecto invernadero, pero la concentración de este gas alrededor de las plantas en cantidades suficientes aporta al crecimiento de las mismas. La mayor parte de estas plantas dependen de la fotosíntesis desde la atmósfera hasta los cloroplastos, donde se da el proceso de fijación del CO₂ con la ayuda de la enzima RuBisCO la cual incorpora dióxido de carbono (CO₂) a una molécula orgánica durante la primera etapa del ciclo de Calvin, esta enzima tiene un doble comportamiento que justifica su nombre, catalizando dos procesos opuestos (Azcón et al., 2008).

2.4.6.3. Reducción de compuestos contaminantes atmosféricos por fitorremediación.

La asociación entre las plantas y comunidades microbiales pudieran llegar a ser simbiosis en la utilización de componentes contaminantes en el aire. Como se puede observar en la figura 1 la gráfica central representa la parte aérea de una planta, mientras que la gráfica derecha muestra la sección transversal de una hoja en donde los tricomas pueden retener cualquier tipo de contaminante mientras que las estomas los absorben, en la parte inferior derecha se presenta la forma química en que las hojas pueden asimilar cualquier tipo de contaminante. Por otro lado, la figura de la izquierda nos muestra la superficie de una hoja ampliada en la que se encuentran bacterias, compuestos, etc. los cuales pueden degradarse o transformarse en compuestos menos tóxicos para el ambiente (León, 2019).

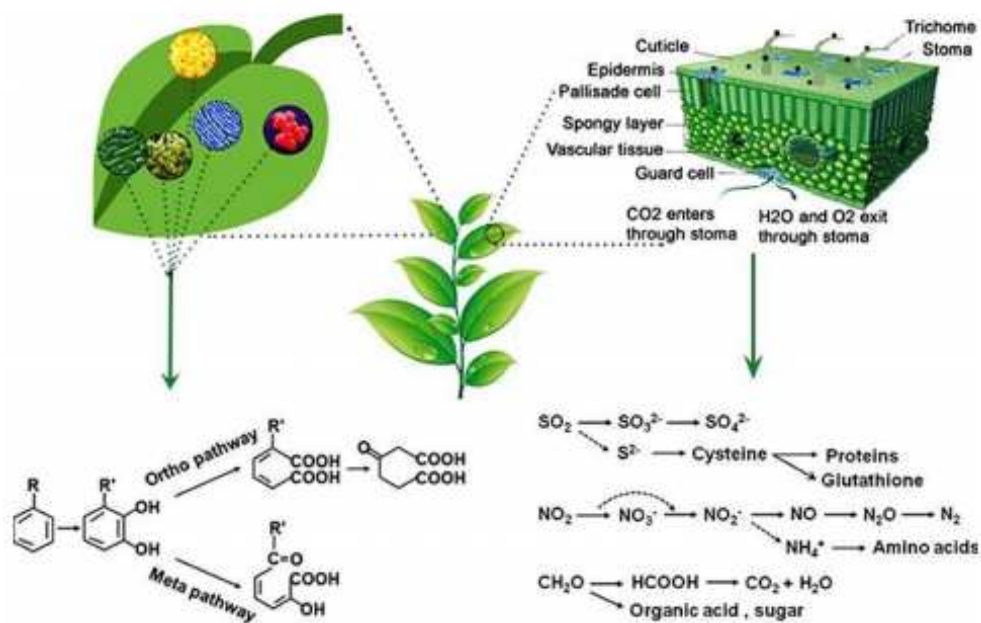


Figura 1. Esquema de la absorción de los gases por plantas.

Fuente: (León, 2019)

2.4.6.4. Especies ornamentales con potencial biodepurante del aire.

La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los EE. UU (NASA), en el año de 1970 los científicos de dicha organización se encontraron con la necesidad de realizar investigaciones para limpiar el desastre ambiental dejado por el ejército de los Estados Unidos, el objetivo fue abrir nuevas vías de investigación con organismos vegetales capaces de mejorar las condiciones ambientales en espacios altamente contaminados. Las características principales para la realización de dicho estudio fueron:

- Diferentes contaminantes presentes en el aire.
- Las características de fijación de CO₂ por parte de las plantas.
- La facilidad para adquirir las plantas (Center for AeroSpace information, 2007).

En dicha investigación los científicos de la NASA concluyeron que el 87% de los contaminantes del aire dentro de las cámaras selladas para este estudio fueron eliminadas gracias a las plantas de follaje en un tiempo de 24 horas de observación, en los cuales destacaron diferentes tipos de plantas como son: potus (*Epipremnum aureum*), espatifilo (*Spathiphyllum sp.*), palmera de bambú (*Raphis excelsa*), potus (*Epipremnum aureum*), lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*), el árbol de caucho (*Ficus robusta*), entre otros, las mismas que demostraron ser grandes fijadoras de CO₂ (Wolverton et al., 1989).

Panyametheekul et al. (2019) en su estudio sobre las plantas ornamentales con bajo follaje afirmó que entre los contaminantes biodepurados por el follaje de las plantas se encuentra material particulado, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono y compuestos orgánicos volátiles (benceno, xileno, amoníaco, tricloroetileno y formaldehído). Entre algunas de las especies ornamentales más destacadas en la depuración de contaminantes atmosféricos de espacios interiores se detallan en la tabla 2, además se detalla el tipo de contaminante depurado.

Tabla 2. *Especies de plantas ornamentales fijadoras de contaminantes.*

Especie	Contaminante depurado	Imagen
<i>Epipremnum aureum</i>	Formaldehído Xileno Benceno	
<i>Spathiphyllum sp.</i> “Cuna de Moisés”	Formaldehído Tricloroetileno Benceno	
<i>Sansevieria trifasciata</i> “Lengua de suegra”	Benceno Xileno Tolueno	
<i>Chamaedorea seifrizii</i> “Bambú”	Formaldehído Xileno Amoníaco	

Fuente: Autoras

2.5. Contaminación ambiental.

El crecimiento económico y la globalización han originado algunos beneficios para toda la sociedad, pero al mismo tiempo han provocado la aparición de nuevos riesgos para la salud humana (Vargas, 2005). Por esta razón, se dice que la contaminación es una consecuencia de las actividades realizadas por el hombre, las cuales afectan a las matrices ambientales (aire, agua y suelo) y a los seres vivos tanto emisores como receptores de los contaminantes provocando el deterioro del planeta (Domínguez, 2015).

La contaminación se ha convertido en un nivel macro y de preocupación a escala global, por el consumo acelerado de los recursos energéticos, hídricos, generación de contaminantes y otros, debido al incremento poblacional, de manera especial, en el último siglo, que generó muchas consecuencias como la escasez de recursos, niveles altos de contaminación química, cambios drásticos en la naturaleza, lo que ha aumentado la preocupación para encontrar soluciones. Para dar solución a la problemática ambiental generada por los gases de efecto invernadero los investigadores recomiendan evaluar la cantidad de emisiones generadas hacia la atmósfera (Valdés, 2019).

Es un tema extenso, con muchas directrices y orígenes en escalas globales, si bien se han planteado algunas estrategias para solucionarlo, no todas son aplicables ya que el costo es alto y la economía, especialmente en países no desarrollados, no sostienen las medidas; por otro lado los países con mayor capacidad adquisitiva han comenzado a elaborar planes para la reducción de la contaminación de manera integral, donde se consideran medidas aplicables a los sectores agrícolas, industriales, transportistas (Estrada et al., 2016). En esta investigación se recopila información sobre la educación ambiental y la agricultura urbana como mecanismos de desarrollo sostenible, y prácticas alternativas que intentan favorecer la calidad del ambiente y el estilo de vida en las urbes.

2.5.1. Contaminación en las ciudades.

La contaminación en las ciudades es un tema muy amplio, evidenciado en varios lugares del mundo, la contaminación no es uniforme en todas las ciudades y se produce en función de las condiciones económicas, sociales, culturales, naturales de cada zona.

Las ciudades se han posicionado como ecosistemas artificiales, dado que, en su gran parte, por no decir su totalidad está repleta de construcciones y poca naturaleza llamándose así un habitat artificial ya que nada es natural sino más bien algo fabricado, en donde se limita a satisfacer las necesidades del hombre, ocasionando además una contaminación visual.

Una de las mayores fuentes de contaminación es el uso de combustibles de origen fósil, que está presente en la mayoría de las ciudades por el alto tráfico urbano, y se asocia con incrementos en la morbi-mortalidad de la población expuesta lo que ha ocasionado que se desarrollen enfermedades como el asma y diferentes tipos de alergias entre la población infantil. Viene dado por sustancias o gases ajenos al medio, su tamaño hace que sean muy ligeras por lo que, generalmente, permanecen mucho tiempo en el aire (Valencia et al., 2009).

Algunos países han puesto en marcha acciones para reducir la contaminación atmosférica, logrando efectos positivos, por ejemplo, México logró disminuir la cantidad de plomo y material particulado emitido a la atmósfera, mediante la aplicación de ciertas medidas, tales como la eliminación de la gasolina con plomo y la aplicación del programa de restricción vehicular denominado “Hoy no circula” cuyo objetivo consiste en controlar y reducir los niveles de contaminación ambiental. Así también en São Paulo, Brasil, con la aplicación de medidas como la eliminación del plomo en la gasolina y el control de las emisiones industriales contribuyó a bajar los niveles de algunos contaminantes atmosféricos en los últimos años ayudando de esta manera a la disminución de gases de efecto invernadero que son los responsables de la destrucción de la capa de ozono (Simioni, 2003).

2.5.2. Contaminación del suelo.

La contaminación del suelo, consiste en la degradación de las características físico químicas, biológicas y microbiológicas del mismo, la contaminación química proveniente de prácticas intensivas de agricultura, la extracción de recursos naturales no renovables y la mala gestión de elementos químicos industriales son la principal fuente de degradación en suelos (Estrada et al., 2016). Este tipo de contaminación da lugar a impactos negativos como la remoción de vegetación, siendo el primer elemento en sentir el impacto ambiental ocasionando la erosión del suelo.

2.5.3. Contaminación por CO₂.

El CO₂ producido por la combustión incompleta de combustibles, y conocido por ser un gas relevante en el proceso de efecto invernadero es un gas que tiene permanencia extendida en el medio, es decir se lo encuentra en la atmósfera después de ser emanado (aproximadamente el 30% de CO₂ emitido actualmente, permanecerá en la atmósfera por siglos) se estima que el tiempo promedio de permanencia de este gas es de 30 años ya que sus características fisicoquímicas lo hacen un gas difícilmente degradable, el cual ayuda al aumento de la temperatura en el planeta (Mota et al., 2011).

Las plantas pueden captar el CO₂ de la atmósfera y transformarlo en O₂ mediante un proceso llamado fotosíntesis, metabolizando el gas para obtener azúcares y otros compuestos necesarios para el desarrollo normal. Sin embargo las plantas emiten nuevamente CO₂ a la atmósfera, siendo alrededor del 50% del peso seco de la planta, esta diferencia tiene como última etapa la transformación en biomasa. Con este principio, la agricultura puede convertir un cultivo como un sumidero de CO₂, siendo un mecanismo efectivo en la mitigación del aumento de CO₂ en la atmósfera (Mota et al., 2011).

La fijación de dióxido de carbono se dá en función del metabolismo de una planta, existen tres grupos conocidos como C-3, C-4, CAM, en cada grupo la eficiencia del uso de agua y la tasa de fijación de CO₂ difiere según las propiedades de cada uno (Mota et al., 2011).

Plantas C-3.- Sus estomas se mantienen abiertos en el día para fijar el CO₂, esto conlleva a la pérdida de agua de forma continua por efectos de transpiración.

Plantas C-4.- Se caracteriza por un mecanismo de cierre imprevisto de estomas, almacena CO₂ permitiendo continuidad al proceso de la fotosíntesis.

Plantas CAM.- Pueden cerrar sus estomas y almacenar CO₂, además los estomas permanecen abiertos por la noche. A continuación, en la tabla 3 se resumen la capacidad de captura de carbono en plantas C₃, C₄, CAM.

Tabla 3. Diferencias entre tipos de plantas C₃, C₄, CAM.

Especies típicas de importancia económica.	C₃ Trigo, cebada, pimiento, frutales, arroz, tomate (...).	C₄ Maíz, sorgo, caña de azúcar.	CAM Piña, chumbera.
Porcentaje de la flora en número de especies.	89%	<1%	<10%
Primer producto estable de la fijación de CO ₂ .	PGA.	Malato	Malato
Punto de compensación para la asimilación de CO ₂ .	40 – 100 μ	0 – 10 μ	0 – 10 μ
CO ₂ intracelular en luz de día.	200	100	10000
Frecuencia estomática.	40 – 300	100 – 160	1 – 8
EUA (gr de CO ₂ fijados por kg de H ₂ O transpirado).	1 – 3	2 – 5	10 – 40
Tasa máxima de crecimiento (gm-2d ⁻¹).	5 – 20	40 – 50	0.2
Productividad máxima (ton ha ⁻¹ año ⁻¹).	10 – 30	60 – 80	Generalmente menor a 10*

Fuente: (Mota et al., 2011)

2.5.3.1. El ciclo del Carbono en los sistemas agrícolas.

Espada (2013), afirma que el ciclo del carbono es de gran importancia para la producción de materia orgánica, para la regulación del clima en la Tierra y básicamente para el sostenimiento de la vida. El CO₂ regresa a la atmósfera cuando los seres vivos oxidan los alimentos produciendo CO₂. El ciclo del carbono está dado por el almacenamiento y la transferencia entre la atmósfera, biosfera, litosfera y océanos. Como se puede observar en la figura 2 el stock de carbono está representado por las cajas negras, mientras que los flujos corresponden a las flechas, por lo que se puede concluir que el sumidero es el que almacena y la fuente es el flujo de carbono (Honorio & Baker, 2010).

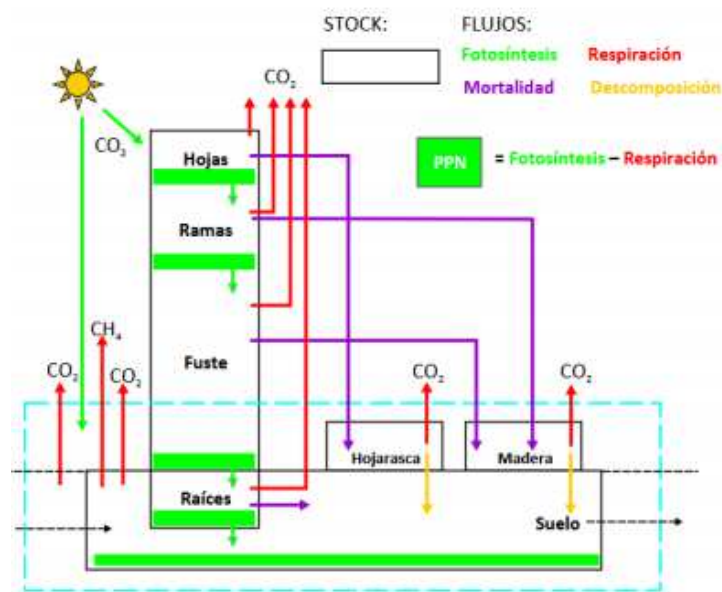


Figura 2. Ciclo del carbono (Fuente de emisión y sumideros).

Fuente: (Honorio & Baker, 2010)

Cuando el CO₂ es consumido por las plantas, también es reemplazado por él mismo CO₂, siendo eliminado en la respiración de los seres vivos, descomposición de materia orgánica y por los gases de combustión de actividades humanas (Espada, 2013).

2.5.3.2. Secuestro de CO₂ en hortalizas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, así como otras organizaciones asociadas a la Seguridad Alimentaria han demostrado de que forma la agricultura urbana contribuye a emancipar los sectores pobres de la población urbana fortaleciendo de esta manera su alimentación y seguridad alimentaria; pero también contribuye a crear ciudades más verdes para que estas sean capaces de afrontar los problemas sociales como la pobreza y también los problemas ambientales como el cambio climático desarrollando mecanismos de producción (Monteros, 2015).

Cuantificar el papel que tiene la agricultura urbana sobre la mitigación del cambio climático es de gran importancia, ya que las hortalizas pueden capturar cantidades significativas de CO₂ de la atmosfera año tras año, pero este proceso solo se lo realizará si se adoptan buenas prácticas agrícolas y una agricultura sostenible para poder detener la liberación de millones de toneladas de gases de efecto invernadero (Monteros, 2015). En la tabla 4 se puede evidenciar algunos tipos de hortalizas y frutas con la cantidad de CO₂ que pueden capturar.

Tabla 4. *Secuestro de carbono en hortalizas de ciclo corto.*

Herbáceos	Kg CO₂ /planta
Alcachofa	1.85
Brócoli	0.24
Col	0.34
Lechuga	0.13
Melón	0.80
Pimiento	1.03
Tomate	1.49

Fuente: (Monteros, 2015)

2.5.3.3. Medidas de mitigación.

Son varios los estudios que tienen como objetivo brindar soluciones o reducir las concentraciones de CO₂, se mencionan estrategias como la mejora en cuanto a la eficiencia en la generación energética, búsqueda de nuevos y mejores recursos para la energía, fitorremediación, bioacumulación, entre los más destacados (Castebianco, 2018). Mediante la difusión de datos sobre el efecto invernadero se ha establecido un punto de la reducción de estos gases, que son derivados de algunas actividades, industriales en su mayoría, transporte y otras más; el uso del biocombustible para el sector de los transportistas es uno de los temas que más se ha podido discutir para la reducción de las emisiones, este recurso formaría parte también como solución para la energía (Andrade et al., 2016). En esta investigación se empleará la agricultura urbana como mecanismo de mitigación de CO₂ ya que se ha recopilado información sobre el uso de vegetación como sumidero de este gas.

¿Qué son sumideros de carbono?

Los sumideros de carbono son medidas de mitigación para reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero a la atmósfera, mediante la absorción y captura de CO₂ por parte de los depósitos naturales como: océanos, bosques y suelos, purificando el aire.

Estos agentes biológicos funcionaron sin alteraciones hasta que el ciclo del carbono comenzó a sufrir las consecuencias debido a la quema descontrolada de combustibles fósiles, que actualmente ocasionó el aumento acelerado de la concentración de CO₂ en la atmósfera, esta realidad no solo no se ha mantenido en el tiempo, sino que se ha ido agravando: desde los inicios de la Revolución Industrial hasta nuestros días, la concentración de CO₂ en el aire ha pasado de 278 ppm a 400 ppm, tal y como advierte la organización Global Carbon Project (2017), los principales sumideros de carbono tan solo son capaces de retirar el 50% de la circulación de los gases de efecto invernadero (Iberdrola, 2020).

Además, la deforestación y tala indiscriminada de árboles, ha provocado que muchos bosques ya no actúen como sumideros sino como fuentes de emisiones, si hacemos conciencia, cuidamos y protegemos los bosques y los océanos, su capacidad de retención de carbono seguirá siendo notable.

Sumideros de carbono, una alternativa al calentamiento global.

El calentamiento global ha causado el aumento de la temperatura media de la superficie terrestre lo que ha provocado el incremento de la concentración de los gases de efecto invernadero entre los cuales podemos mencionar al vapor de agua, ozono troposférico, metano y CO₂. Por este último en la actualidad se plantean medidas para el secuestro de carbono y una de las principales opciones es recurrir a sumideros naturales cuyo objetivo es la fijación de CO₂ sobre los sistemas biológicos, siendo el más importante la fotosíntesis de las plantas (De Benito & Sobrero, 2009).

Gracias a los sumideros vegetales se puede incorporar el carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis. Es importante mencionar que los bosques son los principales sumideros del ecosistema terrestre ya que capturan el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo (Benjamín & Masera, 2001).

Especies agrícolas como sumideros de carbono.

La vegetación como los bosques, sabanas tropicales, pastizales, tundra, humedales, etc, actúan como sumideros de CO₂ debido a su capacidad fotosintética. Estévez (2010) señala que diferentes especies de interés agrícola poseen una alta velocidad en su desarrollo, lo que significa que tienen una mayor tasa de fijación de CO₂. La agricultura urbana puede considerarse como un sumidero a largo plazo y temporal. A largo plazo cuando el CO₂ que se fija a la planta queda almacenado en el suelo y temporal cuando el CO₂ necesario para el carbono se retiene en la cosecha y subproductos (Estévez, 2010).

La fijación de carbono en especies agrícolas utilizando como medio principalmente la agricultura urbana, puede ser una solución permanente para el cambio climático, pues los sistemas agrícolas por su proceso de fotosíntesis tienen un gran potencial para secuestrar carbono de la atmósfera y así mitigar el efecto invernadero, pero para determinar la cantidad de carbono fijado en plantas se hace necesario un análisis completo del ciclo del carbono.

Estimación de captura de carbono en especies agrícolas.

Quito (2018) afirma que, la forma más común de calcular la cantidad de carbono secuestrado es mediante la relación biomasa, peso seco, peso fresco. Además, afirma que el carbono se encuentra en diferentes reservorios que actúan como fijadores de CO₂ entre los principales señalan:

- Biomasa de plantas vivas (aérea y subterránea).
- Biomasa de plantas muertas (aérea y subterráneas).
- Suelo (Biomasa vegetal, animal y microorganismos).

Estimación de carbono en la biomasa aérea.

Umaña (2012), plantea que existen diferentes métodos para lograr estimar la captura de carbono en una especie vegetal, esto depende de diferentes factores como pueden ser la cantidad o el volumen de la biomasa aérea y subterránea. Para determinar la cantidad de carbono fijado en árboles, arbustos, y vegetación en general es necesario utilizar modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono; estos modelos matemáticos están en función de variables de fácil y rápida medición, como el diámetro de la hoja, número de hojas, altura de la planta, entre otras. Para generar las ecuaciones alométricas se tendrá que realizar un muestreo destructivo aleatorio de varias especies vegetales en función de la disponibilidad de especies, incorporando un amplio intervalo de tamaños (Acosta et al., 2001).

Por otro lado, en el caso de la biomasa no arbórea como los sistemas forestales, sistemas agrícolas y pasturas, Rüginitz, Chacón & Porro (2009) en su estudio denominado Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales, señalan que para determinar la biomasa de especies pequeñas como primer paso se debe establecer primero una pequeña parcela de 4m², a continuación se debe cortar al ras todo el material vegetal presente en la parcela y estas muestras se las debe llevar al laboratorio para el cálculo de la cantidad presente de carbono en la biomasa vegetal, para que después de determinadas ecuaciones se logre calcular la cantidad de CO₂ fijado en cada especie.

2.5.4. Contaminación por metales pesados.

Los metales pesados, se definen como un conjunto de elementos químicos que poseen alta densidad (mayor a 4g/cm³), y se pueden encontrar en estado natural en las mineras y en materiales procesados en industrias como metalúrgica del hierro y acero, cables de cobre, biocidas, plásticos, cementos, etc (Barceló & Poschenrieder, 1992). Los metales se encuentran en forma natural en el ambiente en concentraciones mínimas y la presencia de estos metales son esenciales para nuestro organismo. Sin embargo, el exceso de dichos metales en el ser humano provoca problemas en la salud.

La contaminación por metales pesados y metaloides en recursos hídricos, suelos y aire es una de las grandes problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y la salud pública en todo el mundo (Reyes et al., 2016). Debido a que estos, no pueden ser degradados o destruidos, tienen una cadena de vida extensa. Algunos forman complejos solubles y son transportados y distribuidos a los ecosistemas hasta acumularse en la cadena trófica (agua, suelo, aire y organismos vegetales y animales) (Londoño et al., 2016).

A continuación, en la tabla 5 se muestran las posibles fuentes de contaminación de los alimentos por metales pesados.

Tabla 5. Fuentes de contaminación por metales pesados en los suelos.

Origen animal.	Metal pesado involucrado.
Natural, proveniente del suelo.	Cadmio, bromo, flúor, cobre.
Uso de insecticidas, desinfectantes y medicamentos.	Arsénico, cobre, plomo, mercurio.
Del suelo arenoso y envase de vidrio.	Silicio.
Por el equipo de procesamiento.	Cobre, hierro, níquel, estaño, plomo, zinc.
Debido al almacenamiento.	Hierro, níquel, estaño, plomo, cadmio, estroncio.
Por oxidación en el envase.	Hierro y cobre.
Debido al procesamiento.	Cobre, cadmio, arsénico.
Suplementos alimenticios en dietas de animales.	Cobre, cadmio, hierro, zinc, arsénico.

Fuente: (Londoño et al., 2016)

2.5.4.1. Plomo

Según Valdés & Cabrera (1999), el plomo de símbolo (Pb), es un metal de color azulado y de características maleable y suave el cual después de ser extraído y procesado puede ser empleado en la producción de acumuladores, elementos piezoeléctricos, pegamentos vidrios, esmaltes, entre otros. Ha existido siempre en la corteza terrestre de forma natural.

2.5.4.1.1. Toxicidad del plomo.

El plomo es un metal pesado que ingresa al organismo por vía respiratoria y gastrointestinal, cuando llega al torrente sanguíneo, tiende a distribuirse por los distintos órganos y tejidos alterando el sistema nervioso, donde permanece acumulado durante toda la vida (Cámara, 2018). La intoxicación por plomo depende de la edad de la persona, su nivel de exposición y el estado de salud (Reyes et al., 2016).

La presencia de altas dosis y concentraciones tienden a contaminar el espacio en el cual la actividad se este realizando, el problema es preocupante ya que los metales pesados poseen una cadena de vida extensa y pueden acumularse en agua, suelo, aire y organismos vegetales y animales como se lo puede observar en la figura 3.



Figura 3. Absorción de metales pesados en la planta.

Fuente: (Reyes et al., 2016)

Las principales fuentes de contaminación por este metal son: la actividad industrial, la acelerada urbanización, el manejo inadecuado de desechos y la agricultura es otro de los tópicos críticos a combatir para mejorar la calidad del ambiente (Coyago & Bonilla, 2016).

El mecanismo de acción del plomo en las personas empieza al ingestarse por cualquiera de los medios mencionados, tiene afinidad por los grupos sulfhídrico, y tóxico para las enzimas que son dependientes de zinc. Es difícil su diagnóstico porque la sintomatología es multisistémica: astenia, dolor abdominal, irritabilidad, náusea, vómitos, pérdida de peso, cefalea, anemia, neuropatía periférica, ribete de Burton, entre otros (Valdivia, 2005).

Si la exposición a fuentes de plomo es aguda, se derivan a casos como encefalopatía, insuficiencia renal y complicaciones gastrointestinales; afecta principalmente al sistema nervioso, riñones, sistema reproductor y problemas gastrointestinales. A mayores niveles de plomo en la sangre, mayores afecciones a la salud (Reyes et al., 2016).

2.5.4.1.2. Fuentes y vías de exposición.

El plomo en su forma natural posee bajo riesgo como fuente de contaminación ambiental, pero en grandes cantidades puede causar daños a la salud. La tabla 6 muestra los diferentes tipos de fuentes y vías de exposición del plomo (Vélez et al., 2010).

Tabla 6. Fuentes y vías de exposición del plomo.

Fuente	Descripción
Naturales	El plomo en la naturaleza se encuentra combinado con otros elementos formando compuestos de plomo y raramente se lo encuentra en la naturaleza en forma de metal.
Antropogénicas	Entre las principales fuentes antropogénicas se encuentran principalmente las baterías de automóviles, fabricación de municiones, fabricación de pinturas, esmaltes, cosméticos, etc.

Fuente: (Vélez et al., 2010)

2.5.4.1.3. Plomo en aire, agua y suelo.

Con respecto al aire existe diferentes fuentes de contaminación, pero la principal incurre directamente en la deposición atmosférica originado en el polvo atmosférico, dichas partículas se adhieren a la superficie de las plantas, las cuales no son fácilmente eliminadas por lavado. La capacidad de los suelos para absorber plomo depende de algunas características propias como son el pH de suelo, la capacidad de intercambio catiónico, entre otras. Se ha comprobado que puede adherirse mejor a suelos con bajo contenido de materia orgánica y pH ácidos (Bradley & Cox, 1988; Zandstra & Kryger, 2007).

Los niveles de concentración de plomo en el agua son más altos en las zonas urbanas que en las zonas rurales, porque no se ha encontrado niveles altos en ríos, lagos, o en agua subterránea. Por lo contrario, se ha encontrado niveles significativos de plomo en la zona urbana debido a que el agua potable proviene de cañerías, soldaduras y grifos que contienen plomo, contaminando así el agua de consumo (Kabata & Pendias, 2001).

2.5.4.1.4. Plomo en plantas.

Las plantas absorben el plomo a través de los pelos radiculares y la pared celular debido a la carga iónica negativa. Cuando el plomo ingresa a la planta ocasiona la interrupción de la fotosíntesis generando clorosis, reducción en el crecimiento, etc. Debido a lo mencionado anteriormente la planta no logra su correcto desarrollo ni cumple con su ciclo vital, ni funciones como la fotosíntesis (García, 2007).

2.5.4.1.5. Límites permisibles.

A nivel Internacional

Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos.

La normativa CODEX ALIMENTARIUS es una compilación de normas alimentarias, códigos de prácticas y directrices creada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Su finalidad es proporcionar normas alimentarias internacionales que sirvan de guía para proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de alimentos. Además, puede servir de orientación y fomentar la elaboración y el establecimiento de definiciones y requisitos aplicables para alimentos contribuyendo a su armonización y de esta forma facilitar el comercio internacional. La tabla 7 muestra los límites máximos permisibles para las hortalizas de hoja.

Tabla 7. *Valores máximos de metales pesados para hortalizas de hoja.*

Nombre del producto	Nivel máximo (NM) mg/kg
Hortalizas de hoja.	0.3

Fuente: (FAO & OMS, 2013)

A nivel Nacional

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Dicha norma prohíbe el uso de aguas servidas para riego a menos que hayan sido tratadas, la tabla 8 presenta los criterios de calidad del agua para riego agrícola con respecto al plomo.

Tabla 8. *Criterio de calidad de aguas para uso agrícola en riego.*

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Plomo	Pb	mg/l	5.0

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2016)

Norma de calidad del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.

La presente norma se ha emitido para la prevención y control de la contaminación del suelo y tiene aplicación para los siguientes usos: agrícola, pecuario, forestal, urbano, minero, industrial. En la tabla 9 se ilustra el criterio de calidad del suelo con respecto al plomo.

Tabla 9. *Criterio de calidad del suelo.*

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Plomo	Pb	mg/l	19

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2016)

Es importante mencionar que Ecuador no posee una norma específica para alimentos contaminados con metales pesados, por lo que el presente estudio se basó en Normas Internacionales como se detalló con anterioridad.

2.5.5. Contaminación microbiológica en el huerto urbano.

El consumo de hortalizas y verduras es vital para la salud humana, debido a que poseen propiedades alimenticias impresionantes, son fuente inagotable de vitaminas, minerales, fibra y energía. Sin embargo, por el manejo que se da al cultivo, algunos de estos productos están expuestos a un tipo de contaminación, ya sea química o biológica, generando un riesgo para la salud humana. Los factores más importantes de contaminación microbiana para los cultivos son las aguas empleadas para el riego, además de la presencia de animales en los cultivos (Rivera et al., 2009).

El control de calidad del agua y de los alimentos se lleva a cabo mediante la detección de la presencia de bacterias indicadoras de contaminación, organismos coliformes de origen fecal como *Escherichia coli*, que normalmente sólo habitan en el intestino humano o animal produciendo importantes daños en la salud (Rivera et al., 2009).

2.5.5.1. Microorganismos indicadores de higiene.

Existen microorganismos que nos ayudan a evaluar las condiciones higiénicas en las que se encuentran los alimentos que vamos a consumir. Por una parte, podemos encontrar la bacteria *E. coli*, la cual sugiere que el alimento se contaminó con material fecal. Por otro lado, tenemos a los coliformes totales, estos son microorganismos indicadores, ya que la presencia de estos en un alimento sugiere una deficiencia sanitaria en su manejo o durante la producción ocasionando altos niveles de contaminación lo que pudiera perjudicar a la salud de las personas que consumas los alimentos contaminados (García et al., 2003).

Cabe mencionar que los grupos microbianos indicadores de algún tipo de contaminación en alimentos son: bacterias mesofílicas aerobias, organismos coliformes totales, coliformes termotolerantes, *E. coli*, enterococos, la familia *enterobacteriaceae*, *staphylococcus aureus*, así como algunos grupos de levaduras y hongos (Hernández, 2002).

Coliformes totales.

Los coliformes totales son un grupo de bacterias que se definen como bacilos no esporulados, gram negativas que incluyen una diversidad de microorganismos aerobias y anaerobios facultativos, estas pueden incluir especies fecales y ambientales (Bourgeois, 1996). Los organismos coliformes se han aislado muchas veces de excretas humana y animales, por lo tanto, pueden ser de procedencia fecal, en agua potable su presencia sirve a menudo para decidir sobre su aceptación o rechazo, es decir son útiles como componentes de criterios microbiológicos para indicar contaminación (Hargrove et al., 1969).

Fernández (1981), afirma que las bacterias coliformes en agua limpia se las puede relacionar con contaminación fecal reciente. Por el contrario, en alimentos su presencia en elevadas cantidades indica la falta de higiene durante la obtención de alimentos mas no son indicadores de contaminación fecal en alimentos (Fernández, 1981).

Presencia de coliformes totales en alimentos.

Este tipo de microorganismos pueden encontrarse en una gran diversidad de sustratos extraintestinales, como puede ser: piel humana y de animales, vegetales, insectos, aguas superficiales, tierra, etc. Debido a su gran capacidad de sobrevivencia en los mismos y su gran potencia para degradar la materia orgánica (Pascual & Calderón, 1999).

Las bacterias coliformes son capaces de proliferar en los alimentos incrementando su número rápidamente, sin necesidad que haya habido algún tipo de contaminación. Por lo que la presencia de coliformes en alimentos generalmente es considerada como indicadores de:

- Contaminación fecal o de malas prácticas de trabajo en el manejo de alimentos.
- Alteración de alimentos.
- Presencia de agentes etiológicos de enteritis (Olivas & Alarcón, 2004).

Escherichia coli.

Es un microorganismo de tipo bacilo corto, Gram negativo, anaerobio facultativo, posee información genética en los plásmidos, los cuales son responsables de la producción de toxinas y de resistencia a los antimicrobianos. Estas bacterias forman parte de la microflora normal del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente. Encontrándose habitualmente en sus heces (Romero, 2007).

Presencia *Escherichia coli* en alimentos.

La contaminación fecal de los alimentos, se da por contacto directo o indirecto por medio del agua, que es quizás el método de transmisión más importante. Este tipo de microorganismos afecta a los productos cárnicos y a las verduras frescas, transformándose así en una fuente de contaminación secundaria.

Debido a su alta presencia en el intestino, la *E. coli* se utiliza como el indicador principal para detectar y medir la contaminación fecal en la evaluación de la inocuidad del agua y de los alimentos. Las *E. coli* patógenas se distinguen de otras *E. coli* por su capacidad de provocar graves enfermedades como resultado de su información genética para la producción de toxinas, capacidad de adhesión e invasión de células huéspedes, interferencia con el metabolismo celular y destrucción de tejidos (Escartín, 2000).

La mayoría de cepas de *E. coli* no son patógenas, sin embargo, existen cepas capaces de provocar enfermedades, tal es el caso de *E. coli* O157: H7 que pueden causar brotes epidémicos como se ha dado el caso en algunos países especialmente del continente Africano (Escartín, 2000). En la figura 4 se puede apreciar la interacción que tienen tanto el ser humano, los animales, y otros factores que son mecanismos por los cuales las hortalizas se pueden contaminar por microorganismos.

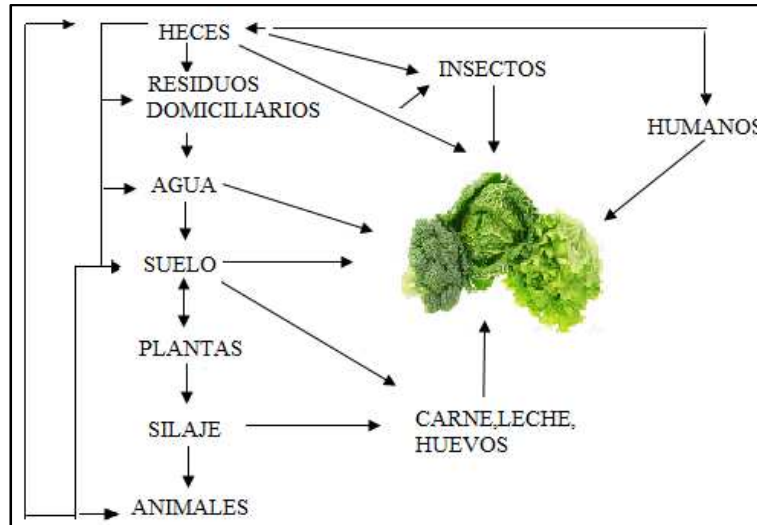


Figura 4. Mecanismos de contaminación de las hortalizas.

Adaptado: Hernández y Escoto, (2016)

Interpretación de resultados para coliformes totales y *E.coli*.

Para el recuento de *E.coli* y coliformes totales se basó en la Guía de Interpretación de Placas Petrifilm™ como lo podemos observar en la figura 5, la cual nos muestra los casos que podría presentar en los resultados (3M, 2015).

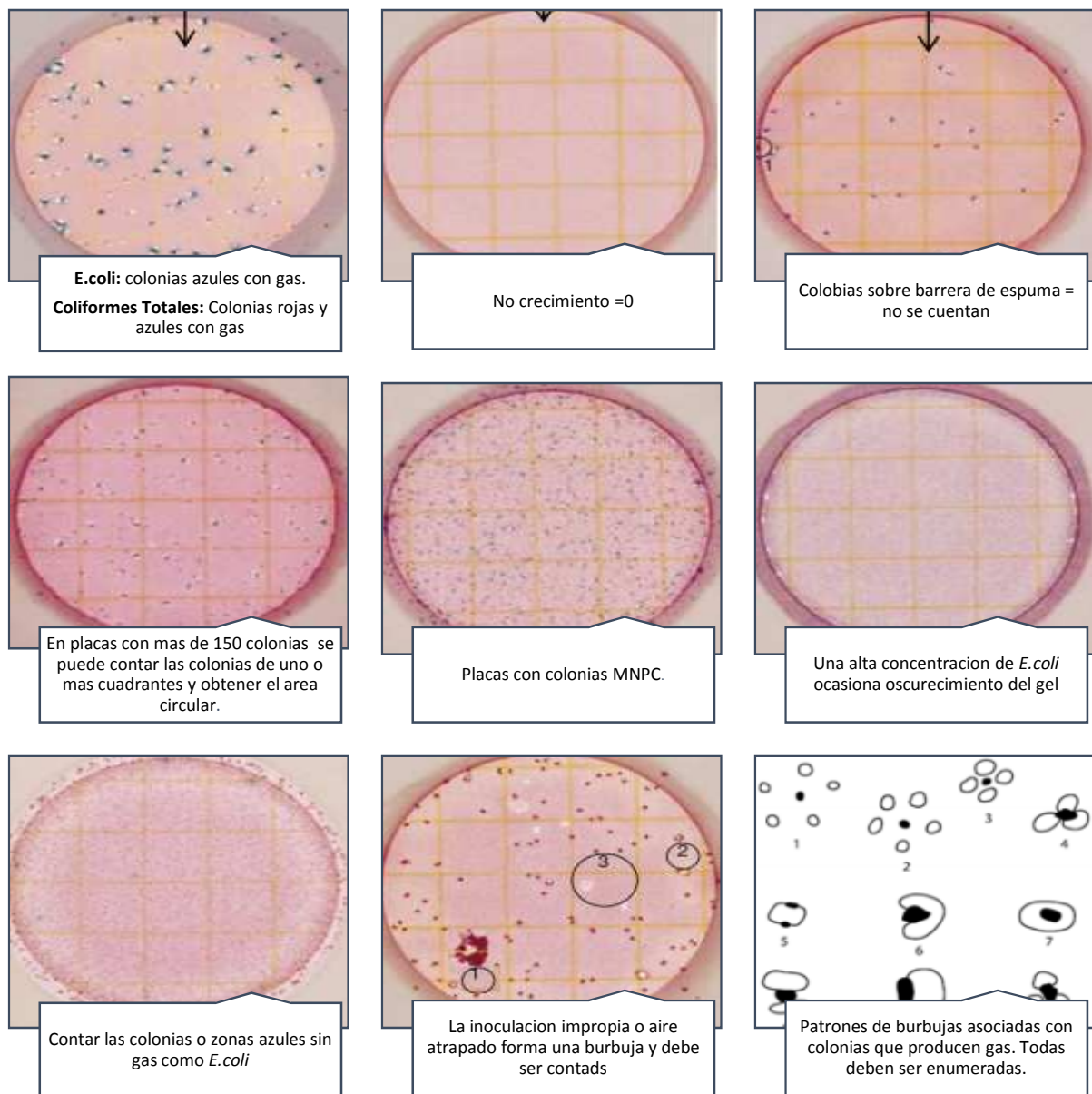


Figura 5. Interpretación de cajas Petrifilm™ para el recuento de *E.coli* y coliformes totales

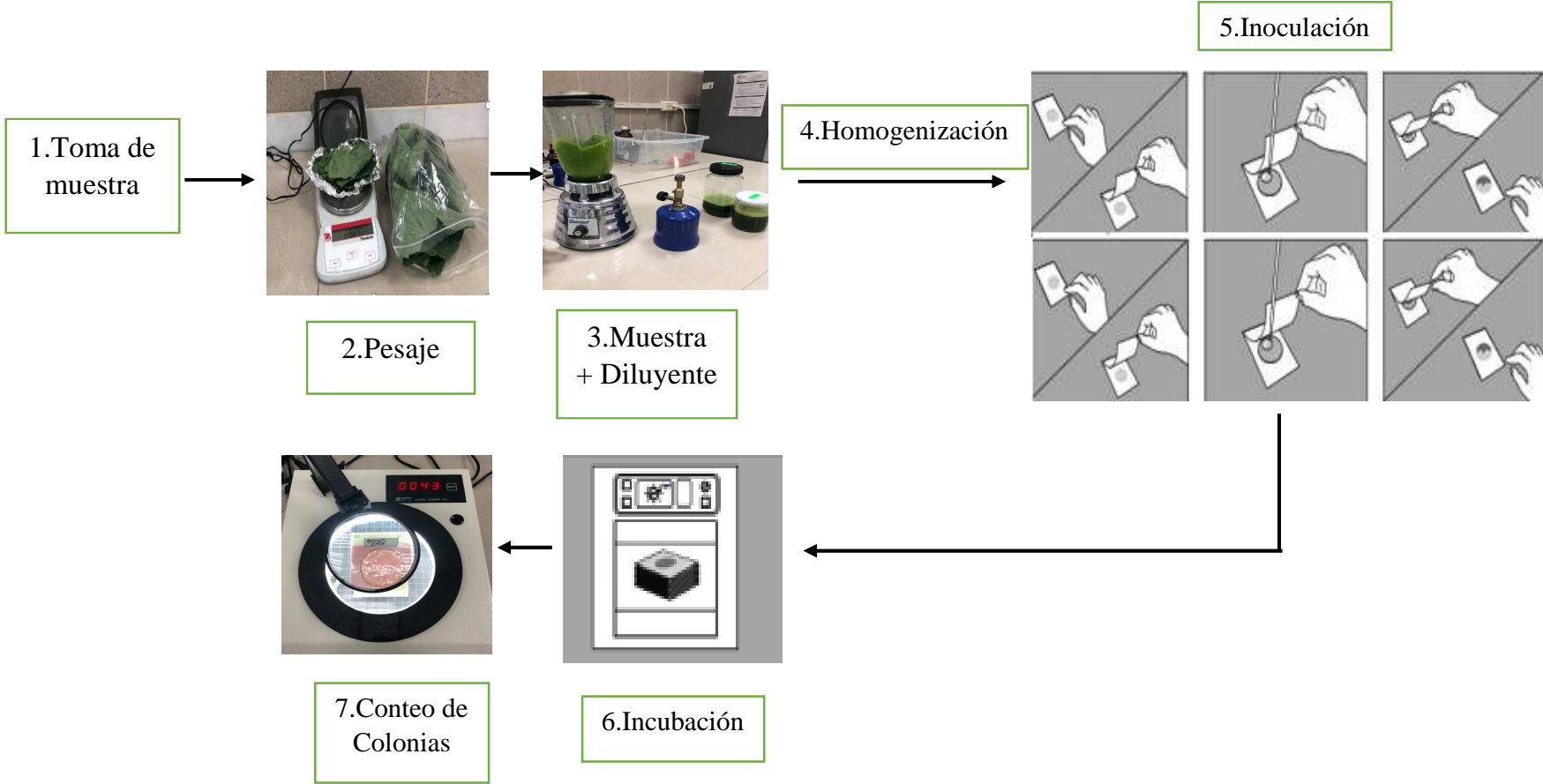
Fuente: (3M, 2015)

2.5.6. Normativa para la contaminación microbiológica en hortalizas.

Vélez & Ortega (2013), plantean que en Ecuador la norma INEN no establece los límites permisibles con respecto a los criterios microbiológicos para hortalizas, por lo que se puede tomar como base la Normativa a la recopilación Internacional de Normas Microbiológicas y Asimilados de Moragas et al. (2019), que establecen los parámetros para coliformes totales y *E. coli*.

La normativa mencionada anteriormente establece que los niveles de aceptabilidad para coliformes totales y *E. coli* en hortalizas son de $10^2 - 10^4$ y $10 - 10^2$ UFC/g respectivamente. De lo cual podemos deducir que valores que estén por debajo de estos límites y dentro de los mismos se consideran aceptables y los valores que sobrepasen estos límites como no aceptables.

Flujograma de determinación de coliformes totales y *E.coli*.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo muestra la metodología que se utilizó para la ejecución del presente trabajo. Se consideraron y desarrollaron los siguientes componentes metodológicos: se definió tanto la población de estudio con respecto a la educación ambiental, así como el número de muestras de hortalizas y plantas ornamentales para cada uno de los análisis de laboratorio. Además, se definieron las técnicas utilizadas en el laboratorio y las técnicas estadísticas utilizadas para el análisis de datos. Es así como la implementación de la educación ambiental se la realizó siguiendo la metodología de García & Priotto, (2009), en donde señala las etapas a cumplir cuando se va a iniciar un proyecto. Además, para el recuento de *E. coli*/ coliformes totales se obtuvo aplicando la técnica de las placas Petrifilm, la cantidad de captura de carbono mediante la relación (biomasa, peso fresco, peso seco) y la concentración de Pb aplicando la técnica del IPC.

3.1. Ejecución de la educación ambiental.

El proyecto se realizó en cinco instituciones educativas pertenecientes al Distrito Norte de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, mediante la autorización de los directores de cada establecimiento educativo.

Para realizar la educación ambiental en las instituciones educativas, se siguió la metodología de (García & Priotto, 2009), que señala que todo proyecto que se vaya a iniciar debe ser ejecutado en forma esquemática, es decir identificando cuatro fases: diseño, implementación, evaluación y comunicación.

3.1.1. Diseño

En la fase de diseño del proyecto, se identificaron cinco instituciones educativas que pertenecen al Distrito Norte de la ciudad de Cuenca en donde se realizaron los convenios interinstitucionales para las escuelas: Unidad Educativa “Julio María Matovelle”, Escuela de Educación Básica Federico Proaño, Unidad Educativa “Tres de Noviembre”, Escuela de Educación Básica Cristo Rey y Unidad Educativa “Francisca Dávila”. Contando con la aprobación de los directores de las instituciones educativas, para realizar el proyecto en las instituciones que ellos dirigen, se formaron grupos de trabajos con los estudiantes y se estableció un cronograma de actividades, de la siguiente manera:

- En la Unidad Educativa “Julio María Matovelle”, se trabajó los días viernes de 11:30 am a 12:30 pm con estudiantes de quinto año de educación básica, dirigido por la Lda. Verónica Bernal.
- En la Escuela de Educación Básica “Federico Proaño”, se trabajó los días jueves de 4:30 pm a 5:30 pm con un grupo de estudiantes de octavo año de educación básica, dirigido por la Lda. Jessica Valdivieso.

- En la Unidad Educativa “Tres de Noviembre”, se realizó el proyecto los días martes de 9:00 am a 10:00 am con los estudiantes de sexto año de educación básica, conjuntamente con el Lic. Mauricio Orellana coordinador del proyecto TINI (Tierra de niñas, niños y jóvenes para el buen vivir).
- En la Escuela de Educación Básica Particular “Cristo Rey”, se colaboró con el proyecto TINI que realizaba la institución con la participación de los estudiantes de sexto año de educación básica, bajo la coordinación de la Lda. Érika Carrión, los días lunes de 9:00 am a 10:00 am.
- En la Unidad Educativa “Francisca Dávila de Muñoz”, se trabajó con los estudiantes de quinto año de educación básica paralelo “A” y “B”, los días jueves de 11:30 am a 12:30 pm, conjuntamente con las maestras, la Lda. Gloria Vega y Lda. Magdalena Pesantez.

3.1.2. Implementación

En la fase de implementación, se realizó las capacitaciones a los estudiantes de las cinco instituciones educativas, fomentando la educación ambiental sobre temas de agricultura urbana, buenas prácticas agrícolas, principios IAR-FAO, etc, con la finalidad de crear conciencia ambiental en niños y jóvenes, para que puedan tomar acciones ante los problemas ecológicos que enfrenta el planeta y, además, impulsar actitudes positivas sobre la seguridad alimentaria y nutrición. Los temas expuestos a los estudiantes de las cinco instituciones educativas se desarrollan en la tabla 10.

Tabla 10. *Temas tratados en las capacitaciones realizadas en cada institución educativa.*

Actividades	Temática
Socialización del proyecto.	Explicación del proyecto a los estudiantes. Etapas del Proyecto.
Capacitación de temas básicos como guía y explicación de la agricultura urbana y sus beneficios.	Concepto de Agricultura Urbana y Huerto Urbano. Beneficios del Huerto Urbano. Importancia de tener un huerto en casa. Tipos de huertos. Etapas del huerto urbano: - preparación del terreno. - siembra. - riego. - cosecha.
Capacitación sobre buenas prácticas culturales y técnicas de cultivo.	Técnicas de cultivo. Labores culturales y cuidado del huerto. Buenas Prácticas Agrícolas. Pilares de las buenas prácticas agrícolas: - inocuidad de los alimentos. - seguridad alimentaria.
Capacitación sobre los Principios para la Inversión Responsable en la Agricultura y los sistemas alimentarios (IAR-FAO).	Principios para la Inversión Responsable en la Agricultura y los sistemas alimentarios: - Principio 1: Contribuir a la salud alimentaria y nutrición. - Principio 2: Contribuir al desarrollo económico sostenible e inclusivo y a la erradicación de la pobreza. - Principio 3: Fomentar la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres. - Principio 4: Potenciar la participación y el empoderamiento de los jóvenes. - Principio 8: Promover sistemas agrícolas y alimentarios inocuos y saludables.

Fuente: Autoras

Las capacitaciones realizadas en las instituciones educativas se detallan a continuación:

Primera capacitación: se socializó el proyecto a estudiantes y directivos, las etapas en que se va a llevar a cabo (preparación del suelo, siembra, riego, manejo de plagas y cosecha) y también se indicó las especies vegetales que se van a cultivar.



Figura 6. Socialización del proyecto “Huertos urbanos”.

Fuente: Autoras

Segunda capacitación: Se realizó una capacitación sobre los conceptos de agricultura urbana, beneficios de la agricultura urbana, importancia de tener un huerto en casa. Dicha capacitación se realizó con éxito, debido a la participación constante de los estudiantes mostrando interés a los temas tratados sobre la agricultura urbana.



Figura 7. Capacitación sobre la agricultura urbana.

Fuente: Autoras

Tercera capacitación: En esta capacitación se trató temas de buenas prácticas culturales, técnicas de cultivo y cuidado de un huerto; y al finalizar la actividad se realizó una visita al huerto urbano para poner en práctica los temas tratados en el aula.



Figura 8. Capacitación y visita al huerto con la participación de los estudiantes.

Fuente: Autoras

Cuarta capacitación: Se realizó un taller sobre los Principios para la Inversión Responsable en la Agricultura y los sistemas alimentarios (IAR-FAO) contando con la participación activa de niños, niñas y adolescentes de cada institución educativa de estudio.



Figura 9. Taller sobre los principios IAR-FAO.

Fuente: Autoras

3.1.3. Actividades realizadas para impulsar los principios IAR-FAO.

Tabla 11. *Matriz de actividades para impulsar los principios IAR-FAO.*

Objetivo	Actividad	Participantes	Evidencia
Aportar a la Seguridad Alimentaria y la Nutrición (principio 1 de IAR-FAO).	Capacitaciones (Agricultura Urbana). Salida pedagógica al “Huerto Agroecológico San Joaquín”.	Estudiantes Profesores	Fotos
Colaborar al desarrollo económico sostenible e inclusivo y a la erradicación de la pobreza (principio 2 de IAR-FAO).	Socialización sobre los beneficios de los huertos urbanos. Incentivando la participación de niños y adolescentes en la práctica de agricultura urbana.	Estudiantes Profesores	Fotos
Impulsar la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres (principio 3 y 4 de IAR-FAO).	Socialización dinámica de los principios 3 y 4 IAR-FAO. Ruleta de la suerte.	Estudiantes (hombres mujeres)	Fotos Lista de estudiantes.
Impulsar sistemas agrícolas y alimentarios inocuos y saludables (principio 8 de IAR-FAO).	Actividades del huerto urbano. Socialización de resultados.	Estudiantes Profesores	Fotos Huerto Urbano
Elaborar una cartilla de educación ambiental bajo los principios IAR-FAO.	Redacción de una cartilla ambiental dirigido a los estudiantes de las cinco instituciones educativas.	Tesistas Estudiantes	Cartilla Ambiental Fotos

Fuente: Autoras

Debido a que algunos de nuestros objetivos específicos fue impulsar los principios IAR-FAO, ya que estos tienen como finalidad la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios, los mismos que aportan a la seguridad alimentaria y la nutrición respaldando y garantizando de esta manera el derecho a una alimentación adecuada, se trabajó con los estudiantes de las cinco instituciones educativas con actividades lúdicas que permitieron ampliar su visión y conocimiento sobre una agricultura sostenible y una alimentación sana, las mismas que se detallan a continuación.

1. Ruleta de la suerte.

El objetivo de esta actividad fue facilitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes ampliando sus conocimientos en agricultura urbana a través del juego. Como primer punto se fabricó un círculo de madera dividido en ocho partes iguales, para su mejor apreciación se pintó cada división de un color diferente, se colocó además una base de madera para poder girar con facilidad, además se agregó una flecha la cual marcará el tema a tratar como se pueda apreciar en la figura 10.



Figura 10. Ruleta de la suerte para impulsar los Principios IAR-FAO.

Fuente: Autoras

Se eligió a 10 estudiantes, 5 niños y 5 niñas para hacer girar la ruleta; cada uno giró la ruleta y en donde señalaba la flecha, era el tema sobre el cual iba hablar como se puede observar en la figura 11.



Figura 11. Participación de los estudiantes en la ruleta de la suerte.

Fuente: Autoras

2. Sopa de letras.

La sopa de letras es una cuadrícula geométrica llena de diferentes letras al azar, la cual tiene múltiples beneficios para los estudiantes como potenciar la inteligencia, la capacidad de concentración y previene la pérdida de memoria (Gramunt, 2010). Esta actividad se entregó a cada estudiante una hoja con la sopa de letras en la cual tenían que descubrir un número determinado de palabras descritas en las indicaciones y colocar su significado, dicha actividad contaba con un tiempo determinado, el modelo de la misma podemos observar en el Anexo 1.



Figura 12. Estudiantes realizando la actividad de sopa de letras.

Fuente: Autoras

3. Salida pedagógica al “Huerto Agroecológico San Joaquín”.

Sauwens (1998), plantea que las salidas pedagógicas o prácticas de campo son un recurso didáctico metodológico de gran importancia en el hecho educativo: “Que enriquece la experiencia personal del alumno y no tiene que considerarse como una actividad extraordinaria, sino más bien una experiencia constructiva que refuerza la parte teórica enseñada en clase” (Tenorio & Fuenmayor, 2018).

Además, cabe mencionar que las salidas pedagógicas rompen con la rutina habitual de las clases y trasladan el aprendizaje y el conocimiento al mundo real, por lo que son muy motivadoras para los alumnos. Por lo mencionado anteriormente se realizó una salida pedagógica con la colaboración de las instituciones educativas.

Gracias a la colaboración de los señores(ras) directores de las instituciones educativas se pudo gestionar los permisos respectivos para la salida pedagógica, la cual tuvo como destino la parroquia San Joaquín conocida como “La Huerta de Cuenca” por su gran producción y variedad en hortalizas, se visitó una huerta agroecológica para que los estudiantes tengan la oportunidad de ver, tocar y conocer de cerca la producción de hortalizas a gran escala, así también el propietario del huerto les dotó de sus conocimientos, experiencias y saberes sobre una agricultura ecológica que da como resultado alimentos nutritivos, que hoy en día son elementos indispensables para un buen desarrollo del ser humano.

En esta salida se tuvo la oportunidad de que los estudiantes reforzaran lo aprendido en las capacitaciones y se abordó los siguientes temas:

- ¿Qué es la agricultura urbana? (Diferencia con la agricultura de campo)
- Etapas de la agricultura urbana (siembra, riego, manejo de plagas, etc.)
- Elaboración de abono orgánico.
- La importancia de consumir alimentos orgánicos.

En esta salida se pudo observar los tipos de hortalizas, plantas frutales, plantas medicinales sembradas en los huertos, así como también se pudo ingresar a un invernadero en el cual existían una gran variedad de plantas. De esta manera se incentivó a los estudiantes a realizar los huertos en casa, con productos orgánicos para garantizar la seguridad alimentaria y evitar los posibles daños a la salud humana al consumir productos que contienen contaminantes (insecticidas, plaguicidas, etc.).



Figura 13. Visita al huerto agroecológico de la Unidad Educativa Francisca Dávila de Muñoz.

Fuente: Autoras



Figura 14. Visita al huerto agroecológico de la Unidad Educativa Julio María Matovelle.

Fuente: Autoras



Figura 15. Visita al huerto agroecológico de la Unidad Educativa Federico Proaño.

Fuente: Autoras

4. Elaboración de la cartilla de educación ambiental bajo los principios IAR-FAO.

El mundo actual requiere de la formación de seres humanos comprometidos con la seguridad alimentaria y nutrición, con el objetivo de garantizar el derecho a una alimentación adecuada. A través de la elaboración de este tipo de cartillas ambientales, se busca aportar en la formación de los estudiantes para que estos sean capaces de transformar su entorno a partir del fortalecimiento de los principios IR-FAO y que les permita asumir con responsabilidad social y ética su papel como individuos dentro de una sociedad en la que no existe suficiente cantidad de alimentos especialmente para la gente de bajos recursos económicos y en donde los alimentos consumidos con mayor frecuencia no son seguros y por ende no son nutritivos, esto ayudará al mejoramiento en la calidad de vida en cuanto a alimentación se refiere.

Cabe mencionar que el Estado tiene la obligación de velar que todas las personas tengan suficientes alimentos inocuos y nutritivos para poder satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, con el objetivo de llevar una vida activa y sana; ya que este es un derecho reconocido internacionalmente por los estados que conforman la FAO desde el año 2004.

Los objetivos de la Cartilla Ambiental se resumen en:

- Estimular el desarrollo de huertos agrícolas en las casas de los estudiantes.
- Despertar actitudes de interés sobre la agricultura urbana.
- Transmitir los conceptos básicos de seguridad alimentaria y nutrición.
- Resaltar la importancia de consumir alimentos sanos (orgánicos).
- Provocar un cambio de actitud en el comportamiento de los estudiantes y lograr un impacto positivo en la sociedad cuencana.

Esta cartilla estuvo dirigida a los estudiantes participantes del proyecto denominado “Huertos Urbanos” de las cinco instituciones educativas para que aprendan de una manera más rápida y sencilla sobre los principios IAR-FAO. El modelo completo de la cartilla ambiental se lo puede observar en el Anexo 2.



Figura 16. Cartilla ambiental bajo los principios IAR-FAO.

Fuente: Autoras

La cartilla se organizó en cinco secciones que corresponden a los cinco principios IAR-FAO en los cuales se enfocó el estudio. Cada sección incluye las características principales de cada principio, así como también de datos curiosos, importantes, y recomendaciones para la impulsar dichos principios. Además, se adjuntó un glosario para aclarar términos que aparecen a lo largo de la cartilla ambiental y de esta manera poder potenciar la seguridad alimentaria y nutrición. El contenido de la misma se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12. *Contenido de la cartilla ambiental dirigida a los estudiantes.*

Principio IAR-FAO.	Contenido en cada sección (principio).
PRINCIPIO 1: Contribuir a la seguridad alimentaria y la nutrición.	Características importantes del principio 1. Consejos útiles para desarrollar hábitos alimenticios saludables. Higiene de los alimentos. Almacenamiento y conservación de alimentos. Enfermedades de transmisión por vía alimentaria.
PRINCIPIO 2: Contribuir al desarrollo económico sostenible e inclusivo y a la erradicación de la pobreza.	Características principales del principio 2. Agricultura Urbana (concepto, etapas, consejos para su implementación).
PRINCIPIO 3: Fomentar la igualdad de género y empoderamiento de las mujeres.	Características relevantes del principio 3. Importancia de la igualdad de género. Datos curiosos sobre la desigualdad de género. ¿Qué se puede realizar para minimizar la desigualdad de género?.
PRINCIPIO 4: Potenciar la participación y el empoderamiento de los jóvenes.	Características principales del principio 4. Estrategia para la juventud del PNUND (2014-2017). Juventud empoderada, futuro sostenible. Datos Curiosos.
PRINCIPIO 8: Promover sistemas agrícolas y alimentarios inocuos y saludables.	Aspectos relevantes del principio 5. Entornos alimentarios y alimentación escolar.

Fuente: Autoras

Por el cumplimiento al último objetivo planteado en nuestro estudio se realizó la entrega de una “Cartilla ambiental bajo los principios IAR-FAO” a cada grado participante de las cinco instituciones educativas del presente proyecto.



Figura 17. Entrega de la "Cartilla ambiental bajo los principios IAR-FAO" a los estudiantes.

Fuente: Autoras

3.1.4. Evaluación

Se elaboró un crucigrama como un instrumento de evaluación dirigido a los estudiantes de las cinco instituciones educativas, con el objetivo de verificar los conocimientos que se adquirió, en todo el transcurso de las capacitaciones realizadas. El cual estuvo enfocado en temas de agricultura urbana y los principios IAR-FAO, se entregó una hoja a cada estudiante y se dio una explicación breve, indicando un límite de tiempo para realizar esta actividad de 30 minutos. El modelo de evaluación se observa en el Anexo 3.



Figura 18. Crucigrama para la evaluación de los estudiantes.

Fuente: Autoras

La evaluación es un factor inherente en el proceso de formación personal de un estudiante, cuyo objetivo es informar los avances o limitaciones del alumno sobre un tema expuesto a lo largo de un determinado periodo de tiempo. Por lo expuesto anteriormente, se hizo indispensable la valoración de los temas expuestos a los estudiantes sobre el proyecto en mención, para conocer el nivel de captación de los mismos.

Para la valoración de cada uno de los ítems presentados en el crucigrama se utilizó la escala ordinal debido a que está nos permite asignar un orden (jerarquizar) a los datos obtenidos además de que este tipo de escala trabaja con datos cualitativos como es nuestro caso. Para lo cual se asignó una valoración de 1 a 4, siendo 1 valoración deficiente y cuatro una valoración excelente como se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 13. *Valoración del nivel de entendimiento de los estudiantes.*

Valor	Característica	Medición
1	El estudiante no logró alcanzar un conocimiento óptimo.	Deficiente
2	El estudiante logró alcanzar parcialmente un conocimiento óptimo.	Regular
3	El estudiante logra casi satisfactoriamente alcanzar un nivel óptimo de comprensión.	Buena
4	El estudiante logra alcanzar satisfactoriamente un nivel excelente con respecto a su comprensión.	Excelente

Fuente: Autoras

Con los mismos criterios se realizó una comparación del nivel de captación de la información impartida a los estudiantes de las cinco instituciones educativas durante el presente estudio, para luego realizar un posterior análisis.

3.1.5. Comunicación

Esta fue la última etapa para concluir con la implementación de la educación ambiental en las instituciones educativas, en la que se socializó a los estudiantes y docentes participantes del proyecto las principales conclusiones del estudio.

- Con respecto a el análisis microbiológico se explicó que no hubo presencia de *E. coli* en ninguna de las muestras. Se indicó además que se evidenció la presencia de coliformes totales pero que estaban bajo los límites permisibles.
- Se mostró graficas comparativas entre los cajones con hortalizas y los cajones con ornamentales en donde se concluyó que la planta lengua de suegra logró la fijación de CO₂ impidiendo que las hortalizas se contaminen.
- Con respecto al análisis de plomo se indicó que los resultados variaron entre escuelas debido que algunas presentaron concentraciones bajas, pero hubo también la presencia de concentraciones que estuvieron sobre los límites permisibles. Por lo que se argumentó que esta variabilidad de resultados se debe al tipo de sustrato que se utilizó en cada institución.



Figura 19. Comunicación de resultados del proyecto “Huertos urbanos” a los estudiantes y docentes.

Fuente: Autoras

3.2. Fase de campo: implementación del huerto urbano.

3.2.1. Preparación del terreno.

Cada institución educativa asignó un área específica para la elaboración de los huertos, solo una institución educativa contó con un terreno para la siembra del huerto, por lo contrario en las otras cuatro instituciones se tuvo que realizar cajoneras como se detalla a continuación.

Construcción de cajoneras.

Las instituciones educativas que no contaban con un terreno para la elaboración de los huertos se detallan en la tabla 14, por lo que se dispuso la construcción de las cajoneras que tuvieron una dimensión de 3.5 metros de largo por 2 metros de ancho y 20 cm de altura en las cuales según los cálculos realizados se podría sembrar hasta 50 plantas a una distancia de 40 cm. Para la elaboración de las cajoneras se utilizó los siguientes materiales: tablas de madera, tiras de madera, clavos, etc.



Figura 20. Construcción de cajoneras de madera.

Fuente: Autoras

Cada institución educativa contó con dos cajoneras de madera, una cajonera asignada para la siembra de hortalizas y la segunda cajonera para la siembra de hortalizas con una cortina de ornamentales.

Ubicación del huerto.

Tabla 14. *Ubicación de las cajoneras de madera en los Centros Educativos.*

Institución	Ubicación
Escuela de Educación Básica Cristo Rey.	Se colocó las cajoneras en el patio posterior de la institución.
Unidad Educativa “Francisca Dávila de Muñoz”.	Se ubicó las cajoneras en patio interno de la institución.
Unidad Educativa “Tres de Noviembre”.	Se colocó en la entrada de la institución, fue un sitio estratégico ya que estaba en contacto con las calles principales de dicha escuela.
Escuela de Educación Básica “Federico Proaño”.	Se ubicó las cajoneras en la parte interna de la escuela sobre una terraza cerca de las calles.

Fuente: Autoras

Limpieza del terreno.

Solo una institución educativa contó con un espacio de tierra destinado para el huerto escolar, en donde se asignó dos parcelas para la implementación de nuestro proyecto, antes de la siembra fue necesario realizar una limpieza del terreno, que se llevó cabo en dos días, el primer día se contó con la colaboración de los padres de familia de la institución, quienes con picos y palas procedieron a la limpieza del terreno; el segundo día se trabajó con los estudiantes en actividades de adecuación del terreno, midiendo el área del terreno que iba a ser utilizada para las dos parcelas en la cual se puso estacas para limitar cada una de ellas, además se procedió a la realización de los surcos para que estén listos para el trasplante para la siembra de hortalizas y ornamentales. Como se puede observar en la figura 21.



Figura 21. Limpieza y preparación del terreno en la escuela Julio María Matovelle.

Fuente: Autoras

Ubicación del huerto.

En la Tabla 15 se puede apreciar la ubicación del huerto para la siembra de las dos parcelas de hortalizas que fue dispuesta por las autoridades de la institución en mención.

Tabla 15. Ubicación de las parcelas para la siembra de hortalizas.

Institución	Ubicación
Unidad Educativa “Julio María Matovelle”.	Es importante señalar que esta fue la única institución que conto un terreno para la siembra del huerto. Se ubicó las parcelas en un terreno ubicado en la parte posterior a la institución.

Fuente: Autoras

Con respecto al sustrato que se utilizó para la siembra de los cultivos, se compró una volqueta de ocho metros cúbicos de tierra negra del cerro, el mismo que fue mezclado con 20 sacos de humus de lombriz para que tenga más nutrientes. De la cual se guardó una muestra para el posterior análisis de la concentración de plomo de dicho sustrato. Como se lo puede visualizar en la figura 22.



Figura 22. Sustrato utilizado para la siembra de los huertos urbanos.

Fuente: Autoras

3.2.2. Siembra

La siembra se la realizó en cinco instituciones educativas ubicadas en el Distrito Norte de la ciudad de Cuenca, en las cuales se colocó dos cajoneras; la primera cajonera constó de cuatro especies de hortalizas y la segunda cajonera costo de las mismas cuatro especies de hortalizas, pero se le agregó una cortina de plantas ornamentales. La técnica de cultivo utilizada en las cinco instituciones educativas fue bloques al azar (DBA), que consiste en sembrar 48 plantas de hortalizas distribuidas en cuatro tratamientos que contienen tres repeticiones y cada tratamiento está conformado por cuatro hortalizas, dando una totalidad de doce bloques con una distancia de 40 cm, como se puede observar en la figura 23.



Figura 23. Distribución de las hortalizas en el huerto urbano.

Fuente: Autoras

3.2.2.1. Siembra de hortalizas.

Las especies de hortalizas sembradas fueron: col (*Brassica viridis*), brócoli (*Brassica oleracea Italica*), lechuga de repollo (*Lactruta sativa var. Capitata*), lechuga de hoja (*Lactuta sativa var, crispa*). Todas las plántulas fueron compradas en el mismo semillero para que todas tengan las mismas características biológicas y ambientales para que esto no altere posteriormente en los resultados en laboratorio. Se utilizaron plántulas de óptima calidad procedente de la parroquia de San Joaquín ya que este lugar es reconocido por su gran potencial en la producción de hortalizas.

Ubicados las cajoneras con su respectivo sustrato se procedió a la siembra. Como primer paso se realizó orificios en el sustrato tomando en cuenta la distancia de 40 cm entre cada planta para que sea mucho más fácil y rápido el proceso de trasplante por parte de los estudiantes, así como también para que haya una correcta distribución de las plantas, es importante señalar también que cada estudiante tuvo la oportunidad de sembrar una especie de cada planta como se lo puede observar en la figura 24.



Figura 24. Siembra de hortalizas en las cinco instituciones educativas.

Fuente: Autoras

Se realizó también unas breves indicaciones a los estudiantes sobre cultivo de hortalizas las cuales fueron de vital importancia para que las plántulas se desarrollen de forma óptima estas fueron:

- El trasplante debe realizarse a últimas horas de la tarde o bien a primeras horas de la mañana para evitar cualquier daño a la planta debido la radiación solar.
- Para el trasplante las plántulas deberán tener entre 4-5 hojas es decir cuando tienen bien desarrollado su sistema radicular.
- Se debe colocar la plántula en el orificio realizado cubrir con tierra y presionar ligeramente alrededor de la planta.
- Una vez la hortaliza sea trasplantada se le dará un riego abundante, esto ayudara a mantener la humedad del suelo hasta que las plantas empiecen a emitir nuevas raíces.

3.2.2.2. Siembra de hortalizas con cortina de plantas ornamentales.

En este caso se realizó la misma siembra de las mismas 48 hortalizas es decir de col (*Brassica viridis*), brócoli (*Brassica oleracea Italica*), lechuga de repollo (*Lactuca sativa var. Capitata*), lechuga de hoja (*Lactuca sativa var, crispa*). Pero en este caso se sembró doce plantas alrededor de las cajoneras estas fueron: seis plantas de lengua de suegra (*Sanseveira trifasciata*) y seis plantas de ajeno (*Parthenium hysterophous*) las cuales fueron colocadas alternadamente es decir un ajeno, una lengua de suegra, un ajeno hasta completar las 12 plantas, como se puede apreciar en la figura 25.

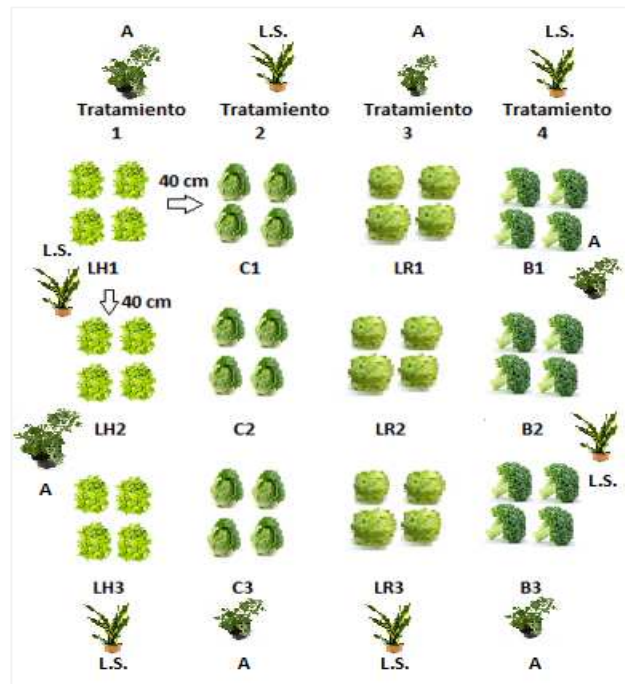


Figura 25. Distribución del huerto urbano con cortina de ornamentales.

Fuente: Autoras

3.2.3. Riego

El riego es un factor indispensable para la producción de hortalizas, debido a que las mismas lo necesitan para su crecimiento y desarrollo en niveles óptimos de agua en calidad, cantidad y aplicación oportuna (Rosales & Flores, 2017).

Es importante conocer la cantidad de agua adecuada para cada cultivo ya que la escasez o exceso de agua puede dañar el cultivo, puesto que si se riega en exceso el agua hace que los nutrientes del suelo se vayan al fondo y quedan fuera del alcance de las raíces, así como también mucha agua facilita el desarrollo de enfermedades. Por el contrario, si se riega muy poco, las raíces crecen solo en la superficie y no pueden aprovechar los nutrientes del suelo lo que causará que las plantas se queden pequeñas y tendrán poco rendimiento (Silva, 2017).

Tabla 16. Exceso y escasez de riego características.

Exceso de agua.	Escasez de agua.
Plántulas largas y delgadas.	Menor altura de planta.
Mayor exposición a las plagas.	Hojas de menor superficie.
Pudrición de las raíces.	Cambios de color (clorosis).
	Quemaduras marginales en las hojas.
	Menor crecimiento vegetativo.

Fuente: (INATEC, 2016)

Después del trasplante de las hortalizas se procedió a regar inmediatamente para que las plántulas tengan suficiente agua y puedan adaptarse de mejor manera al suelo promoviendo así que todas las plantas crezcan al mismo tiempo evitando la resiembra.

La periodicidad del riego dependió de las condiciones climatológicas de la ciudad de Cuenca, cabe señalar que en los meses de realización del proyecto (octubre, noviembre, diciembre) la mayor parte del tiempo las condiciones fueron adversas debido a que habían muchas horas de sol y poca precipitación por lo que se estableció regar los cultivos tres veces por semana una vez al día.

El riego se lo realizó con manguera esta es una técnica muy frecuentemente usada para huertos urbanos o huertos escolares ya que son huertos pequeños, evitando que el agua caiga desde muy alto para impedir daños en la planta, pero teniendo en cuenta que el agua llegue hasta las raíces evitando un riego solo superficial.



Figura 26. Riego de los huertos urbanos con la participación de estudiantes.

Fuente: Autoras

Para el riego se tomó en cuenta algunos factores que se detallan a continuación:

- Tipo de cultivo: En este caso hortalizas de hojas anchas y jugosas como son la lechuga, la col y el brócoli, las cuales necesitan alrededor de dos litros de agua por planta.
- Tipo de recipiente para la siembra: Las hortalizas cultivadas en mesas de cultivo (cajones de madera) tienen una mayor evaporación debido a que el recalentamiento del sol es mayor por lo que estas van a requerir riegos más frecuentes.
- Profundidad: Cuando menos profunda sea la tierra con más frecuencia debemos de regar.

Con respecto al riego una variable fundamental es la hora de riego, porque si se riega al medio día las plantas se queman debido a que las gotas de agua sobre las hojas reflejan al sol como un vidrio y las queman, además que si se riega al medio día es posible que el 90% del agua se evapore, por lo que se procedió a regar en las mañanas o al atardecer.

3.2.4. Control preventivo de malezas y aporque.

Cerna (2007), afirmó que se considera a una planta como maleza cuando se presenta de forma indeseada compitiendo u obstaculizando el normal crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas.

Así también, algunos autores como León, Díaz & Cea (2004), afirman que el aporque tiene diferentes propósitos, acercar suelo enriquecido con nutrientes al pie de las plantas, facilitar el drenaje, optimizar la aireación alrededor de las plantas, disminuye el ataque de enfermedades y sirve de apoyo a ciertos sembríos cuyo sistema radical no es fuerte.

Por lo expuesto anteriormente se realizó el aporque y control de malezas en las hortalizas con la intención de atender sus necesidades biológicas para su correcto desarrollo, como se puede observar en la figura 27.



Figura 27. Aporque y desmalezado de las hortalizas.

Fuente: Autoras

3.2.5. Manejo y control de plagas.

En algunas instituciones educativas se dio la presencia de plagas y enfermedades, por lo que se realizó un plan de manejo de los mismos, el cual costo de las siguientes etapas:

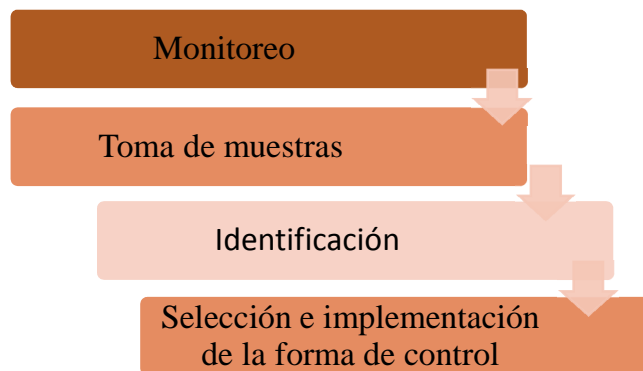


Figura 28. Etapas para el manejo de plagas y enfermedades.

Fuente: (Céspedes, 2012)

El primer paso para el manejo efectivo de plagas y enfermedades fue empezar a monitorear los cultivos en el cual se obtuvo información relevante como por ejemplo tipo de daño, distribución del daño en las plantas, identificación de síntomas y signos, sabiendo que la planta puede tener un daño abiótico producido por componentes físicos y químicos, así como también un daño biótico producido por componentes macrobióticos (animales, hongos, bacterias, etc.). Como segundo paso se procedió a la toma de muestra específicamente de las hojas afectadas, las cuales se las llevó a laboratorio para su posterior análisis. El tercer paso fue la identificación de la plaga o enfermedad para esto se tuvo que realizar una investigación de bibliografía exhaustiva tomando como referente la muestra tomada.

Como podemos observar en la figura 29 se pudo identificar la presencia de una plaga y una enfermedad en las hortalizas, con respecto a la plaga se pudo identificar la presencia de pulgón de col o repollo (*Brevicoryne brassicae*). Así también se identificó una enfermedad que afecto principalmente a las lechugas que fue el moho gris de la hoja (*Botrytis cinérea*) este es un hongo que puede aparecer en cualquier fase vegetativa del cultivo de la lechuga, suele estar vinculado con el exceso de humedad, los síntomas comienzan en las hojas más viejas con unas manchas de aspecto húmedo que se tornan amarillas y seguidamente se cubren de un moho gris.



Figura 29. Identificación de la plaga pulgón de col y enfermedad moho gris de la hoja.

Fuente: Autoras

Luego de tener identificado la plaga y enfermedad se implementó un método de control, que consistió en la aplicación de un bioinsecticida orgánico conocido como “extracto alcohólico de ajo y ají”, los ingredientes para la preparación de un litro de bioinsecticida fueron:

- 50 gramos de ajo.
- 50 gramos de ají picante.
- 1 litro de alcohol etílico de 90°.

Preparación:

Moler los ajos y ajís con la ayuda de un mortero, luego macerarlos en un litro de alcohol de 90° durante 7 días. Posteriormente filtrar el material para eliminar las partes gruesas del ajo y el ají. Finalmente se almaceno en un recipiente hermético. Este tipo de insecticida actúa por contacto y como fagorepelente, la dosis recomendado para utilizarlo es de 5 a 7 ml por litro de agua con una frecuencia de entre cinco a siete días. Para la elaboración de este bioinsecticida orgánico se apoyó en la metodología de (IPES & FAO, 2010).

Todo este proceso se explicó y desarrollo ampliamente con los estudiantes, tanto de manera teórica y práctica, como resultado se obtuvo un bioinsecticida orgánico que fue aplicado con la ayuda de los estudiantes como se puede apreciar en la figura 30.



Figura 30. Aplicación del bioinsecticida orgánico por parte de los estudiantes.

Fuente: Autoras

3.2.6. Cosecha

La cosecha de las hortalizas se lo realizó aproximadamente a los tres meses desde la siembra es decir en el mes de enero, contando con la participación de los estudiantes.



Figura 31. Cosecha de cultivos con la participación de los estudiantes.

Fuente: Autoras

3.2.7. Medición de los cultivos.

Se utilizó el análisis tradicional el cual plantea tomar datos en función del tiempo, en este caso se tomó muestras cada semana de las dos cajoneras tanto de la cajonera en la que se sembró solo hortalizas y la cajonera que tenía las hortalizas, pero con una cortina de ornamentales. La medición se la realizó con ayuda de una regla y a medida que las hortalizas crecían con un flexómetro como se puede observar en la figura 32.



Figura 32. Medición de la altura, ancho y número de hojas.

Fuente: Autoras

3.3. Fase experimental: análisis de laboratorio.

3.3.1. Análisis microbiológico.

Para realizar el análisis microbiológico de las muestras vegetales, se siguió la metodología expuesta por (Vélez & Ortega, 2013) citado en Galarza (2017), que consiste en la utilización de placas Petrifilm™ para el recuento de *E. coli* y coliformes.

Las Placas Petrifilm para el recuento de *E. coli* y coliformes, “contienen nutrientes de Bilis Rojo-Violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias. La mayoría de las *E. coli* (cerca del 97%) produce beta-glucuronidasa, la que a su vez produce una precipitación azul asociada con la colonia. La película superior atrapa el gas producido por *E. coli* y coliformes fermentadores de lactosa” (3M, 2015).

3.3.1.1 Materiales y medios de cultivo.

Tabla 17. Materiales y medios de cultivo para el análisis microbiológico.

Materiales	Medios de cultivo.
Alcohol.	Placas Petrifilm™ para <i>E. coli</i> /coliformes.
Algodón.	Agua de peptonación al 0,1 %.
Papel aluminio.	
Balanza.	
Licuada.	
Agua destilada.	
Frascos homogenizadores.	
Mechero bunsen	
Probeta 250 ml.	
Matraz de erlenmeyer 250 ml.	
Micropipeta.	
Puntas azules.	
Dispensor.	
Contador de colonias.	

Fuente: Autoras

3.3.3.2. Toma de la muestra.

Las muestras fueron tomadas de cada huerto de las cinco instituciones educativas de estudio, en fundas estériles de cierre hermético colocando sus respectivas etiquetas, para luego transportar a los laboratorios de ciencias de la vida de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca para su respectivo análisis, como se puede evidenciar en la figura 33.



Figura 33. Toma de muestras para el análisis microbiológico.

Fuente: Autoras

3.3.3.3. Preparación de la muestra.

1. Se pesó 25 g de cada especie vegetal muestreada.



Figura 34. Pesado de las muestras.

Fuente: Autoras

2. Se procedió a preparar 225 ml de agua de peptona al 0,1 %.



Figura 35. Preparación del agua de peptona.

Fuente: Autoras

3. El agua de peptona preparada se esterilizó en la autoclave del laboratorio, colocando en los frascos homogeneizadores.



Figura 36. Esterilización en autoclave.

Fuente: Autoras

4. Finalmente se realizó la homogenización de la muestra vegetal con el agua de peptona al 0,1 % utilizando una licuadora.



Figura 37. Homogenización de la muestra.

Fuente: Autoras

3.3.3.4. Inoculación e incubación.

1. Colocar la placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada, con su respectiva etiqueta.



Figura 38. Etiquetado de las placas Petrifilm.

Fuente: Autoras

2. Levantar la película superior de la placa Petrifilm y colocar 1 ml de la muestra en el centro de la película inferior con una micropipeta.



Figura 39. Inoculación de la muestra.

Fuente: Autoras

3. Bajar cuidadosamente la película superior sobre la muestra, para evitar la formación de burbujas de aire y colocar un dispersor plano en el centro de la placa Petrifilm y presionar firmemente para distribuir la muestra de manera uniforme.

4. Retirar el dispersor sin mover la placa Petrifilm para permitir la formación del gel durante un minuto aproximadamente, para enseguida llevar a la estufa a realizar el proceso de incubación a 37 °C de temperatura durante un tiempo de 24 horas para realizar el recuento de coliformes y 48 horas para el recuento de *E. coli*.

3.3.3.5. Recuento de colonias.

Una vez transcurrido el tiempo de incubación se realizó el recuento de las colonias, teniendo en cuenta que las colonias azules con gas corresponden a *E. coli* y las colonias rojas corresponden a coliformes totales.



Figura 40. Recuento de colonias formadas.

Fuente: Autoras

3.3.3.6. Cálculos

Para la interpretación de los resultados obtenidos se utilizó la siguiente fórmula expuesta por (3M, 2015).

$$N = \sum C * f = UFC/gr$$

Donde:

N = Numero de UFC por gramos

$\sum C$ = Suma de las colonias en las placas

f = Factor de disolucion utilizado

$f = 10$

3.3.2. Captura de CO₂.

Para determinar la cantidad de carbono contenida en las especies vegetales cultivados en los huertos urbanos, se aplicará la metodología de una investigación sobre el Monitoreo de Diversidad Vegetal y Carbono en Bosques Andinos realizado por (Osinaga et al., 2014) citado en Galarza (2017).

3.3.3.7. Toma y preparación de la muestra.

1. Cosechar las hortalizas con la raíz y pesar (peso fresco).



Figura 41. Peso fresco de la muestra.

Fuente: Autoras

2. Tomar una submuestra de 20g y guardar en fundas estériles de cierre hermético, para llevarlas al laboratorio (peso fresco).



Figura 42. Peso fresco de la submuestra.

Fuente: Autoras

3. Secar en la estufa a una temperatura de 60 °C durante 24 horas hasta alcanzar un peso constante (peso seco).



Figura 43. Secado de la muestra.

Fuente: Autoras

4. Calcular la cantidad de carbono secuestrado por cada muestra se aplica la siguiente fórmula:

$$B = \frac{PF_s}{PS_s} * PF_m$$

Donde:

B: Biomasa (Kg).

PF_s: Peso fresco de la submuestra (Kg).

PS_s: Peso seco de la submuestra (Kg).

PS_s: Peso seco de la submuestra (Kg).

PF_m: Peso fresco de la muestra (Kg).

3.3.3.8. Cantidad de Carbono.

Para determinar la cantidad de carbono secuestrado, se multiplica la biomasa por la fracción de carbono ($CF= 0.5$) como propone el grupo IPCC (Osinaga et al., 2014), el cual indica que el 50 % de la biomasa vegetal corresponda a la cantidad de carbono.

$$CC = B * CF$$

Donde:

$CC =$ Contenido de carbono en la muestra de la vegetacion no arborea KgC

$CF =$ Fracción de carbono = 0,5

3.3.3.9. Cantidad de CO₂ secuestrado.

De acuerdo al IPCC se estima que una tonelada de carbono es igual a 3,67 toneladas de CO₂, para determinar la cantidad de CO₂ secuestrado se utiliza la siguiente formula:

$$CO_2 = Kr * CC$$

Donde:

$CO_2 =$ Dióxido de carbono

$CC =$ Cantidad de carbono

$Kr =$ Factor de conversión = 3,67

3.3.3. Determinación de la concentración de plomo.

La determinación de trazas de plomo se realizó en muestras vegetales provenientes de los huertos urbanos, siguiendo la técnica del ICP- MS (Espectrometría de masas plasmática acoplada inductivamente).

3.3.3.10. Toma y preparación de la muestra.

Se recolectó 25 gr de cada especie vegetal en fundas estériles de cierre hermético, colocando sus respectivas etiquetas para ser transportado y acondicionado en el laboratorio de ciencias de la vida, de acuerdo al protocolo establecido en el manual de la FAO (2008), el mismo que indica que las muestras deben ser lavadas con agua, varias veces para la eliminación de impurezas en la superficie de la hoja; luego dar un lavado final con agua destilada y dejar escurrir las muestras a una temperatura ambiente en una atmósfera libre de polvo (Motsara & Roy, 2008).



Figura 44. Lavado de las muestras.

Fuente: Autoras

Posteriormente, se dejó secar las muestras en la estufa a 70 °C durante 48 horas.



Figura 45. Muestras secas.

Fuente: Autoras

Finalmente, se procedió a triturar las muestras secas con la ayuda de un mortero hasta conseguir un tamaño pequeño que facilite el proceso de digestión.

3.3.3.11. Digestión ácida de las muestras.

La digestión de las muestras se realizó en el equipo CEM-MARS6, que consiste en un sistema de microondas de digestión ácida, que contiene sensores integrados que reconocen el tipo de recipiente y el número de tubos digestores colocados en el equipo.



Figura 46. Equipo de digestión ácida CEM-MARS6.

Fuente: Autoras

Para realizar la digestión ácida con muestras sólidas, se pesa en la balanza analítica 0.5 gr de muestra triturada, las cuales son colocadas en tubos digestores del equipo y luego se llevó a la cámara de extracción de gases para adicionar 10 ml de ácido nítrico concentrado al 69 %, dejando actuar por unos minutos.



Figura 47. Colocación de 10 ml de HNO₃.

Fuente: Autoras

Se cerró herméticamente cada tubo para colocar en el sistema de digestión de microondas durante aproximadamente 30 minutos.

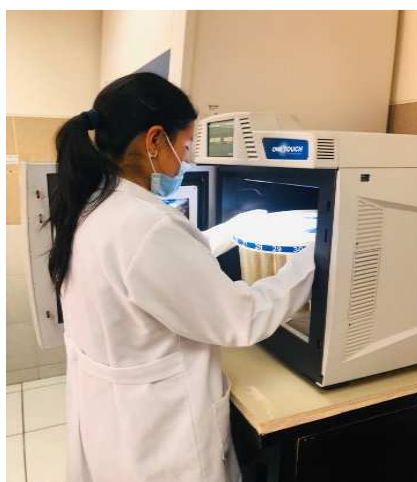


Figura 48. Digestión ácida de las muestras.

Fuente: Autoras

Después, se procedió a realizar los cálculos para determinar el volumen de ácido nítrico con que se desea preparar una solución concentrado al 2%, utilizando la siguiente ecuación:

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

Donde:

$C1 = \text{Porcentaje de pureza del HNO}_3 = 69\%$

$C2 = \text{Porcentaje a preparar la solución} = 2\%$

$V2 = \text{Volumen del balón de aforo en el que se va preparar la solución} = 1000 \text{ mL}$

$$69\% * V1 = 2\% * 1000 \text{ mL}$$

$$V1 = 28,98 \text{ mL}$$

Con el volumen encontrado, se procedió a preparar la solución de ácido nítrico concentrado al 2%, colocado 28,89 ml de ácido nítrico en un balón de aforo de 1000 ml y luego se aforo con agua ultrapura (agua Milli-Q).

Cuando finalizó el proceso de digestión de las muestras, se retiró los tubos del equipo y se colocó en la cámara de evaporación de gases, para abrir y dejar salir el vapor del ácido. Posteriormente se filtró la muestra en los balones de aforo, colocando papel filtro libre de metales en cada embudo.

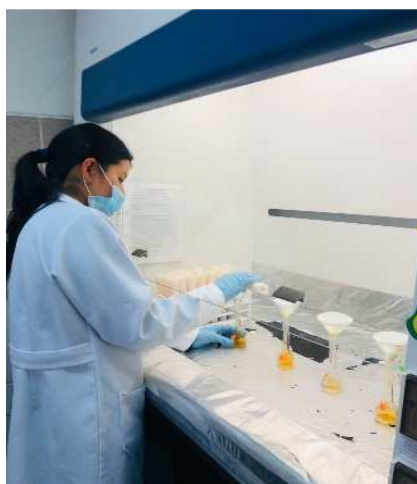


Figura 49. Filtrado de la muestra.

Fuente: Autoras

Finalmente se aforó las muestras con la solución de HNO_3 al 2% preparado anteriormente y se colocó en envases de plástico para poner en refrigeración y evitar cualquier tipo de contaminación.



Figura 50. Muestras aforadas.

Fuente: Autoras

3.3.3.12. Análisis de las muestras mediante ICP.

Antes de realizar el análisis de plomo fue necesario realizar una curva de calibración, de acuerdo a la información de estudios similares realizados en muestras vegetales, con el objetivo de determinar las concentraciones mínimas y máximas del analito.

Para el presente estudio, se realizó una curva de calibración con cinco estándares y un QC (controlador de calidad), como se muestra a continuación:

- Estándar 1: 0,010 ppm
- Estándar 2: 0,025 ppm
- Estándar 3: 0,040 ppm
- Estándar 4: 0,055 ppm
- Estándar 5: 0,070 ppm
- QC 1: 0,030 ppm

Con estos valores establecidos se procede a preparar la solución madre a partir de 1 ppm, las soluciones patrones con los valores de los estándares de calibración por disolución de la solución madre y la solución de control de calidad, utilizando la siguiente ecuación:

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

Solución madre:

$$1000ppm * V1 = 1ppm * 100 mL$$

$$V1 = 0,1 mL$$

Soluciones patrones:

- Estándar 5

$$1ppm * V1 = 0,070ppm * 100 mL$$

$$V1 = 7 mL$$

- Estándar 4

$$0,070ppm * V1 = 0,055ppm * 100 mL$$

$$V1 = 78,57 mL$$

- Estándar 3

$$0,055ppm * V1 = 0,040ppm * 100 mL$$

$$V1 = 72,72 mL$$

- Estándar 2

$$0,040ppm * V1 = 0,025ppm * 100 mL$$

$$V1 = 62,5 mL$$

- Estándar 1

$$0,025ppm * V1 = 0,010ppm * 100 mL$$

$$V1 = 40 mL$$

Control de calidad: QC

$$1ppm * V1 = 0,030ppm * 100 mL$$

$$V1 = 3 mL$$

Posteriormente, fueron colocados en el software del equipo los valores de los estándares, el peso y aforo de cada muestra con su respectiva nomenclatura, para hacer correr los estándares, el controlador de calidad y las muestras experimentales para verificar si la curva de calibración es correcta.

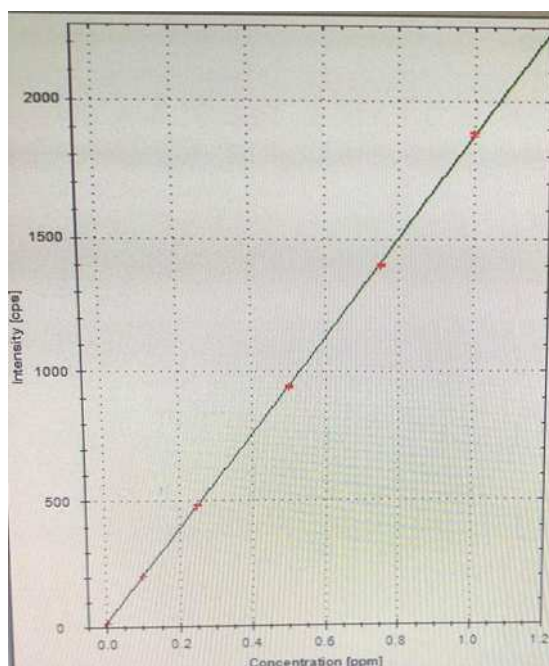


Figura 51. Curva de calibración mostrada por el equipo ICP.

Fuente: Autoras

Una vez verificado la curva de calibración, se procedió a correr todas las muestras vegetales, así también una muestra de papel filtro, una muestra de ácido nítrico y el sustrato utilizado en los huertos urbanos, para comprobar si inicialmente contenían trazas de plomo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de lograr los objetivos planteados al inicio de esta tesis, se procedió al análisis de los datos obtenidos mediante la evaluación realizada a los estudiantes de las instituciones educativas en donde se realizó el proyecto y los análisis de laboratorio. Además, se realizaron gráficas en el programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) que es una herramienta útil para realizar análisis estadístico ya que, facilita la recogida y organización de los datos ayudando a la toma de decisiones permitiendo adoptar una mejor estrategia.

Se presentan los resultados en orden, partiendo de la evaluación realizada a los estudiantes de las cinco instituciones educativas sobre los temas tratados en educación ambiental; y posteriormente, se presentan los resultados relacionados a los análisis de laboratorio que contemplan la determinación de plomo, captura de CO₂ y análisis microbiológico en las hortalizas cultivadas.

Finalmente se realizó las comparaciones con estudios antes realizados, como es el caso de la tesis realizada en el Distrito Sur de Cuenca por Zhindón-Calle y con la tesis realizada en el Centro Histórico de Cuenca por Potorcarrero-González. Es importante mencionar que con el presente estudio que se lo realizó en el Distrito Norte se da por concluido el análisis en la ciudad de Cuenca, la misma que gracias a estos estudios posee ahora datos a nivel cantonal sobre contaminación microbiológica, concentración de plomo y captura de CO₂ dentro del casco urbano.

4.1. Evaluación de la educación ambiental bajo los principios IAR-FAO.

4.1.1. Tabulación de evaluaciones realizadas a los estudiantes.

Una vez aplicado los instrumentos de recolección de información, se procedió a realizar la tabulación respectiva para el análisis de los mismos, por cuanto la información que se obtendrá, será la que indique las conclusiones a las cuales se llega con la presente investigación con respecto a la educación ambiental.

Para lograr estimar el nivel de captación de los temas tratados con los estudiantes de las cinco instituciones educativas del presente proyecto es conveniente indicar el número de muestras, es decir, el número de estudiantes, así como también cuántos de estos son hombres y cuantas mujeres como se puede observar en la Tabla 18.

Tabla 18. *Número de muestras para la tabulación de resultados.*

Institución	Curso	Número de Estudiantes.		
		Hombres	Mujeres	Total
Escuela de Educación Básica Cristo Rey.	Sexto	5	4	9
Unidad Educativa Francisca Dávila de Muñoz.	Quinto "A"	22	19	41
	Quinto "B"	20	19	39
Escuela de Educación Básica Federico Proaño.	Octavo "A"	36	19	55
Unidad Educativa "Julio María Matovelle".	Quinto "A"	20	22	42
Unidad Educativa "Tres de Noviembre".	Sexto "A"	21	22	43
	Total	124	105	229

Fuente: Autoras

Así también es importante tener en cuenta el contenido de los ítems que fueron evaluados a cada uno de los estudiantes participantes en el proyecto para realizar el respectivo análisis y conocer cuáles fueron los temas con mayor y menor aceptación por parte de los alumnos, como se puede observar en la Tabla 19.

Tabla 19. *Temática presentada para la evaluación.*

Número de Pregunta.	Ítem consultado.	Concepto
1	Siembra	Colocar semillas o plántulas en un terreno.
2	Seguridad Alimentaria.	Todas las personas gozan de alimentos básicos en cantidad y calidad.
3	Riego	Aportar agua a los cultivos por medio del suelo para satisfacer sus necesidades hídricas.
4	Manejo y control de plagas.	Control de insectos que pueden afectar en el correcto desarrollo del cultivo.
5	Empoderamiento	Obtener poder e independencia.
6	Igualdad de Género.	Implica que los hombres y mujeres deben tener los mismo derechos y obligaciones.
7	Cosecha	Conjunto de frutos que se recogen del suelo.
8	Huerta	Espacio diseñado para el cultivo.
9	Alimento Inocuo.	Garantía que no causara daño al consumidor.

Fuente: Autoras

Cabe señalar que se presentará un cuadro por institución educativa señalando en los mismos las fortalezas y debilidades de cada uno, así mismo se presentará un cuadro resumen y comparativo entre las cinco escuelas y para finalizar se mostrarán gráficos de pastel, los cuales determinarán el porcentaje de comprensión de todo el proyecto por parte de los estudiantes.

Unidad Educativa “Julio María Matovelle”

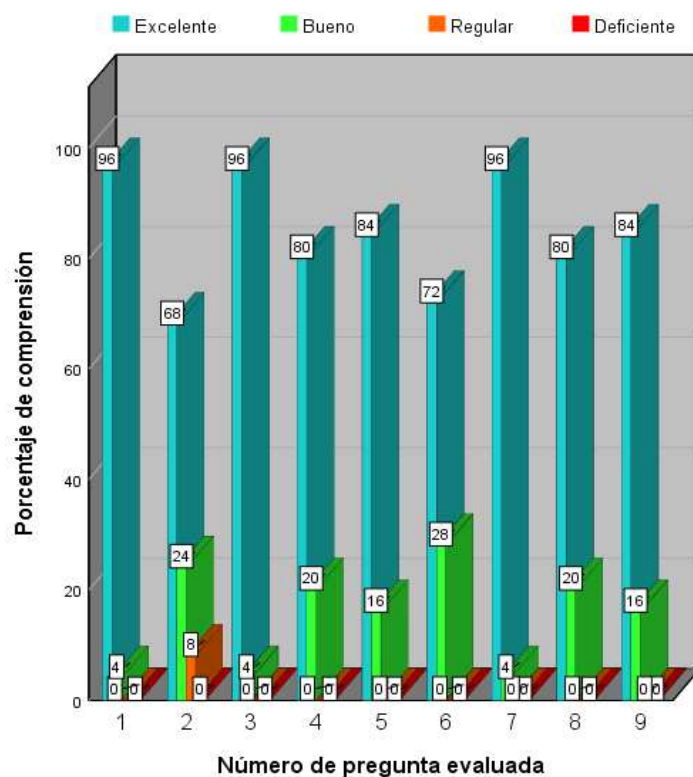


Figura 52. Porcentaje de asimilación de la información en la Unidad Educativa "Julio María Matovelle".

Fuente: Autoras

Interpretación: Como se puede evidenciar en el histograma la escuela Julio María Matovelle presenta niveles de comprensión que están entre la valoración excelente y buena, con picos de hasta 96%, así también, en la pregunta 2 (seguridad alimentaria) existe una valoración regular con un porcentaje de 8% existiendo dificultad en este concepto. A nivel general esta institución presenta una valoración excelente según los datos obtenidos.

Escuela de Educación Básica Federico Proaño

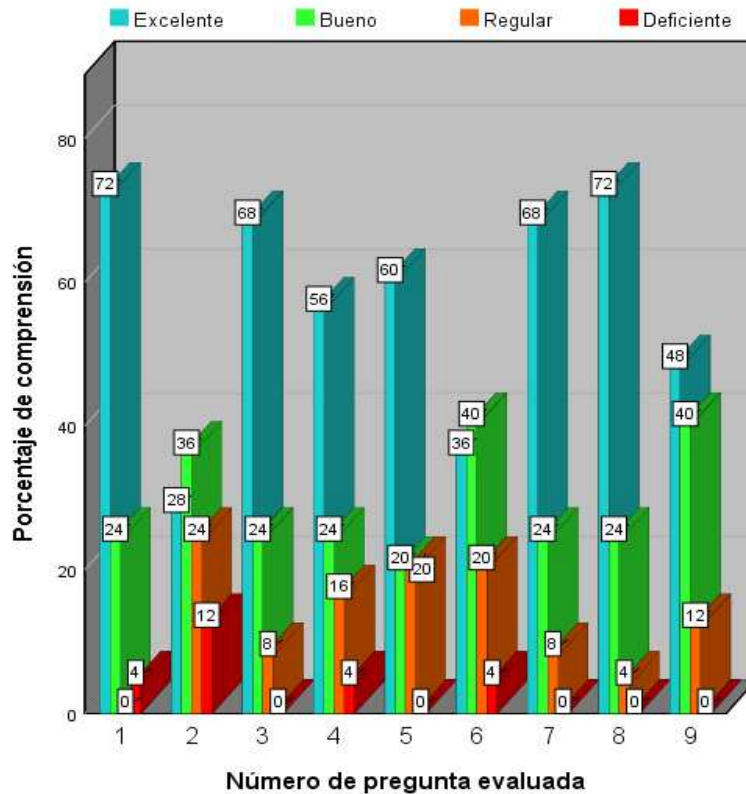


Figura 53. Porcentaje de asimilación de la información en la escuela "Federico Proaño".

Fuente: Autoras

Interpretación: Como se puede evidenciar en la figura 53 los estudiantes de la escuela Federico Proaño en las nueve preguntas, la valoración excelente posee los picos más altos, como se observa en la pregunta 1 y 7 (siembra y cosecha) con un pico de 72%. Pero también existe una valoración deficiente de 12% en la pregunta 2 (seguridad alimentaria). De forma general el nivel de comprensión de los estudiantes es excelente ya que esta valoración representa los picos más altos del histograma con referencia a las otras tres valoraciones.

Unidad Educativa “Tres de Noviembre”

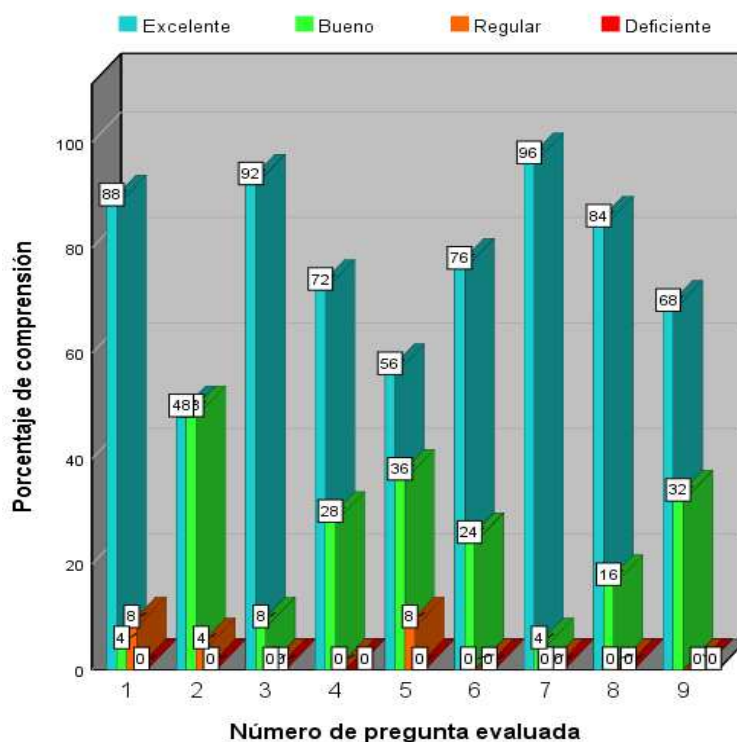


Figura 54. Porcentaje de asimilación de la información en la Unidad Educativa "Tres de Noviembre".

Fuente: Autoras

Interpretación: En lo que concierne a la escuela Tres de Noviembre, existe un nivel de asimilación de conocimiento excelente, ya que la mayoría de las preguntas planteadas fueron contestadas de forma adecuada con picos que llegan hasta un 96%. Cabe indicar que esta escuela no presentó una valoración deficiente en ninguna de las preguntas. Estos resultados se deben a que los estudiantes recibieron las charlas y capacitaciones una vez por semana durante una hora, además los estudiantes pertenecían al proyecto “TINI” que es un programa propuesto por el Ministerio de Educación en el que cada centro educativo debe implementar un proyecto ambiental por lo menos una vez al año, por lo que ellos tenían conocimiento y experiencia en este tipo de proyectos.

Escuela de Educación Básica Cristo Rey

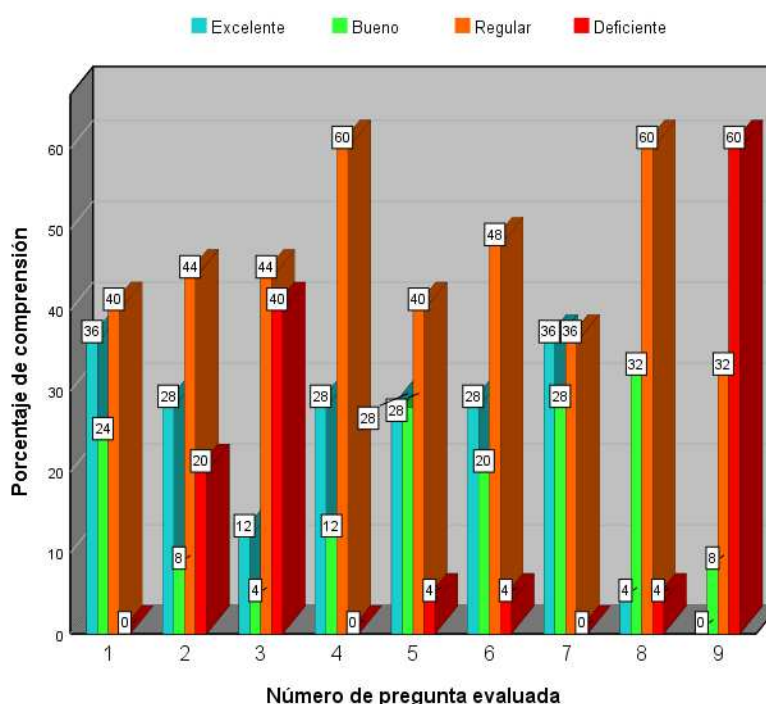


Figura 55. Porcentaje de asimilación de la información en la escuela de Educación Básica Cristo Rey.

Fuente: Autoras

Interpretación: En lo que respecta a la escuela de Educación Básica “Cristo Rey”, los resultados reflejan que la valoración regular es la que presenta los porcentajes más altos, con picos de hasta 60%. Así también existe una alta deficiencia de 40% y 60 % en las preguntas 3 y 9 que corresponden a los conceptos de seguridad alimentaria y alimentos inocuos. A nivel general la evaluación realizada se encuentra en un nivel regular según la gráfica obtenida; esto puede ser consecuencia de que en esta institución las charlas y capacitaciones se dieron cada dos semanas. Debido a que esta institución era la única escuela particular y tenía políticas diferentes a las demás instituciones fiscales. Por lo que no hubo un seguimiento continuo semana a semana haciendo que los estudiantes olvidaran con facilidad las temáticas tratadas con anterioridad.

Unidad Educativa Francisca Dávila de Muñoz

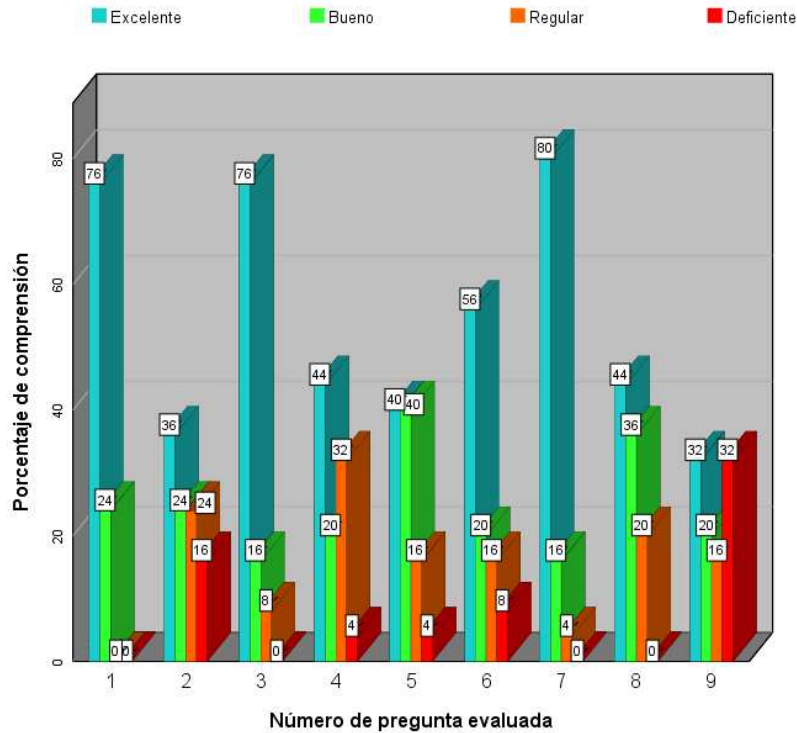


Figura 56. Porcentaje de asimilación de la información en la escuela "Francisca Dávila de Muñoz"

Fuente: Autoras

Interpretación: En la presente Unidad Educativa se tuvo que realizar un promedio de los datos recolectados debido a que en esta institución se trabajó con dos grados. De acuerdo con la gráfica las preguntas 1, 3 y 7 (siembra, riego, cosecha) respectivamente se obtuvo una aceptación que estuvo entre los rangos de 76% -80% siendo una fortaleza, en cambio, se presentó mayores dificultades en las preguntas 2, 6 y 9 (seguridad alimentaria, igualdad de género, alimento inocuo). Sin embargo, los estudiantes presentaron un nivel de comprensión bueno ya que las valoraciones que tienen picos más altos están entre los rangos de excelente y bueno.

Comparación del nivel de asimilación de conceptos entre las cinco instituciones educativas.

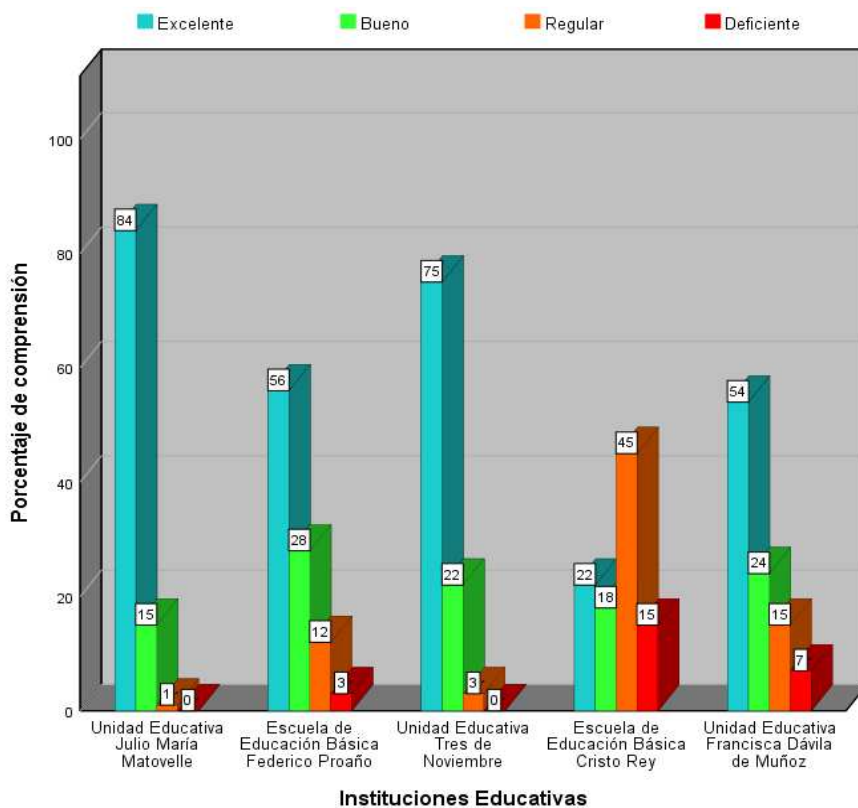


Figura 57. Comparación del nivel de comprensión entre las cinco escuelas.

Fuente: Autoras

Interpretación: Como se puede evidenciar en el histograma las escuelas Julio Matovelle y Federico Proaño tienen picos de 84% y 75% con una valoración excelente, esto se debe a la predisposición de los profesores y alumnos participantes del proyecto quienes tuvieron parte activa en el mismo. Además, en estas dos instituciones los estudiantes eran participantes del proyecto “TINI” cada uno en su respectiva escuela por lo que tenían ya conocimiento de algunos de los temas tratados. Así también, la escuela “Cristo Rey” presenta un pico alto de 45% con una valoración de regular debido a que no se pudo dar un seguimiento continuo a las actividades con los estudiantes por la restricción de horas que se le dio al proyecto.

Promedio de asimilación de conocimientos del proyecto en general.

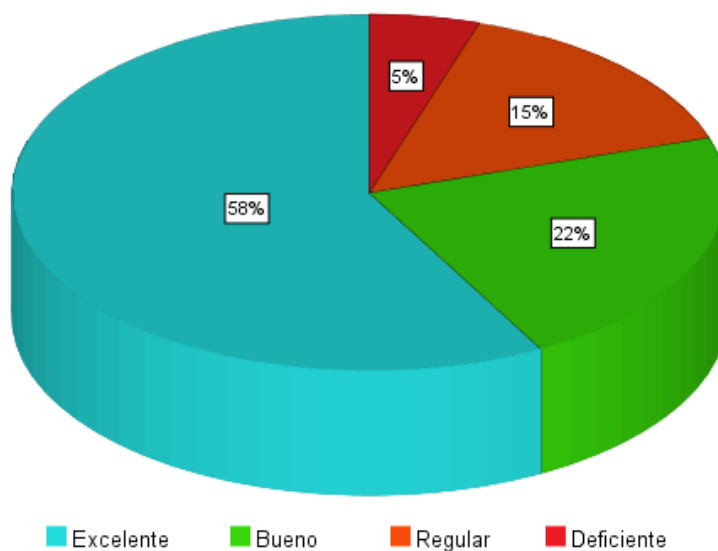


Figura 58. Promedio de comprensión total de las cinco escuelas.

Fuente: Autoras

Interpretación: Con respecto al nivel de comprensión de las temáticas tratadas durante todo el proyecto se tiene que la valoración de excelente ocupa un 58%, seguido de una valoración buena con un 22% sumando las dos valoraciones nos da un promedio de 80% que se lo interpretara con bueno y aceptable. Es decir que más de la mitad de los estudiantes participantes del proyecto asimilaron de forma adecuada la información que se les brindó sobre la agricultura urbana y Principios IAR-FAO.

4.2. Contaminación ambiental.

4.2.1. Recuento de bacterias *E. coli*/coliformes totales.

Se analizó un total de 90 muestras vegetales cultivadas en las cinco instituciones educativas de estudio, ubicadas en el Distrito Norte de la ciudad de Cuenca. Las muestras fueron tomadas de los cajones que contiene únicamente hortalizas, distribuidas en tres determinaciones por cada especie vegetal. A continuación, se muestra el recuento de las bacterias presentes en cada institución educativa.

Tabla 20. Recuento de *E. coli*/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Julio María Matovelle.

Cultivo	Nombre científico.	Repeticiones	Etiqueta	Recuento de <i>E.coli</i> .	Recuento de coliformes totales.
Col	<i>Brassica Viridis.</i>	1	JMMCol1	0 UFC/g	30 UFC/g
		2	JMMCol2	0 UFC/g	20 UFC/g
		3	JMMCol3	0 UFC/g	20 UFC/g
Brócoli	<i>Brassica oleracea Itálica.</i>	1	JMMBr1	0 UFC/g	110 UFC/g
		2	JMMBr2	0 UFC/g	120 UFC/g
		3	JMMBr3	0 UFC/g	110 UFC/g
Lechuga de hoja.	<i>Lactuta sativa Var. Crispa.</i>	1	JMMLh1	0 UFC/g	50 UFC/g
		2	JMMLh2	0 UFC/g	70 UFC/g
		3	JMMLh3	0 UFC/g	60 UFC/g
Lechuga de repollo.	<i>Lactuta sativa Var. Capitata.</i>	1	JMMLrep1	0 UFC/g	60 UFC/g
		2	JMMLrep2	0 UFC/g	80 UFC/g
		3	JMMLrep3	0 UFC/g	60 UFC/g

Fuente: Autoras

Tabla 21. Recuento de *E. coli*/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Federico Proaño.

Cultivo	Nombre Científico.	Repeticiones	Etiqueta	Recuento de <i>E. coli</i> .	Recuento de coliformes totales.
Col	<i>Brassica Viridis</i>	1	FPCol1	0 UFC/g	30 UFC/g
		2	FPCol2	0 UFC/g	20 UFC/g
		3	FPCol3	0 UFC/g	30 UFC/g
Brócoli	<i>Brassica oleracea Itálica</i>	1	FPBr1	0 UFC/g	40 UFC/g
		2	FPBr2	0 UFC/g	20 UFC/g
		3	FPBr3	0 UFC/g	30 UFC/g
Lechuga de hoja	<i>Lactuta sativa Var. Crispa</i>	1	FPLh1	0 UFC/g	120 UFC/g
		2	FPLh2	0 UFC/g	130 UFC/g
		3	FPLh3	0 UFC/g	140 UFC/g
Lechuga de repollo	<i>Lactuta sativa Var. Capitata</i>	1	FPLrep1	0 UFC/g	180 UFC/g
		2	FPLrep2	0 UFC/g	190 UFC/g
		3	FPLrep3	0 UFC/g	170 UFC/g

Fuente: Autoras

Tabla 22. Recuento de *E. coli*/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Tres de Noviembre.

Cultivo	Nombre científico.	Repeticiones	Etiqueta	Recuento de <i>E. coli</i> .	Recuento de coliformes totales.
Col	<i>Brassica Viridis.</i>	1	3NOVCol1	0 UFC/g	30 UFC/g
		2	3NOVCol2	0 UFC/g	20 UFC/g
		3	3NOVCol3	0 UFC/g	30 UFC/g
Brócoli	<i>Brassica oleracea Itálica.</i>	1	3NOVBr1	0 UFC/g	20 UFC/g
		2	3NOVBr2	0 UFC/g	40 UFC/g
		3	3NOVBr3	0 UFC/g	30 UFC/g
Lechuga de hoja	<i>Lactuta sativa Var. Crispa.</i>	1	3NOVLh1	0 UFC/g	40 UFC/g
		2	3NOVLh2	0 UFC/g	40 UFC/g
		3	3NOVLh3	0 UFC/g	30 UFC/g
Lechuga de repollo	<i>Lactuta sativa Var. Capitata</i>	1	3NOVLrep1	0 UFC/g	60 UFC/g
		2	3NOVLrep2	0 UFC/g	50 UFC/g
		3	3NOVLrep3	0 UFC/g	50 UFC/g

Fuente: Autoras

Tabla 23. Recuento de *E. coli*/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Cristo Rey.

Cultivo	Nombre científico.	Repeticiones	Etiqueta	Recuento de <i>E. coli</i> .	Recuento de coliformes totales.
Col	<i>Brassica Viridis</i>	1	CRCol1	0 UFC/g	120 UFC/g
		2	CRCol2	0 UFC/g	110 UFC/g
		3	CRCol3	0 UFC/g	110 UFC/g
Brócoli	<i>Brassica oleracea Itálica</i>	1	CRBr1	0 UFC/g	20 UFC/g
		2	CRBr2	0 UFC/g	10 UFC/g
		3	CRBr3	0 UFC/g	20 UFC/g
Lechuga de hoja	<i>Lactuta sativa Var. Crispa</i>	1	CRLh1	0 UFC/g	40 UFC/g
		2	CRLh2	0 UFC/g	20 UFC/g
		3	CRLh3	0 UFC/g	30 UFC/g
Lechuga de repollo	<i>Lactuta sativa Var. Capitata</i>	1	CRLrep1	0 UFC/g	50 UFC/g
		2	CRLrep2	0 UFC/g	40 UFC/g
		3	CRLrep3	0 UFC/g	40 UFC/g

Fuente: Autoras

Tabla 24. Recuento de *E. coli*/coliformes totales en las hortalizas de la escuela Francisca Dávila.

Cultivo	Nombre científico.	Repeticiones	Etiqueta	Recuento de <i>E. coli</i> .	Recuento de coliformes totales.
Col	<i>Brassica Viridis</i>	1	FDCol1	0 UFC/g	50 UFC/g
		2	FDCol2	0 UFC/g	40 UFC/g
		3	FDCol3	0 UFC/g	30 UFC/g
Brócoli	<i>Brassica oleracea Itálica</i>	1	FDBr1	0 UFC/g	20 UFC/g
		2	FDBr2	0 UFC/g	20 UFC/g
		3	FDBr3	0 UFC/g	30 UFC/g
Lechuga de hoja	<i>Lactuta sativa Var. Crispa</i>	1	FDLh1	0 UFC/g	70 UFC/g
		2	FDLh2	0 UFC/g	70 UFC/g
		3	FDLh3	0 UFC/g	70 UFC/g
Lechuga de repollo	<i>Lactuta sativa Var. Capitata</i>	1	FPLrep1	0 UFC/g	60 UFC/g
		2	FPLrep2	0 UFC/g	40 UFC/g
		3	FPLrep3	0 UFC/g	50 UFC/g

Fuente: Autoras

4.2.2. Captura de CO₂ a través de la biomasa vegetal.

Se determinó la captura de carbono en un total de 150 muestras vegetales provenientes de los huertos urbanos de cada institución educativa, que incluye los cajones que contienen hortalizas con una cortina de ornamentales y el que contiene únicamente hortalizas, distribuidas en tres determinaciones de cada especie vegetal, como se muestra a continuación.

4.2.2.1. Altura de los cultivos de las instituciones educativas.

Los resultados de la altura se obtuvieron después de realizar la siembra de los cultivos en las cinco instituciones educativas, a través de mediciones semanales de las plantas en tiempo de dos meses y medio. La altura de las plantas esta expresada en centímetros, como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 25. *Altura alcanzada por los cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Julio Matovelle.*

Cultivo	Altura por semanas.									
	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	7,9	10,5	15,1	20,1	26,7	31,4	35,8	40,6	43,9	46,8
Brócoli	7,5	11,0	14,9	19,0	23,8	28,9	34,8	38,7	44,7	47,5
Lechuga de hoja	7,9	10,9	13,9	14,1	15,0	17,1	17,9	22,8	24,7	26,2
Lechuga de repollo	6,9	7,6	10,0	13,7	15,8	18,7	20,8	23,8	25,5	26,4
Lengua de suegra	26,1	26,9	28,9	30,0	30,8	33,8	37,0	37,9	38,4	40,4
Ajenjo	23,0	23,9	25,8	26,8	27,8	29,2	29,9	30,9	32,8	34,6

Fuente: Autoras

Tabla 26. *Altura alcanzada por cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela “Julio María Matovelle.*

Altura por semanas.										
Cultivo	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	7,7	12,7	17,9	22,8	27,8	32,0	34,8	37,8	41,8	45,0
Brócoli	7,1	10,7	15,7	21,1	27,0	30,9	34,8	37,8	41,9	45,1
Lechuga de hoja	6,7	8,7	11,0	13,1	13,8	16,0	18,4	20,8	22,8	24,4
Lechuga de repollo	7,0	10,8	13,4	15,2	16,0	18,7	20,7	22,4	23,9	25,9

Fuente: Autoras**Tabla 27.** *Altura alcanzada por cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Federico Proaño.*

Altura por semanas.										
Cultivo	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	7,1	8,8	12,8	17,8	23,0	27,5	32,1	35,4	37,8	41,5
Brócoli	6,9	8,8	12,5	17,9	22,0	25,8	29,9	34,8	39,3	43,6
Lechuga de hoja	6,9	8,9	11,0	12,8	14,0	15,2	15,8	17,8	18,9	22,9
Lechuga de repollo	6,9	7,9	9,8	11,8	12,8	14,1	15,0	15,8	18,2	21,8
Lengua de suegra	26,4	27,6	28,3	28,9	30,9	31,8	33,9	33,7	34,8	37,0
Ajenjo	21,7	23,7	24,0	25,2	26,0	27,0	27,1	28,2	28,9	30,0

Fuente: Autoras**Tabla 28.** *Altura alcanzada por cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela Federico Proaño.*

Altura por semanas.										
Cultivo	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	7,7	10,1	14,9	19,6	25,9	30,5	33,7	35,8	37,7	40,5
Brócoli	7,1	9,7	11,7	16,4	20,8	24,7	27,9	31,5	35,1	39,5
Lechuga de hoja	5,6	6,7	7,8	9,7	12,1	13,0	14,2	15,9	16,7	19,8
Lechuga de repollo	6,5	6,8	8,4	10,7	13,5	16,2	17,0	18,2	18,9	20,9

Fuente: Autoras

Tabla 29. *Altura alcanzada por los cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Tres de Noviembre.*

Altura por semanas.										
Cultivo	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	7,5	11,9	17,9	23,7	29,8	34,8	39,7	45,7	49,7	52,8
Brócoli	7,9	12,8	17,6	24,7	30,7	36,7	40,9	45,8	49,8	53,9
Lechuga de hoja	7,9	12,0	14,7	17,7	22,8	25,1	25,9	27,8	28,6	30,3
Lechuga de repollo	6,7	10,9	14,8	18,7	21,7	23,9	25,9	27,1	28,0	29,8
Lengua de suegra	26,0	26,7	29,7	33,8	35,9	37,8	38,8	41,9	43,9	45,9
Ajenjo	24,7	26,0	26,9	28,9	32,0	33,9	35,8	37,7	39,6	40,9

Fuente: Autoras**Tabla 30.** *Altura alcanzada por los cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela Tres de Noviembre.*

Altura por semanas.										
Cultivo	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	7,9	13,9	19,8	26,7	30,8	36,7	41,9	44,7	47,8	50,0
Brócoli	7,8	12,6	19,7	26,5	30,8	36,7	40,7	44,8	48,8	51,9
Lechuga de hoja	6,7	10,8	13,8	16,0	18,9	20,8	23,8	24,8	26,9	27,8
Lechuga de repollo	6,9	10,8	17,0	21,8	23,0	23,9	24,8	26,0	26,6	26,9

Fuente: Autoras**Tabla 31.** *Altura alcanzada por los cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Cristo Rey.*

Altura por semanas.										
Cultivo	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	6,9	7,9	9,8	13,6	16,5	19,7	23,9	28,9	32,5	35,8
Brócoli	6,9	9,0	12,3	16,6	19,6	23,5	27,5	31,1	33,0	35,2
Lechuga de hoja	5,5	6,2	8,9	10,6	12,0	12,6	13,5	14,1	14,9	15,1
Lechuga de repollo	5,3	6,2	8,0	9,8	10,7	11,0	12,0	13,1	14,6	16,4
Lengua de suegra	26,5	27,0	28,5	29,6	30,2	30,9	31,1	31,9	32,6	33,1
Ajenjo	20,2	20,9	22,1	23,0	23,9	24,5	24,9	25,1	27,2	28,9

Fuente: Autoras

Tabla 32. *Altura alcanzada por los cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela Cristo Rey.*

Cultivo	Altura por semanas.									
	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	7,1	7,4	9,0	9,6	12,0	15,7	19,1	23,5	27,5	31,0
Brócoli	6,0	8,1	9,3	13,4	17,3	19,7	22,9	25,7	28,0	30,3
Lechuga de hoja	5,3	6,0	6,9	8,6	9,0	10,6	12,2	13,0	13,6	14,1
Lechuga de repollo	5,2	6,1	7,5	9,1	10,0	10,5	11,0	12,2	14,7	15,7

Fuente: Autoras**Tabla 33.** *Altura alcanzada por los cultivos del cajón con ornamentales de la escuela Francisca Dávila.*

Cultivo	Altura por semanas.									
	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	6,9	8,0	11,8	14,9	19,0	22,9	25,8	28,9	35,0	37,9
Brócoli	6,2	10,0	14,6	17,1	20,7	24,9	27,0	31,0	34,7	36,8
Lechuga de hoja	6,9	8,0	8,8	10,7	12,0	12,9	14,0	14,8	15,8	16,9
Lechuga de repollo	5,3	6,2	8,0	9,8	10,7	11,0	14,0	14,1	15,0	16,7
Lengua de suegra	25,5	27,6	28,5	29,6	31,6	32,1	32,8	32,9	34,8	36,0
Ajenjo	21,4	22,4	22,9	23,8	24,9	25,7	26,0	27,5	27,9	29,1

Fuente: Autoras**Tabla 34.** *Altura alcanzada por los cultivos del cajón sin ornamentales de la escuela Francisca Dávila.*

Cultivo	Altura por semanas.									
	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Col	7,6	7,9	8,8	10,6	14,8	18,0	20,7	26,7	29,9	35,7
Brócoli	7,2	9,1	10,7	15,2	18,1	20,1	24,7	28,4	32,0	34,8
Lechuga de hoja	5,5	5,9	8,0	8,8	10,4	12,9	12,9	14,5	15,0	16,9
Lechuga de repollo	6,5	6,8	9,8	10,9	12,2	12,8	14,9	16,26	17,0	17,8

Fuente: Autoras

4.2.2.2. Captura de carbono por las especies vegetales en la escuela Julio Matovelle.

Tabla 35. Captura de CO₂ por las hortalizas con cortina de ornamentales de la escuela Julio Matovelle.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0037	0,5389	2,9287	0,00146	0,00537
	2	0,02	0,0033	0,5283	3,1727	0,00159	0,00582
	3	0,02	0,0035	0,5143	2,9816	0,00149	0,00547
Brócoli	1	0,02	0,0038	0,2882	1,5009	0,00075	0,00275
	2	0,02	0,0050	0,2438	0,9790	0,00049	0,00180
	3	0,02	0,0048	0,2554	1,0732	0,00054	0,00197
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0021	0,1898	1,8338	0,00092	0,00337
	2	0,02	0,0021	0,1877	1,7622	0,00088	0,00323
	3	0,02	0,0021	0,1991	1,9428	0,00097	0,00357
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0037	0,2673	1,4296	0,00071	0,00262
	2	0,02	0,0030	0,2284	1,5326	0,00077	0,00281
	3	0,02	0,0036	0,2058	1,1560	0,00058	0,00212
Ajenjo	1	0,02	0,0053	0,1569	0,5954	0,00030	0,00109
	2	0,02	0,0052	0,1416	0,5413	0,00027	0,00099
	3	0,02	0,0052	0,1624	0,6269	0,00031	0,00115
Lengua de suegra	1	0,02	0,0022	0,2287	2,1273	0,00106	0,00390
	2	0,02	0,0021	0,2391	2,2949	0,00115	0,00421
	3	0,02	0,0022	0,2359	2,1641	0,00108	0,00397
Total de tnCO₂ capturado:							0,05623

Fuente: Autoras

Tabla 36. Captura de CO₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Julio María Matovelle.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0035	0,5367	3,1023	0,00155	0,00569
	2	0,02	0,0035	0,5299	3,0451	0,00152	0,00559
	3	0,02	0,0034	0,5362	3,1918	0,00160	0,00586
Brócoli	1	0,02	0,0036	0,2836	1,5886	0,00079	0,00292
	2	0,02	0,0038	0,2661	1,3897	0,00069	0,00255
	3	0,02	0,0038	0,2793	1,4898	0,00074	0,00273
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0016	0,2105	2,6987	0,00135	0,00495
	2	0,02	0,0017	0,2155	2,5811	0,00129	0,00474
	3	0,02	0,0017	0,2071	2,4512	0,00123	0,00450
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0029	0,2498	1,7529	0,00088	0,00322
	2	0,02	0,0027	0,2382	1,7384	0,00087	0,00319
	3	0,02	0,0029	0,2244	1,5531	0,00078	0,00285
Total de tnCO₂ capturado:							0,04878

Fuente: Autoras

4.2.2.3. Captura de carbono por las especies vegetales en la escuela de educación

Federico Proaño.

Tabla 37. Captura de CO₂ por las hortalizas con ornamentales de la escuela Federico Proaño.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0039	0,3463	1,7990	0,00090	0,00330
	2	0,02	0,0031	0,3162	2,0272	0,00101	0,00372
	3	0,02	0,0032	0,3091	1,9320	0,00097	0,00355
Brócoli	1	0,02	0,0041	0,3091	1,5003	0,00075	0,00275
	2	0,02	0,0047	0,3291	1,3888	0,00069	0,00255
	3	0,02	0,0043	0,3188	1,4757	0,00074	0,00271
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0023	0,1598	1,3657	0,00068	0,00251
	2	0,02	0,0028	0,1081	0,7637	0,00038	0,00140
	3	0,02	0,0027	0,1578	1,1911	0,00060	0,00219
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0022	0,2470	2,2762	0,00114	0,00418
	2	0,02	0,0021	0,1453	1,3906	0,00070	0,00255
	3	0,02	0,0029	0,1397	0,9671	0,00048	0,00177
Ajenjo	1	0,02	0,0086	0,1565	0,3644	0,00018	0,00067
	2	0,02	0,0082	0,1550	0,3790	0,00019	0,00070
	3	0,02	0,0082	0,1529	0,3724	0,00019	0,00068
Lengua de suegra	1	0,02	0,0016	0,2225	2,8158	0,00141	0,00517
	2	0,02	0,0017	0,2250	2,6625	0,00133	0,00489
	3	0,02	0,0015	0,2362	3,1709	0,00159	0,00582
Total de tnCO₂ capturado:							0,05109

Fuente: Autoras

Tabla 38. Captura de CO₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Federico Proaño.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0021	0,2414	2,2771	0,00114	0,00418
	2	0,02	0,0029	0,2996	2,1022	0,00105	0,00386
	3	0,02	0,0022	0,2578	2,3542	0,00118	0,00432
Brócoli	1	0,02	0,0028	0,1892	1,3566	0,00068	0,00249
	2	0,02	0,0025	0,1965	1,5909	0,00080	0,00292
	3	0,02	0,0021	0,1862	1,7479	0,00087	0,00321
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0015	0,0909	1,2538	0,00063	0,00230
	2	0,02	0,0014	0,0854	1,2463	0,00062	0,00229
	3	0,02	0,0012	0,0866	1,4085	0,00070	0,00258
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0024	0,2143	1,8082	0,00090	0,00332
	2	0,02	0,0023	0,2312	2,0014	0,00100	0,00367
	3	0,02	0,0024	0,2075	1,7510	0,00088	0,00321
Total de tnCO₂ capturado:							0,03835

Fuente: Autoras

4.2.2.4. Captura de carbono por las especies vegetales en la escuela Tres de Noviembre.

Tabla 39. Captura de CO₂ por las hortalizas que contienen una cortina de ornamentales de la escuela Tres de Noviembre.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0035	0,2485	1,4199	0,00071	0,00261
	2	0,02	0,0035	0,2400	1,3790	0,00069	0,00253
	3	0,02	0,0036	0,2762	1,5178	0,00076	0,00279
Brócoli	1	0,02	0,0051	0,3165	1,2508	0,00063	0,00230
	2	0,02	0,0050	0,3128	1,2561	0,00063	0,00231
	3	0,02	0,0053	0,3093	1,1585	0,00058	0,00213
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0022	0,0988	0,8898	0,00044	0,00163
	2	0,02	0,0023	0,0920	0,8072	0,00040	0,00148
	3	0,02	0,0024	0,0951	0,7961	0,00040	0,00146
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0009	0,1638	3,5611	0,00178	0,00653
	2	0,02	0,0010	0,1982	4,0858	0,00204	0,00750
	3	0,02	0,0010	0,1862	3,8008	0,00190	0,00697
Ajeno	1	0,02	0,0081	0,1541	0,3810	0,00019	0,00070
	2	0,02	0,0082	0,1475	0,3610	0,00018	0,00066
	3	0,02	0,0081	0,1640	0,4074	0,00020	0,00075
Lengua de suegra	1	0,02	0,0015	0,2988	4,0656	0,00203	0,00746
	2	0,02	0,0015	0,2958	4,0799	0,00204	0,00749
	3	0,02	0,0015	0,2932	3,8582	0,00193	0,00708
Total de tnCO₂ capturado:							0,06436

Fuente: Autoras

Tabla 40. Captura de CO₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Tres de Noviembre.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0025	0,2237	1,7822	0,00089	0,00327
	2	0,02	0,0028	0,2183	1,5706	0,00079	0,00288
	3	0,02	0,0025	0,2212	1,7413	0,00087	0,00320
Brócoli	1	0,02	0,0041	0,3261	1,6063	0,00080	0,00295
	2	0,02	0,0041	0,3472	1,6772	0,00084	0,00308
	3	0,02	0,0049	0,3216	1,3235	0,00066	0,00243
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0026	0,0961	0,7338	0,00037	0,00135
	2	0,02	0,0028	0,0980	0,6924	0,00035	0,00127
	3	0,02	0,0026	0,0982	0,7580	0,00038	0,00139
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0008	0,1964	4,7893	0,00239	0,00879
	2	0,02	0,0009	0,1129	2,5954	0,00130	0,00476
	3	0,02	0,0009	0,1368	3,0733	0,00154	0,00564
Total de tnCO₂ capturado:							0,04100

Fuente: Autoras

4.2.2.5. Captura de carbono por las especies vegetales en la escuela Cristo Rey.

Tabla 41. Captura de CO₂ por las hortalizas que contienen una cortina de ornamentales de la escuela Cristo Rey.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0052	0,1971	0,7553	0,00038	0,00139
	2	0,02	0,0059	0,1695	0,5785	0,00029	0,00106
	3	0,02	0,0050	0,1783	0,7104	0,00036	0,00130
Brócoli	1	0,02	0,0073	0,1474	0,4034	0,00020	0,00074
	2	0,02	0,0075	0,1579	0,4222	0,00021	0,00077
	3	0,02	0,0072	0,1469	0,4093	0,00020	0,00075
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0051	0,1126	0,4398	0,00022	0,00081
	2	0,02	0,0052	0,1135	0,4347	0,00022	0,00080
	3	0,02	0,0052	0,1073	0,4097	0,00020	0,00075
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0052	0,1013	0,3920	0,00020	0,00072
	2	0,02	0,0050	0,1022	0,4065	0,00020	0,00075
	3	0,02	0,0051	0,0997	0,3888	0,00019	0,00071
Ajeno	1	0,02	0,0077	0,1645	0,4278	0,00021	0,00078
	2	0,02	0,0075	0,1688	0,4502	0,00023	0,00083
	3	0,02	0,0072	0,1672	0,4626	0,00023	0,00085
Lengua de suegra	1	0,02	0,0024	0,2837	2,3941	0,00120	0,00439
	2	0,02	0,0022	0,2934	2,6555	0,00133	0,00487
	3	0,02	0,0021	0,2822	2,7265	0,00136	0,00500
Total de tnCO₂ capturado:							0,02728

Fuente: Autoras

Tabla 42. Captura de CO₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Cristo Rey.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0041	0,1611	0,7801	0,00039	0,00143
	2	0,02	0,0045	0,1555	0,6850	0,00034	0,00126
	3	0,02	0,0043	0,1641	0,7581	0,00038	0,00139
Brócoli	1	0,02	0,0060	0,1245	0,4144	0,00021	0,00076
	2	0,02	0,0062	0,1296	0,4194	0,00021	0,00077
	3	0,02	0,0060	0,1182	0,3926	0,00020	0,00072
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0030	0,0837	0,5619	0,00028	0,00103
	2	0,02	0,0019	0,0973	1,0033	0,00050	0,00184
	3	0,02	0,0022	0,0871	0,7810	0,00039	0,00143
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0023	0,0596	0,5270	0,00026	0,00097
	2	0,02	0,0022	0,0512	0,4635	0,00023	0,00085
	3	0,02	0,0026	0,0542	0,4220	0,00021	0,00077
Total de tnCO₂ capturado:							0,01323

Fuente: Autoras

4.2.2.6. Captura de carbono por las especies vegetales en la escuela Francisca Dávila.

Tabla 43. Captura de CO₂ por las hortalizas que contienen una cortina de ornamentales de la escuela Francisca Dávila.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0023	0,1133	0,9763	0,00049	0,00179
	2	0,02	0,0023	0,1193	1,0417	0,00052	0,00191
	3	0,02	0,0021	0,1248	1,1627	0,00058	0,00213
Brócoli	1	0,02	0,0030	0,1042	0,6995	0,00035	0,00128
	2	0,02	0,0027	0,1119	0,8316	0,00042	0,00153
	3	0,02	0,0029	0,1082	0,7543	0,00038	0,00138
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0024	0,0961	0,7880	0,00039	0,00145
	2	0,02	0,0027	0,0825	0,6041	0,00030	0,00111
	3	0,02	0,0022	0,0867	0,7958	0,00040	0,00146
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0017	0,1442	1,7372	0,00087	0,00319
	2	0,02	0,0014	0,1258	1,7592	0,00088	0,00323
	3	0,02	0,0018	0,1424	1,6185	0,00081	0,00297
Ajeno	1	0,02	0,0082	0,1884	0,4589	0,00023	0,00084
	2	0,02	0,0089	0,1968	0,4438	0,00022	0,00081
	3	0,02	0,0083	0,1987	0,4766	0,00024	0,00087
Lengua de suegra	1	0,02	0,0018	0,2689	3,0210	0,00151	0,00554
	2	0,02	0,0017	0,2713	3,2495	0,00162	0,00596
	3	0,02	0,0016	0,2767	3,4581	0,00173	0,00635
Total de tnCO₂ capturado:							0,04381

Fuente: Autoras

Tabla 44. Captura de CO₂ por las hortalizas sin ornamentales de la escuela Francisca Dávila.

Cultivo	N° Muestras	PFs (Kg)	PSs (Kg)	PFm (Kg)	B (Kg)	tnC/m ²	tnCO ₂ /m ²
Col	1	0,02	0,0021	0,1091	1,0248	0,00051	0,00188
	2	0,02	0,0021	0,1103	1,0509	0,00053	0,00193
	3	0,02	0,0020	0,1152	1,1640	0,00058	0,00214
Brócoli	1	0,02	0,0030	0,1084	0,7277	0,00036	0,00134
	2	0,02	0,0025	0,1082	0,8729	0,00044	0,00160
	3	0,02	0,0027	0,1091	0,8052	0,00040	0,00148
Lechuga de hoja	1	0,02	0,0023	0,0977	0,8389	0,00042	0,00154
	2	0,02	0,0021	0,0979	0,9236	0,00046	0,00169
	3	0,02	0,0023	0,0974	0,8323	0,00042	0,00153
Lechuga de repollo	1	0,02	0,0011	0,1141	2,0380	0,00102	0,00374
	2	0,02	0,0011	0,1066	1,9741	0,00099	0,00362
	3	0,02	0,0011	0,1238	2,1908	0,00110	0,00402
Total de tnCO₂ capturado:							0,02650

Fuente: Autoras

4.2.3. Concentración de plomo.

En la concentración de plomo se analizaron muestras vegetales y blancos (papel filtro, ácido nítrico, la tierra utilizada en la parcela y la tierra negra proveniente del cerro utilizada para siembra de las plantas), con el objetivo de comprobar la presencia inicial de trazas de plomo. Los resultados de los análisis de los blancos se pueden observar en el Anexo 4.

Tabla 45. Concentración de plomo en los cultivos de la Unidad Educativa Julio María Matovelle.

CODIFICACIÓN	N° MUESTRAS	PESO (gr)	AFORO	CONCENTRACIÓN DE Pb (mg/kg)
Col-1	JMM1	0,5025	50	2,1612645
Col-2	JMM2	0,5161	50	2,1049573
Brocoli-1	JMM3	0,5017	50	2,1643487
Brocoli-2	JMM4	0,5018	50	2,1652293
L.hoja-1	JMM5	0,5121	100	4,2431622
L.hoja-2	JMM6	0,5007	100	4,3394844
L.rep-1	JMM7	0,5036	100	3,4485134
L.rep-2	JMM8	0,5021	100	3,4585415
Col-O-1	JMM9	0,5095	50	2,1322527
Col-O-2	JMM10	0,5005	50	2,1694686
Brocoli-O-1	JMM11	0,5041	50	2,1549945
Brocoli-O-2	JMM12	0,5100	50	2,1304300
L.hoja-O-1	JMM13	0,5103	100	4,2597246
L.hoja-O-2	JMM14	0,5026	100	4,3247806
L.repollo-O-1	JMM15	0,5070	100	4,8787330
L.repollo-O-2	JMM16	0,5083	100	4,8668037

Fuente: Autoras

Tabla 46. Concentración de plomo en los cultivos de la escuela de Educación Básica Federico Proaño.

CODIFICACIÓN	N° MUESTRAS	PESO (gr)	AFORO	CONCENTRACIÓN DE Pb (mg/kg)
Col-1	FP1	0,5023	100	0,1465951
Col-2	FP2	0,5004	100	0,1477105
Brocoli-1	FP3	0,5078	100	0,0716166
Brocoli-2	FP4	0,5008	100	0,0738552
L.hoja-1	FP5	0,5030	100	0,1461874
L.hoja-2	FP6	0,5049	100	0,1450892
L.rep-1	FP7	0,5013	100	0,1471806
L.rep-2	FP8	0,5041	100	0,1455501
Col-O-1	FP9	0,5036	100	0,0709747
Col-O-2	FP10	0,5038	100	0,0725306
Brocoli-O-1	FP11	0,5017	100	0,0720512
Brocoli-O-2	FP12	0,5022	100	0,0730649
L.hoja-O-1	FP13	0,5067	100	0,0724160
L.hoja-O-2	FP14	0,5011	100	0,0735756
L.repollo-O-1	FP15	0,5004	100	0,0713183
L.repollo-O-2	FP16	0,5095	100	0,0721468

Fuente: Autoras

Tabla 47. Concentración de plomo en los cultivos de la Unidad Educativa Tres de Noviembre.

CODIFICACIÓN	N° MUESTRAS	PESO (gr)	AFORO	CONCENTRACIÓN DE Pb (mg/kg)
Col-1	3N-1	0,5063	50	0,0717613
Col-2	3N-2	0,5022	50	0,0719092
Brocoli-1	3N-3	0,5056	100	0,0717338
Brocoli-2	3N-4	0,5099	100	0,0722626
L.hoja-1	3N-5	0,5100	100	0,1444393
L.hoja-2	3N-6	0,5004	100	0,1464520
L.rep-1	3N-7	0,5031	100	0,1468297
L.rep-2	3N-8	0,5064	100	0,1450329
Col-O-1	3N-9	0,5093	100	0,1446264
Col-O-2	3N-10	0,5061	100	0,1454076
Brocoli-O-1	3N-11	0,5034	100	0,0720332
Brocoli-O-2	3N-12	0,5062	100	0,0707880
L.hoja-O-1	3N-13	0,5035	100	0,0730938
L.hoja-O-2	3N-14	0,5017	100	0,0727049
L.repollo-O-1	3N-15	0,5074	100	0,0714233
L.repollo-O-2	3N-16	0,5007	100	0,0723790

Fuente: Autoras

Tabla 48. *Concentración de plomo en los cultivos de la Unidad Educativa Cristo Rey.*

CODIFICACIÓN	N° MUESTRAS	PESO (gr)	AFORO	CONCENTRACIÓN DE Pb (mg/kg)
Col-1	CR-1	0,5043	50	0,0726309
Col-2	CR-2	0,5062	50	0,0727328
Brocoli-1	CR-3	0,5031	100	0,1458394
Brocoli-2	CR-4	0,5012	100	0,1453256
L.hoja-1	CR-5	0,5023	100	0,1470342
L.hoja-2	CR-6	0,5016	100	0,1465954
L.rep-1	CR-7	0,5009	50	0,0368480
L.rep-2	CR-8	0,5051	50	0,0360438
Col-O-1	CR-9	0,5085	100	0,1448366
Col-O-2	CR-10	0,5032	100	0,1466248
Brocoli-O-1	CR-11	0,5158	100	0,0711666
Brocoli-O-2	CR-12	0,5065	100	0,0729658
L.hoja-O-1	CR-13	0,5013	100	0,0723033
L.hoja-O-2	CR-14	0,5032	100	0,0720306
L.repollo-O-1	CR-15	0,5090	100	0,0713106
L.repollo-O-2	CR-16	0,5064	100	0,0727911

Fuente: Autoras

Tabla 49. Concentración de plomo en los cultivos de la Unidad Educativa Francisca Dávila de Muñoz.

CODIFICACIÓN	N° MUESTRAS	PESO (gr)	AFORO	CONCENTRACIÓN DE Pb (mg/kg)
Col-1	FD-1	0,5040	50	0,0720463
Col-2	FD-2	0,5016	50	0,0728487
Brocoli-1	FD-3	0,5034	50	0,0727531
Brocoli-2	FD-4	0,5025	50	0,0728512
L.hoja-1	FD-5	0,5050	50	0,0729996
L.hoja-2	FD-6	0,5074	50	0,0726476
Col-O-1	FD-7	0,5116	50	0,0713966
Col-O-2	FD-8	0,504	50	0,0730649
L.hoja-O-1	FD-9	0,5182	100	0,1399517
L.hoja-O-2	FD-10	0,5031	100	0,1469177
L.rep-1	FD-11	0,5174	50	0,0704432
L.rep-2	FD-12	0,5061	50	0,0729797

Fuente: Autoras

4.3. Comparación de resultados obtenidos con estudios anteriores realizados en la ciudad de Cuenca.

4.3.1. Comparación del análisis microbiológico.

4.3.1.1. Comparación del análisis microbiológico entre instituciones educativas ubicadas en el Distrito Norte de Cuenca.

Tabla 50. Comparación de análisis microbiológico entre instituciones.

Especie	Julio María Matovelle		Federico Proaño		Tres de Noviembre		Cristo Rey		Francisca Dávila	
	<i>E.coli</i>	Co.	<i>E.coli</i>	Co.	<i>E.coli</i>	Co.	<i>E.coli</i>	Co.	<i>E.coli</i>	Co.
	UFC/g		UFC/g		UFC/g		UFC/g		UFC/g	
Col	0	35	0	40	0	40	0	113	0	40
Brócoli	0	113	0	30	0	30	0	17	0	23
Lechuga de hoja	0	60	0	130	0	37	0	30	0	70
Lechuga de repollo	0	67	0	180	0	35	0	43	0	50

Fuente: Autoras

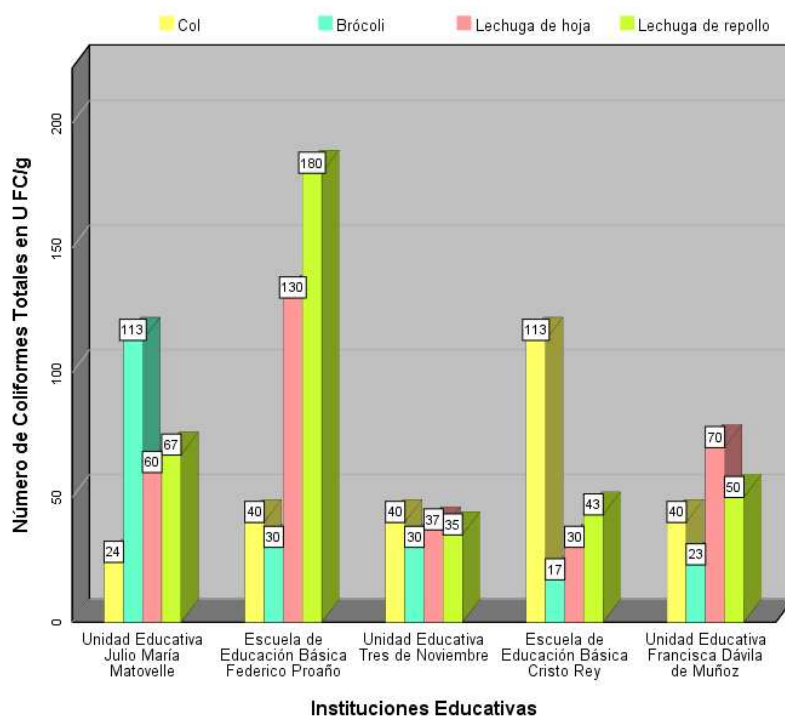


Figura 59. Comparación de coliformes totales en las instituciones educativas del Distrito Norte de Cuenca

Fuente: Autoras

Interpretación: Para el análisis microbiológico se tomó como base la “Normativa a la Recopilación Internacional de Normas Microbiológicas y Asimilados” (Moragas et al., 2019), cuyo objetivo es garantizar la seguridad alimentaria y sanitaria de alimentos destinados para el consumo humano. Esta norma nos permite identificar los niveles máximos permisibles tanto para coliformes totales como para *Escherichia coli*, estos parámetros que ya están establecidos nos indican que el rango óptimo para coliformes es de 10^2 - 10^4 UFC/g y para *Escherichia coli* el grado de aceptabilidad se encuentra entre 10^2 - 10^3 UFC/g en verduras y hortalizas (Moragas et al., 2019).

Como se puede evidenciar en la figura 59, las cinco instituciones educativas ubicadas en el Distrito Norte de Cuenca, los parámetros de contaminación microbiológica por coliformes se encuentran dentro de un rango aceptable. Cabe mencionar que ningún centro educativo sobrepasa los límites permisibles. Sin embargo, la escuela de Federico Proaño es la escuela que presenta mayor cantidad de coliformes totales con un valor de 180 UFC/g, con respecto al resto de escuelas. Esto podría atribuirse a que los cajones de hortalizas se encontraban cerca de alcantarillas donde pudo haber existido roedores que se convirtieron en plagas para las plantas cultivadas, así como también otra razón puede ser que no se cercó las cajoneras por lo que cualquier tipo de animal (aves) pudieron ingresar con facilidad a los sembríos.

Las especies de hortalizas que presentaron mayor concentración de coliformes fue la lechuga de repollo con 180 UFC/g y la lechuga de hoja, con 130 UFC/g. Así mismo se aprecia una baja concentración de coliformes totales en el brócoli, con 17 UFC/g y la col con 24 UFC/g. Un factor importante dentro de este análisis es que no se evidenció la presencia de *Escherichia Coli*, este es un dato trascendental, ya que es un indicador de la buena calidad de agua que poseen las instituciones.

4.3.1.2. Comparación del análisis microbiológico con estudios similares realizados por (Zhindón & Calle, 2018) en el Distrito Sur, (González & Portocarrero, 2019) en el Centro Histórico de Cuenca.

Tabla 51. Comparación de análisis microbiológico con el Distrito Norte, Distrito Sur y Centro Histórico.

Especie	Distrito Norte		Centro Histórico		Distrito Sur	
	<i>E.coli</i>	Co.	<i>E.coli</i>	Co.	<i>E.coli</i>	Co.
Col	0	53	0	128	13	94
Brócoli	0	42	0	130	38	155
Lechuga de hoja	0	65	0	132	38	219
Lechuga de repollo	0	131	0	166	61	250
TOTAL	0	292	0	556	151	718

Fuente: Autoras

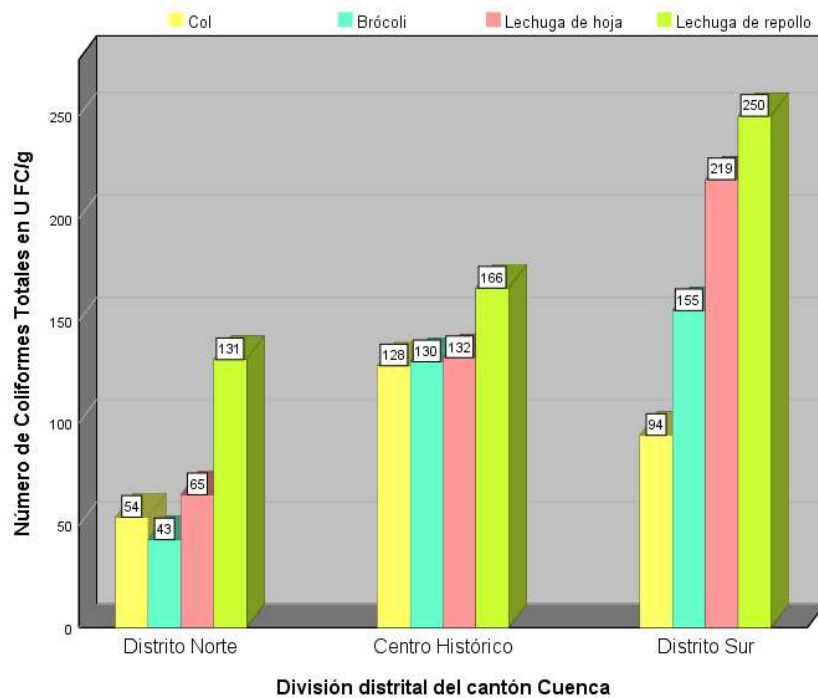


Figura 60. Comparación de coliformes totales presentes en el cantón Cuenca.

Fuente: Autoras

Interpretación: Como se puede evidenciar en la figura 60 la variedad de hortaliza que presenta los picos más altos con respecto a la presencia de coliformes totales en hortalizas, es la lechuga de repollo (*Lactruta sativa var. Capitata*) con 131 UFC/g en el Distrito Norte, 166 UFC/g en el Centro Histórico y 250 UFC/g en el Distrito Sur.

En cuanto a la calidad microbiológica por distritos cabe mencionar que el Distrito Sur es el que presenta mayor riesgo de incumplir con “Normativa a la Recopilación Internacional de Normas Microbiológicas y Asimilados”, ya que está por encima de los límites permisibles, debido a que presenta los niveles más altos de contaminación microbiológica de todos los distritos del cantón Cuenca, por lo que no se recomendaría la siembra de ningún tipo de hortalizas en dicho sector de la urbe cuencana.

Con respecto a la presencia de *E. coli*, no se pudo realizar las comparaciones debido a que tanto en el Distrito Norte como en el Centro Histórico no se evidenció la presencia de este microorganismo. Por lo contrario, el Distrito Sur presenta niveles alarmantes de contaminación microbiológica por *E. coli* e incluso sobrepasa los límites permisibles establecidos por la norma, lo que nos da un indicio que existe algún factor que está propiciando la proliferación de estos microorganismos, pudiendo atribuirse a las malas prácticas agrícolas.

4.3.2. Comparación de la captura de Carbono.

4.3.2.1. Comparación de las alturas de los cultivos entre instituciones educativas.

Tabla 52. Comparación de crecimiento de las hortalizas con cortina de ornamentales de las cinco instituciones educativas.

Cultivo	Julio María Matovelle	Federico Proaño	Tres de Noviembre	Cristo Rey	Francisca Dávila
Col	27,9	24,4	31,3	19,5	21,1
Brócoli	27,1	24,1	32,1	21,5	22,2
Lechuga de hoja	17,0	14,4	21,3	11,3	12,1
Lechuga de Repollo	16,9	13,4	20,7	10,7	11,1
Lengua de suegra	33,0	31,3	36,0	30,1	31,1
Ajenjo	28,4	26,2	32,6	24,1	25,1

Fuente: Autoras

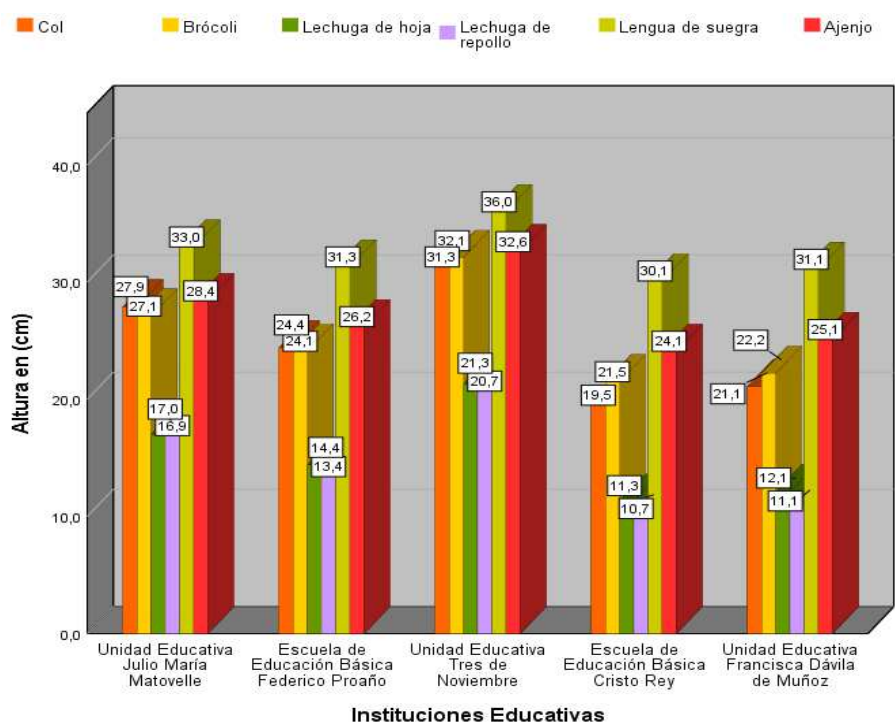


Figura 61. Comparación de crecimiento de las hortalizas con cortina de ornamentales de las cinco instituciones educativas.

Fuente: Autoras

Tabla 53. Comparación de crecimiento de las hortalizas sin cortina de ornamentales de las cinco instituciones educativas.

Cultivo	Julio María Matovelle	Federico Proaño	Tres de Noviembre	Cristo Rey	Francisca Dávila
Col	28,0	25,6	32,0	16,2	18,1
Brócoli	27,2	22,4	32,0	18,1	20,0
Lechuga de hoja	15,6	12,2	19,0	9,9	11,1
Lechuga de Repollo	16,7	13,9	20,1	10,2	10,9

Fuente: Autoras

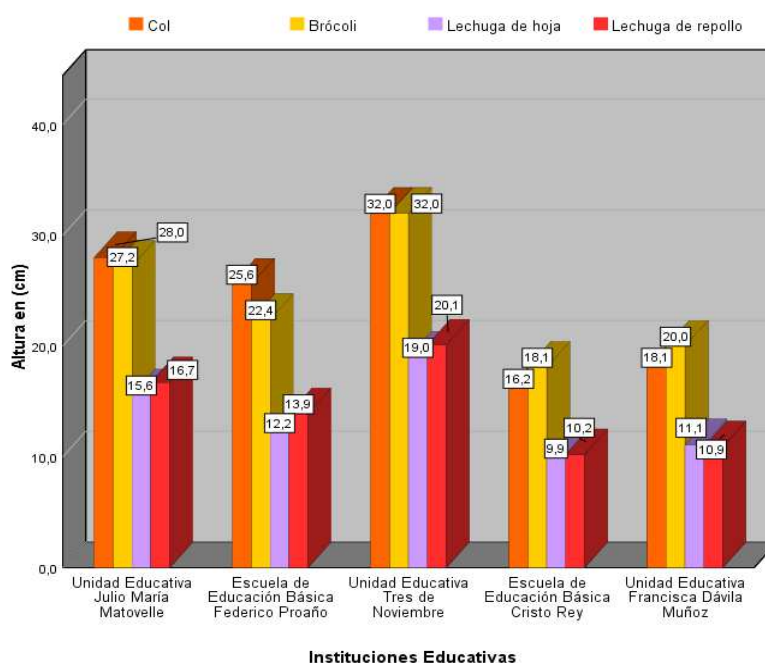


Figura 62. Comparación de crecimiento de las hortalizas sin cortina de ornamentales

Fuente: Autoras

Interpretación: En la Unidad Educativa Tres de Noviembre se evidenció un mayor crecimiento en su mayoría de las hortalizas y ornamentales, la col y el brócoli alcanzaron una altura de 32 cm, la lechuga de repollo 20,1cm y la lechuga de hoja 19 cm. Siguiendo la Unidad Educativa Julio María Matovelle, presentando una altura máxima de 28 cm en la col. Por otro lado, los cultivos que menor crecimiento alcanzaron fueron los de la Unidad Educativa Cristo Rey, siendo la lechuga de hoja la especie más pequeña con 9,9 cm.

4.3.2.2. Comparación de la captura de carbono entre las instituciones educativas ubicadas en el Distrito Norte de Cuenca.

Tabla 54. Captura de CO₂ por los huertos que contienen hortalizas con una cortina de ornamentales en cada institución educativa.

Especie	Julio Matovelle tnCO ₂ /m ²	Federico Proaño tnCO ₂ /m ²	Tres de Noviembre tnCO ₂ /m ²	Cristo Rey tnCO ₂ /m ²	Francisca Dávila tnCO ₂ /m ²
Col	0,01667	0,01057	0,00792	0,00375	0,00584
Brócoli	0,00652	0,00701	0,00673	0,00227	0,00419
Lechuga de hoja	0,01016	0,00609	0,00457	0,00236	0,00401
Lechuga de repollo	0,00756	0,00850	0,02101	0,00218	0,00939
Lengua de suegra	0,01209	0,01587	0,02203	0,01427	0,01785
Ajenjo	0,00324	0,00205	0,00211	0,00246	0,00253
TOTAL	0,05624	0,05009	0,06437	0,02729	0,04381

Fuente: Autoras

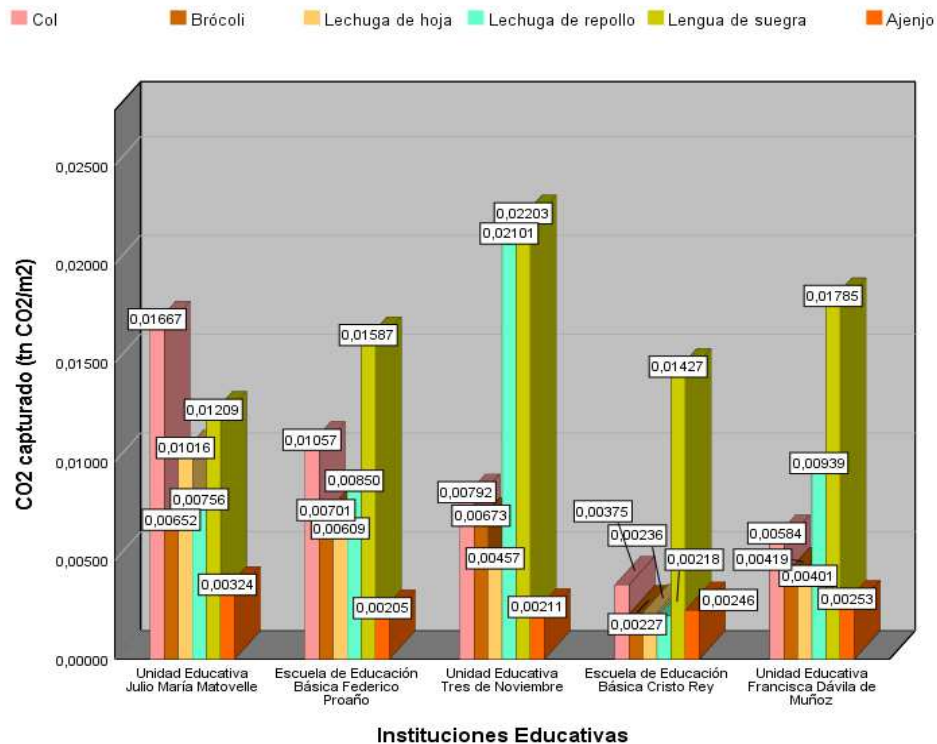


Figura 63. Captura de CO₂ por los huertos que contienen hortalizas con una cortina de ornamentales en cada institución educativa.

Fuente: Autoras

Interpretación: Según los valores representados en la figura 63 la mayor cantidad de carbono secuestrado se dio en la escuela Tres de Noviembre ya que dicha institución presento los picos más altos con 0,02203 tn CO₂/m², seguido de la escuela Francisca Dávila con 0,01785 tn CO₂/m². Con respecto a las plantas que capturaron más carbono sobresalen la lengua de suegra con 0,02203 tn CO₂/m² seguida de la col con 0,01667 tn CO₂/m².

Tabla 55. Captura de CO₂ por los huertos que contienen solo hortalizas en cada institución educativa.

Especie	Julio Matovelle tnCO ₂ /m ²	Federico Proaño tnCO ₂ /m ²	Tres de Noviembre tnCO ₂ /m ²	Cristo Rey tnCO ₂ /m ²	Francisca Dávila tnCO ₂ /m ²
Col	0,01714	0,01236	0,00935	0,00408	0,00594
Brócoli	0,00820	0,00862	0,00845	0,00225	0,00441
Lechuga de hoja	0,01419	0,00717	0,01740	0,00431	0,00490
Lechuga de repollo	0,00926	0,01020	0,01910	0,00259	0,01138
TOTAL	0,04879	0,03835	0,05430	0,01323	0,02663

Fuente: Autoras

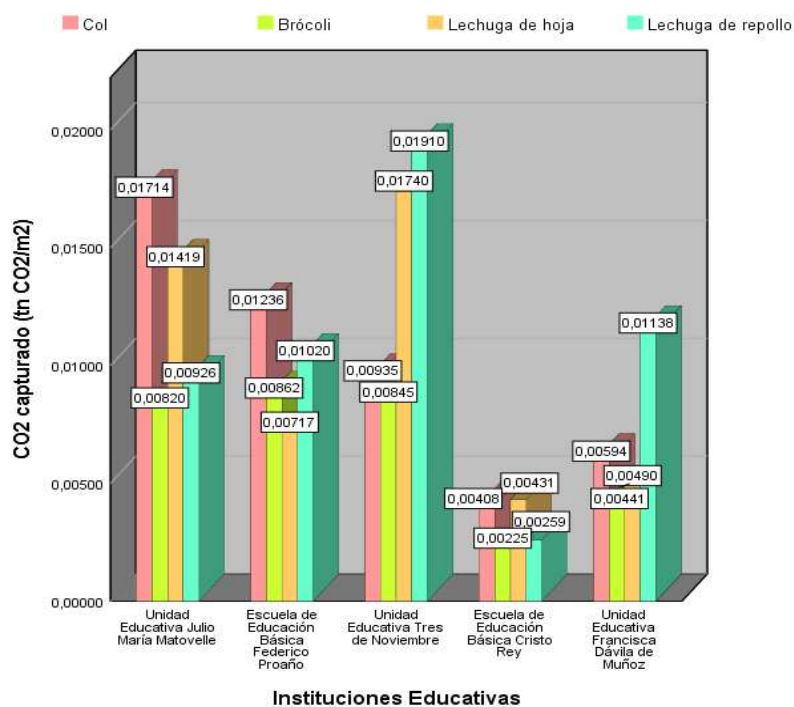


Figura 64. Captura de CO₂ por las hortalizas con una cortina de ornamentales en cada institución educativa.

Fuente: Autoras

Interpretación: En la figura 64 se muestra que en los cajones en los que se sembró únicamente hortalizas, las escuelas que presentaron mayor cantidad de CO₂ secuestrado son: la Unidad Educativa Tres de Noviembre con 0,01910 tn CO₂/m², seguido de la Unidad Educativa Julio María Matovelle con 0,01714 tn CO₂/m². Con respecto a las hortalizas la que más logró capturar CO₂ fue la lechuga de repollo con 0,01910 tn CO₂/m² y la col con 0,01714 tn CO₂/m².

Comparación de la captura de CO₂ por los huertos que contiene solo hortalizas y por los huertos con cortina de ornamentales entre las instituciones educativas.

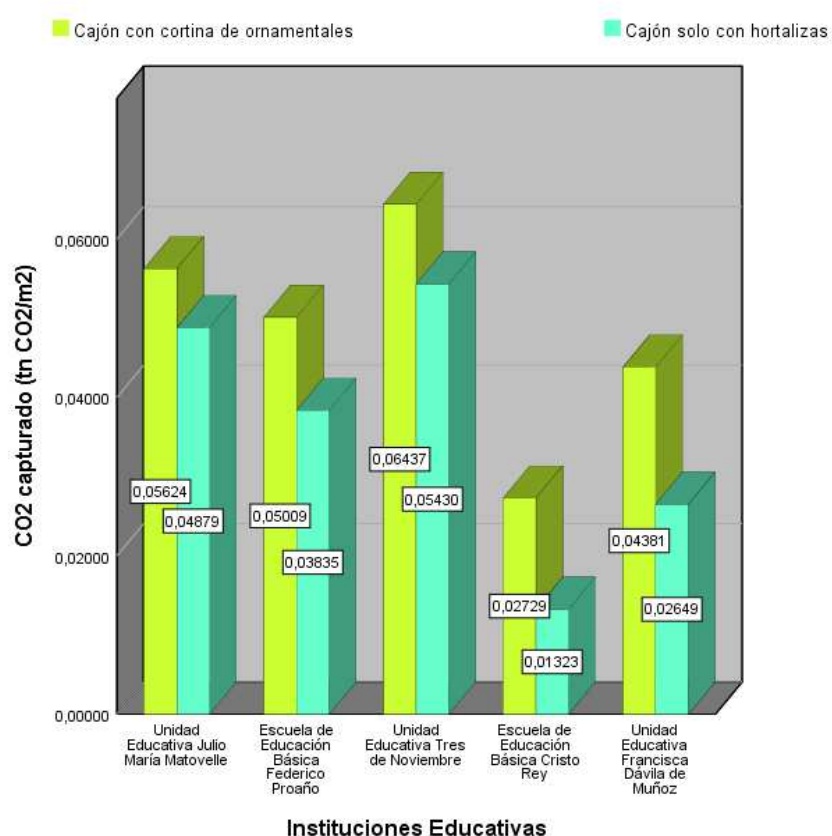


Figura 65. Gráfica comparativa de la captura de CO₂ en los huertos que contienen solo hortalizas y los huertos que contienen cortina de ornamentales.

Fuente: Autoras

Interpretación: De la comparación entre los cajones con los huertos que contienen solo hortalizas con los huertos que contiene hortalizas con cortina de ornamentales, se puede apreciar que los huertos sembrados en la Unidad Educativa Tres de Noviembre fueron los que más capturaron CO₂ con 0,06437 tn CO₂/m². Es importante señalar que las cajas que capturaron más CO₂ fueron las cajas en donde se sembró solo hortalizas, ya que en las cajas con cortina de ornamentales la lengua de suegra ayudó a capturar más CO₂, según los valores que exponen la figura 65. Lo que concuerda con lo expuesto por Pedraza (2015), en su estudio sobre la biodepuración del aire con plantas purificantes y ornamentales en donde concluyó que la lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*) tiene una alta capacidad para la concentración de CO₂ logrando obtener una valoración de 3/4 en toda su investigación realizada (Monteros, 2015).

Comparación de la captura de CO₂ por los huertos que contiene solo hortalizas y por los huertos con cortina de ornamentales.



Figura 66. Gráfica de captura de CO₂ de los huertos que contienen cortina de ornamentales y solo hortalizas

Fuente: Autoras

Interpretación: Con la intención de mostrar cuál de los dos cajones capturo más CO₂ en la figura 66 se muestra que los cajones en los que se sembró solo hortalizas capturo un 43% de CO₂. Mientras que en los cajones en donde se sembró las mismas hortalizas, pero con cortina de ornamentales capturaron un 57% de CO₂. Por lo que se puede deducir que la planta ornamental lengua de suegra cumplió con su función de capturar CO₂. Lo que tiene concordancia con el estudio realizado por la NASA en donde científicos afirmaron que este tipo de plantas tienen la capacidad de depurar el aire por medio de la fijación de CO₂ en sus hojas (Wolverton et al., 1989).

4.3.3.1. Comparación de la captura de carbono con estudios realizados en el Centro Histórico por (González & Portocarrero, 2019) y en el Distrito Sur por (Zhindón & calle, 2018).

Tabla 56. Captura de CO₂ por los huertos que contienen hortalizas con una cortina de ornamentales en el Distrito Norte y Centro Histórico.

Espece	Distrito Norte	Centro Histórico
Col	0,0448	0,0131
Brócoli	0,0267	0,0100
Lechuga de hoja	0,0272	0,0114
Lechuga de repollo	0,0486	0,0366
Lengua de Suegra	0,09211	0,2284
Ajenjo	0,0124	-----

Fuente: Autoras

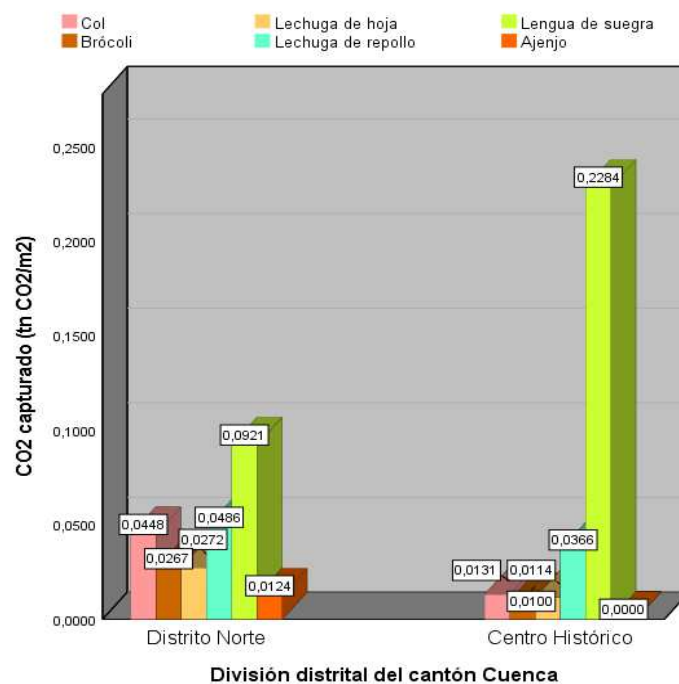


Figura 67. Gráfica de comparación de captura de CO₂ en el Distrito Norte y Centro Histórico.

Fuente: Autoras

Interpretación: Los valores presentados en la figura 67 demuestran que el cajón de hortalizas con cortina de plantas ornamentales del Centro Histórico la lengua de suegra logró capturar 0,2284 tn CO₂/m² mientras que en el Distrito Norte la misma planta logró capturar 0,09211 tn CO₂/m².

Tabla 57. Captura de CO₂ de los huertos sin ornamentales en el Distrito Norte, Distrito Sur y Centro Histórico.

Especie	Distrito Norte	Distrito Sur	Centro Histórico
Col	0,0489	0,0554	0,0412
Brócoli	0,0319	0,0326	0,0130
Lechuga de hoja	0,04797	0,1384	0,0707
Lechuga de repollo	0,0526	0,1555	0,0802
TOTAL	0,16800	0,38192	0,20510

Fuente: Autoras

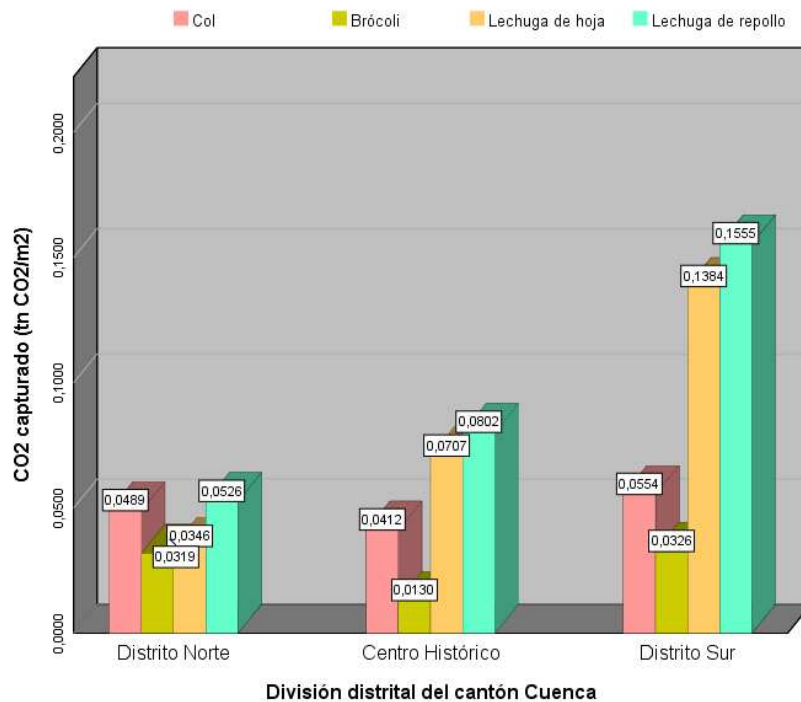


Figura 68. Gráfica de comparación de la captura de CO₂ en el cantón Cuenca por los huertos sin ornamentales.

Fuente: Autoras

Interpretación: Como se ilustra en la figura 68 el distrito en el cual se capturo más CO₂ fue el Distrito Sur con 0,1555 tn CO₂/m², seguido del Centro Histórico con un pico de 0,0802 tn CO₂/m². Con respecto a las hortalizas que capturaron más CO₂ fue la lechuga de repollo con 0,1555 tn CO₂/m² seguido de la lechuga de hoja con 0,1384 tn CO₂/m² las especies que mayor fijación de CO₂ tuvieron. Lo que tiene concordancia con un estudio realizado en la ciudad de Quito por Monteros (2015), en donde afirma que de un conjunto de hortalizas sembradas el que tuvo mayor fijación de CO₂ es el de la lechuga de repollo esto puede atribuirse a que estas hortalizas presentan una parte aérea mucho mayor a la de las demás especies (Monteros, 2015).

4.3.4. Comparación de concentración de plomo.

4.3.4.1. Comparación de concentración de plomo entre las instituciones educativas.

Tabla 58. Concentración de plomo en los cultivos de las cinco instituciones educativas.

Especie	Julio María Matovelle (mg/Kg)	Federico Proaño (mg/Kg)	Tres de Noviembre (mg/Kg)	Cristo Rey (mg/Kg)	Francisca Dávila (mg/Kg)
Col	2,15086	0,07175	0,14502	0,14573	0,07223
Brócoli	2,14271	0,07256	0,07141	0,07207	0,07280
Lechuga de hoja	4,29225	0,07300	0,07290	0,07217	0,01434
Lechuga de repollo	4,87277	0,07173	0,07190	0,07205	0,07117
TOTAL	13,45859	0,28904	0,36123	0,36201	0,23055

Fuente: Autoras

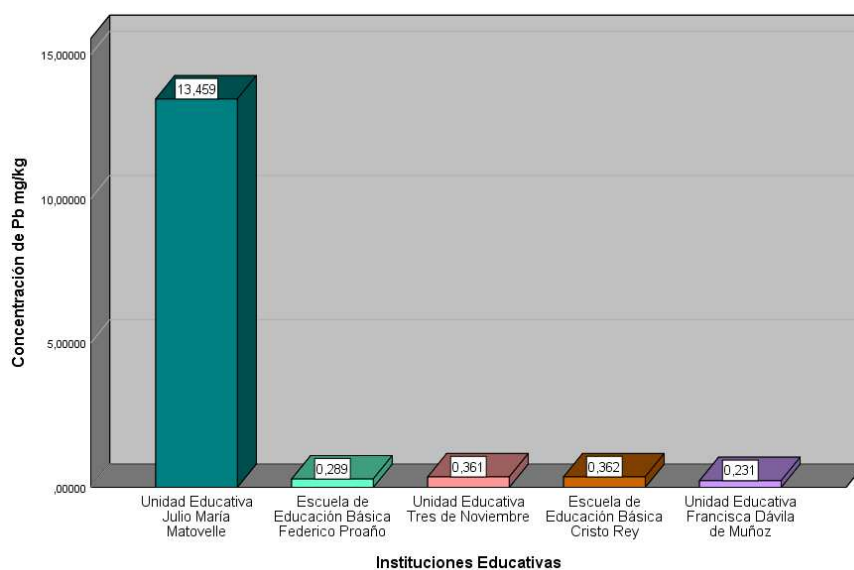


Figura 69. Gráfica comparativa de la concentración de plomo en los huertos que contienen únicamente hortalizas en cada institución.

Fuente: Autoras

Interpretación: En el Distrito Norte que encontraron 14,70 mg/kg de plomo, distribuidos en los cultivos de las cinco instituciones educativas, encontrando la mayor concentración en el huerto de la Unidad Educativa Julio María Matovelle con valor de 13,459 mg/kg y la menor concentración en la Unidad Educativa Francisca Dávila con 0,231 mg/kg.

4.3.4.2. Comparación de concentración de plomo con el estudio realizado en el Distrito Sur por (Zhindón & Calle, 2018).

Tabla 59. Concentración de plomo en las hortalizas en el Distrito Norte y Distrito Sur.

Especie	Distrito Norte (mg/kg)	Distrito Sur (mg/kg)
Col	0,5171	30,34
Brócoli	0,4863	28,81
Lechuga de hoja	0,9049	26,21
Lechuga de repollo	1,0319	27
TOTAL	2,9403	112,36

Fuente: Autoras

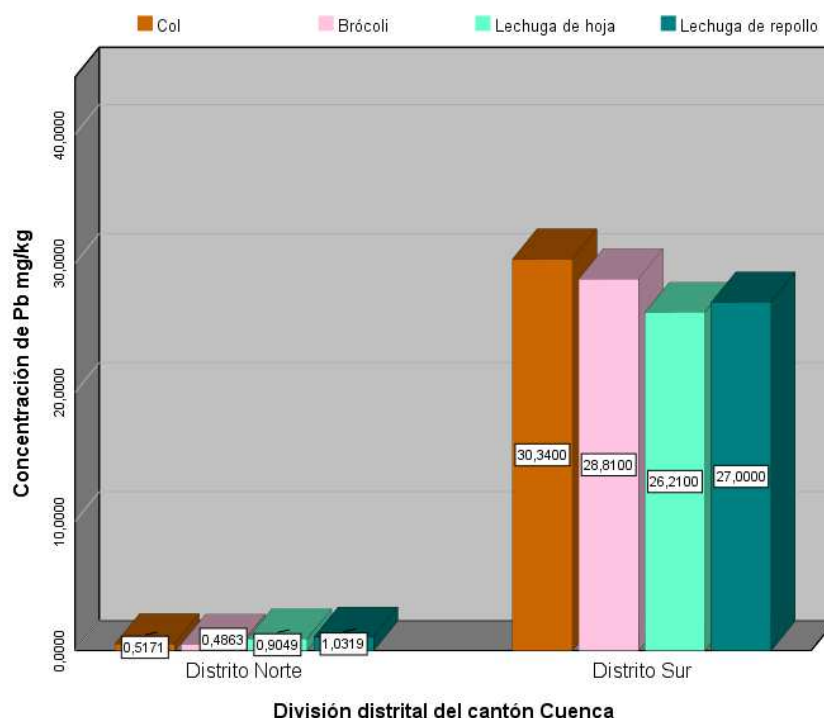


Figura 70. Comparación de la concentración de plomo entre el Distrito Norte y Distrito Sur.

Fuente: Autoras

Interpretación: Con respecto a la comparación de la concentración de plomo en el Distrito Norte y Distrito Sur, podemos ver que existe una elevada concentración de plomo en las hortalizas del Distrito Sur, encontrando un valor total de captura de plomo en las especies de hortalizas con un valor de 112,36 mg/kg. Todo lo contrario, ocurre en la Distrito Norte donde los valores de concentración de dicho metal son bajos, obteniendo un valor de 2,94 mg/kg.

DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito identificar la presencia de plomo, bacterias patógenas (coliformes totales y *E. coli*) y la captura de carbono en hortalizas y plantas ornamentales, emplazadas en un sistema de agricultura urbana implementado en cinco instituciones educativas del Distrito Norte de Cuenca. Además, se realizó educación ambiental amparada en los principios IAR-FAO. A continuación, se estarán discutiendo los principales hallazgos de este estudio.

A partir de los resultados obtenidos del recuento de bacterias patógenas en muestras de hortalizas cultivadas en el Distrito Norte del cantón Cuenca, se evidenció que no existió presencia de *E. coli* en ninguna muestra. Sin embargo, en lo que respecta a coliformes totales las especies de hortalizas que presentaron mayor concentración de este tipo, fue la lechuga de repollo y la lechuga de hoja en la escuela de Educación Básica Federico Proaño con 180 UFC/g y 130 UFC/g respectivamente. Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Barrantes, Clyde & Achí (2010) en donde reportaron la presencia de bacterias enteropatógenas como *E. coli* y *Salmonella* principalmente en los cultivos de lechugas. Así mismo Puig et al. (2014), en su estudio afirmó la presencia de parásitos y *E. coli* con mayor frecuencia en la lechuga, berro y espinaca, por lo que estas hortalizas no son aptas para el consumo humano (Puig et al., 2014). Estos autores expresan que estos riesgos microbiológicos están asociados al no cercado de las áreas de cultivo, la presencia de animales en los sembríos, la proximidad a zonas de acumulación de aguas albañales o sólidos orgánicos, las malas prácticas de producción entre otros. Así mismo, en un estudio realizado en la ciudad de Cajamarca (Perú) por Rivera, Rodríguez & López (2009), reveló un alto nivel de contaminación por coliformes totales presentes principalmente en el perejil y la lechuga

con promedios de coliformes muy por encima de 4×10^4 y 5×10^3 UFC/g respectivamente (Rivera et al., 2009), guardando relación con el presente estudio realizado en el Distrito Norte del cantón Cuenca.

En lo que respecta a la captura de Carbono por parte de las especies vegetales de la agricultura urbana, algunos estudios realizados en Cuenca demuestran que la lechuga de repollo capturó mayor cantidad de CO_2 , en el Distrito Norte con $0,0526 \text{ tn CO}_2/\text{m}^2$, mientras que el Centro Histórico logró capturar $0,0802 \text{ tn CO}_2/\text{m}^2$, y finalmente el Distrito Sur $0,1555 \text{ tn CO}_2/\text{m}^2$. Estos resultados se pueden comparar con un estudio sobre el diseño de un sistema de captura de CO_2 en hortalizas que se realizó en la zona urbana de Quito, el cual indicó que el cultivo con mayor fijación de CO_2 fue la lechuga de repollo, esto se puede atribuir a que ésta hortaliza presentó una mayor masa vegetal, en comparación con especies como: acelga, albahaca, orégano, remolacha y rábano (Monteros, 2015).

Además, Carvajal (2010) en su estudio sobre captura de carbono en hortalizas, afirmó que la lechuga de repollo es más eficiente que otras hortalizas como el tomate, pimiento, brócoli y coliflor, para la captura de CO_2 con $129,8 \text{ CO}_2/\text{m}^2$, esto podría atribuirse a la composición bioquímica de esta hortaliza ya que posee mayor porcentaje de fibra que el resto de las hortalizas. Sin embargo, en un estudio realizado en Murcia sobre la captura de CO_2 en cultivos como: el brócoli, la coliflor, la alcachofa, la lechuga realizado por Mota et al., (2010) mencionó que la alcachofa es la más eficiente en la captación de CO_2 y no la lechuga como muestra el presente estudio.

Para Acosta et al. (2001), los sistemas de producción agrícola tienen gran capacidad para capturar carbono, pero señaló que esta tiene que ser una agricultura de conservación combinada con métodos ancestrales del manejo de tierra. Debido a lo mencionado

anteriormente la agricultura urbana contrarrestada de la labranza de suelo y asociación de cultivos es una muy buena opción de sumideros de carbono para disminuir el CO₂.

Con respecto a la captura de CO₂ por las plantas ornamentales, la lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*) fue la especie con mayor capacidad de fijación de CO₂ ya que obtuvo 0,09211 tn CO₂/m² en el Distrito Norte y en el Centro Histórico 0,2284 tn CO₂/m² comprobándose la hipótesis planteada sobre la mayor capacidad de fijación de CO₂ en este tipo de plantas ornamentales. Esto tiene concordancia con lo expuesto por Rosas (2008) en donde afirmó que la lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*) es eficiente para capturar gases como NO₂, SO₂ y CO₂ presentes en cualquier tipo de ambiente como puede ser interior como exterior (Rosas, 2008).

Así mismo, Pedraza (2015) en su estudio sobre la biodepuración del aire con plantas purificantes y ornamentales concluyó que todas las plantas vegetales tienen capacidad para capturar CO₂ unas en mayor proporción que otras, esto también dependerá del tipo de contaminante que se requiera capturar, en mencionado estudio se muestra una tabla en la que la lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*) tiene una valoración de 3 que significa una capacidad elevada para la fijación de CO₂.

Un estudio publicado por la NASA en 1989 sobre las plantas de paisaje para la reducción de la contaminación del aire, se expuso que la planta lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*) es una de las principales especies vegetales para purificar ambientes contaminados principalmente por gases de efecto invernadero (Wolverton, et al., 1989). Los científicos de la NASA la han identificado como una planta fijadora de CO₂, aumentando así, la cantidad de iones en el aire y la calidad del mismo.

En cuanto al análisis de concentración de plomo, se comprueba la presencia del metal en hortalizas cultivadas en la ciudad de Cuenca, en el Distrito Norte se encontró un total 2,9403 mg/kg y en el Distrito Sur existió una mayor concentración de 112,36 mg/kg. En el Distrito Norte, se evidenció mayor concentración de plomo en la lechuga de repollo con 1,0319 mg/kg, el mismo que supera los límites permisibles establecidos por la Normativa CODEX ALIMENTARIUS, en donde señala una concentración máxima de 0,3 mg/kg para hortalizas de hoja. La hortaliza que presentó mayor concentración de plomo fue la lechuga lo que tiene relación con un estudio ejecutado por Stevens, McLaughlin & Heinrich (2003) en donde realizó un análisis comparativo del suelo antes y después del cultivo de lechugas donde se observó una disminución de la concentración de Pb y Zn de los suelos después del sembrío, lo que puede atribuirse a que las lechugas capturaron dicho metal.

Además, se comprobó en el presente estudio una variabilidad de concentración de plomo entre instituciones educativas, en donde la escuela Julio María Matovelle presentó mayor concentración de plomo con un promedio de 3,36465 mg/kg y las otras cuatro instituciones presentaron valores extremadamente bajos con un promedio 0,07768 mg/kg. Esta diferencia se debe a que, en la primera escuela se sembró las hortalizas en parcelas asignado por la propia institución, en cambio en las otras cuatro escuelas se realizó la siembra de cultivos en cajones colocando tierra negra traída del cerro. Por lo mencionado anteriormente se deduce que, lo que influenció la diferencia de concentraciones de plomo fue el tipo de sustrato utilizado para cada cultivo de hortalizas en cada institución educativa. Esta hipótesis se logró corroborar con los análisis de laboratorio que se realizó a la tierra de la parcela, que obtuvo niveles altos de concentración de plomo y con la tierra negra de cerro que presentó trazas de este metal, pero en cantidades mínimas que se podrían considerar despreciables adquiridas de forma natural.

Estos resultados guardan relación con lo expuesto por los autores Kabata & Pendias (2001); Olivares et al. (2013), en donde afirman que la presencia de plomo en las plantas proviene de la absorción de los suelos o del polvo atmosférico. Además, Olivares et al. (2013), señaló que debido a la poca movilidad de este metal en los suelos se acumula a través de los años. En este sentido argumentan que la presencia de plomo en hortalizas de huertos urbanos podría deberse al agua de riego ya que por encontrarse dentro de la urbe los sembríos se riegan con agua potable pudiendo existir contaminación en las tuberías (Goetschel, 2018).

Según Prieto et al. (2009), los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos, no pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no intervienen en funciones metabólicas para los seres vivos.

Por lo mencionado anteriormente podemos decir que los sistemas de agricultura urbana además de brindar beneficios alimentarios y garantizar la seguridad alimentaria, poseen otros beneficios que van desde los beneficios sociales, físicos, psicológicos y principalmente ambientales (Zielinski et al., 2012).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este último capítulo se presentan los principales hallazgos observados en el presente estudio con respecto a la educación ambiental , la captura de CO₂ y el análisis microbiológico en el Distrito Norte del cantón Cuenca. Además, se plantean algunas recomendaciones que servirán con base para futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

- Con respecto a la implementación de la educación ambiental amparada en los principios IAR-FAO, de manera general se observó resultados positivos ya que por una parte en la evaluación realizada a los estudiantes se evidenció un nivel de comprensión del 80% de los temas tratados. Además, al finalizar dicho proyecto los niños, niñas y adolescentes participantes mostraron actitudes y acciones positivas sobre los huertos urbanos de modo que se logró el fortalecimiento de sus valores ambientales.
- A partir de los análisis realizados se encontró que la contaminación microbiológica en el Distrito Norte del cantón Cuenca de forma general tuvo bajos índices de contaminación bacteriana, dado a que el pico más alto fue de 180 UFC/g en la escuela Federico Proaño encontrándose dentro de los límites permisibles en referencia a la “Normativa a la recopilación Internacional de Normas Microbiológicas y Asimilados”. El Distrito Norte representó un 25% del total de contaminación microbiológica del cantón Cuenca, en comparación al Centro Histórico y Distrito Sur. De manera más específica con respecto a la presencia de microorganismos en hortalizas en el Distrito Norte no se evidenció la presencia de *E. coli* en los cultivos. Por lo contrario, en coliformes totales los índices de contaminación fueron bajos siendo la lechuga de repollo la que presentó mayor contaminación con 180 UFC/g, lo que pudo estar asociado a la presencia de animales y el no cercado de las áreas de cultivo.
- La cantidad total de carbono capturado por las hortalizas y plantas ornamentales en el Distrito Norte de Cuenca fue de 0,4231 tn CO₂/m². Por lo mencionado con

anterioridad la fitorremediación se presenta como una posible estrategia mitigante y correctiva de la emisión de contaminantes en el ambiente. Los resultados demuestran que la planta lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*) es la especie más eficiente para capturar CO₂ en comparación con las otras plantas cultivadas, ya que solo esta especie logró capturar 0,09211 tn CO₂/m² debido a que esta planta es C4 por lo que posee una alta actividad fotosintética pudiendo almacenar y mantener gran cantidad de energía y biomasa. Como hemos podido observar del trabajo presentado, prácticamente dependemos de la capacidad de captura de CO₂ por parte de las plantas para contrarrestar el efecto invernadero. Por todo ello surge la necesidad de conservar sistemas agrícolas que por medio de su biomasa logren fijar mayor cantidad de gases de efecto invernadero. Además, que dichos sistemas contribuyen a la seguridad alimentaria de la sociedad en general.

- Para el análisis de concentración de plomo en los cultivos de las instituciones educativas, se basó en la normativa CODEX ALIMENTARIUS que reporta para las hortalizas de hoja el límite máximo permisible es de 0,30 mg/kg. Las muestras que representan bajos niveles de concentración de plomo son las pertenecientes a las escuelas: Federico Proaño, Tres de Noviembre, Cristo Rey y Francisca Dávila con un promedio de 0,07768 mg/kg por lo que se encuentran bajo los límites permisibles establecidos en la normativa, mientras que las muestras referentes a la escuela Julio María Matovelle muestran niveles altos de concentración de plomo con un promedio de 3,36465 mg/kg estando sobre los límites permisibles; estas diferencias se deberían a que la escuela Julio Matovelle fue en la única institución en donde se sembró en parcelas por lo que se deduce que el suelo de dicha institución estaba contaminado por dicho metal lo cual se corroboró con el análisis realizado en laboratorio.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar este estudio a otros vegetales frescos ya que la información sobre contaminación microbiológica en nuestro país es muy limitada, debido a que no se cuenta con una normativa que contemple los criterios microbiológicos para alimentos de consumo.
- Las instituciones educativas deberían ser parte activa en la contribución a la mitigación del cambio climático fomentando “espacios verdes” para que los estudiantes potencien sus aptitudes en la agricultura urbana y a la vez aporten a la reducción de los gases que provocan el efecto invernadero.
- Es necesario la creación de conferencias, simposios, etc por parte de las autoridades como el Ministerio del Ambiente para dar a conocer a la sociedad en general la importancia de la agricultura urbana y el aporte que esta realiza al calentamiento global, impidiendo que toneladas de carbono se escapen a la atmosfera.
- Teniendo en cuenta la diversidad de flora que posee nuestro país se recomienda continuar con la investigación de otras especies que sean capaces de capturar no solo CO₂ sino cualquier otro tipo de contaminante como CH₄, N₂O, CFC, O₃ los cuales contribuyen al efecto invernadero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 3M. (2015). *Guía de interpretación Placas Petrifilm™ para Recuento de E. coli/Coliformes*.
<https://multimedia.3m.com/mws/media/1409678O/guia-interpretacin-petrifilm-e-coli.pdf>
- Acosta, M., Quednow, K., Etchevers, J., & Monreal, C. (2001). *Un método para la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sistemas con vegetación natural e inducida en terrenos de ladera en México*. Universidad de México.
- Andrade, C. (2017). Análisis sustentable de las fincas de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) en Santa Rosa de Quives, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 16(2), 135-142.
<https://doi.org/10.21704/rea.v16i2.1017>
- Andrade, H. J., Arteaga, C. C., & Segura, M. A. (2016). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 103.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561
- Arias, S., Betancur, F., Gómez, G., Salazar, J., & Hernández, M. (2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador Técnico*, 74. <https://doi.org/10.23850/22565035.5>
- Ávila, H. (2019). Agricultura urbana y periurbana: Reconfiguraciones territoriales y potencialidades en torno a los sistemas alimentarios urbanos. *Revista de Investigaciones Geográficas por Universidad Nacional Autónoma de México*, 98, Article 98. <http://dx.doi.org/10.14350/rig.59785>
- Azcón, J., Fleck, I., Aranda, X., & Gómez, N. (2008). Fotosíntesis, factores ambientales y cambio climático. En *Fotosíntesis, factores ambientales y cambio climático* (Versión

- 2, 2.^a ed., Vol. 1). McGraw-Hill Interamericana.
<http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/FisioVegetal/13.pdf>
- Barceló, J., & Poschenrieder, C. (1992). Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. *Universidad Autónoma de Barcelona*, 2(2), 345–361.
- Barrantes, K., Clyde, B., & Achí, R. (2010). Detection of shigella in lettuce by the use of a rapid molecular assay with increased sensitivity. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41(4), 993-1000. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822010000400018>
- Benjamín, J., & Masera, O. (2001). *Captura de carbono ante el cambio climático* (N.º 1). 7(1), Article 1. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>
- Bernal, A. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos: Una visión general. *UNAD Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), 245-258.
- Bourgeois, M. (1996). *Microbiología alimentaria* (Vol. 1). Acribia.
- Bradley, S., & Cox, J. (1988). The potential availability of cadmium, copper, iron, lead, manganese, nickel and zinc in standard river sediment (NBS 1645). *Environmental Technology Letters*, 9(7), 733-739. <https://doi.org/10.1080/09593338809384625>
- CAF, & FAO. (2009). *Nota de Análisis Sectorial Agricultura y Desarrollo Social* [ECUADOR: Nota de Análisis Sectorial]. Centro de Inversiones de la FAO y la Corporación Andina de Fomento (CAF).
- Calixto, R. (2012). Investigación en educación ambiental. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(55), 1019–1033.
- Cámara, M. (2018). *Determinación de residuos de metales tóxicos en arroz mediante ICP-MS*. <http://tauja.ujaen.es/jspui/handle/10953.1/8729>
- Carrión, D. (2012). *Ecuador rural del siglo XXI: Soberanía alimentaria, inversión pública y política agraria*. Instituto de Estudios Ecuatorianos.

- Carvajal, M. (2010). *Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos*. http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf
- Cásseres, E. (1980). *Producción de hortalizas* (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). Biblioteca del IICA-CIDIA.
- Castebianco, J. A. (2018). Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. *La Granja*, 27(1), 21-35. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.02>
- Center for AeroSpace information. (2007). *Plants Clean Air and Water for Indoor Environments*. https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2007/ps_3.html
- Cerna, L. A. (2007). *Agrotecnia Sostenible*. Universidad Privada Antenor Orrego. <http://www.upao.edu.pe/fondoeditorial/pdf/agrotecnia.pdf>
- Céspedes, C. (2012). *Producción Hortofrutícola Orgánica*. Ministerio de Agricultura. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38258.pdf>
- Chen, Y., Hu, W., Huang, B., Weindorf, D. C., Rajan, N., Liu, X., & Niedermann, S. (2013). Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 98, 324-330. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.09.037>
- Clavijo, C. (2013). *Agricultura urbana en Quito: Análisis de la sustentabilidad de las huertas de tres proyectos* [Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales]. <http://hdl.handle.net/10469/6801>
- CODESPA. (2014). *¿Qué es la seguridad alimentaria y por qué es importante en la vida de las personas?* fundaciónCODESPA. <https://www.codespa.org/blog/2014/05/30/que-es-la-seguridad-alimentaria-y-por-que-es-importante-en-la-vida-de-las-personas/>

- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial No 449*.
<http://www.estade.org/legislacion/normativa/leyes/constitucion2008.pdf>
- COPREDEH. (2011). *Derecho Humano a la Alimentación y a la Seguridad Alimentaria*.
Comisión Presidencial Coordinadora de la Política del Ejecutivo en Materia de
Derechos Humanos. <http://www.corteidh.or.cr/tablas/r29521.pdf>
- Coyago, E., & Bonilla, S. (2016). Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en
especies vegetativas usadas para consumo animal y humano. *La Granja*, 23(1),
Article 1. <https://doi.org/10.17163/lgr.n23.2016.04>
- CSA. (2014). *Principios para la inversión responsable en la agricultura y los sistemas
alimentarios*. Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. [www.fao.org/3/a-
au866s.pdf](http://www.fao.org/3/a-au866s.pdf)
- De Benito, A., & Sobrero, A. (2009). Fijación de carbono en el suelo en Agricultura de
Conservación. *ResearchGate*.
[https://www.researchgate.net/publication/285397328_Fijacion_de_carbono_en_el_s
uelo_en_Agricultura_de_Conservacion](https://www.researchgate.net/publication/285397328_Fijacion_de_carbono_en_el_suelo_en_Agricultura_de_Conservacion)
- Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., & Acevedo, O. (2011).
Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and
subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612.
- Delgado, G. C., Espina Prieto, M., Sejenovich, H., Delgado, G. C., & Programa CLACSO-
CROP de Estudios sobre Pobreza en América Latina y el Caribe (Eds.). (2013). *Crisis
socioambiental y cambio climático* (Primera edición en español). CLACSO.
- Domínguez, M. C. (2015). *La contaminación ambiental, un tema con compromiso social*.
10(1), 9-21.

- Erazo, V. (2020). *Modernización de la agricultura ecuatoriana. Políticas de subsidio y subsunción del trabajo campesino a la agroempresa, caso maíz duro en Los Ríos* [Trabajo de titulación]. Universidad Central del Ecuador.
- Escartín, E. (2000). *Microbiología e inocuidad de los alimentos*. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Espada, J. (2013). Los árboles frutales como sumideros de CO₂, desempeñan un importante servicio ambiental. *Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario*. http://bibliotecavirtual.aragon.es/bva/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3707991
- Estévez, R. (2010). *La agricultura como sumidero de CO₂*. ecointeligencia. <https://www.ecointeligencia.com/2010/10/la-agricultura-como-sumidero-de-co2/>
- Estrada, A., Gallo, M., & Nuñez, E. (2016). Contaminación ambiental, su influencia en el ser humano, en especial: El sistema reproductor femenino. *Universidad y Sociedad*, 8(2), 80-87.
- FAO. (2012). *La agricultura urbana, y su contribución a la seguridad alimentaria*. COMUNICA. <http://www.fao.org/3/as174s/as174s.pdf>
- FAO. (2014). *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política* (Salcedo Salomon, Lya Guzmán). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2015). *70 Años de la FAO (1945-2015)*. <http://www.fao.org/3/a-i5142s.pdf>
- FAO. (2019). *Marco Jurídico propicio para la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. <http://www.fao.org/3/ca3522es/CA3522ES.pdf>

- FAO, & OMS. (2013). *Comisión del CODEX ALIMENTARIUS Manual de Procedimiento*. Organización Mundial de la Salud / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http://www.fao.org/3/a-i3243s.pdf?fbclid=IwAR03AQjs_eJd0i92raJTJf-QqJBt2Dfq08d9UV1xShre9ZY-AOF_v1RdH7Y
- Fernández, E. (1981). *Microbiología sanitaria: Agua y alimentos*. Universidad de Guadalajara.
- Ferro, J. M. (2020). *Guía práctica de verduras y hortalizas*. BLURB Incorporated. <https://books.google.com.ec/books?id=uxvNDwAAQBAJ>
- Galarza, J. L. (2017). *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* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14777>
- García, D. M. (2007). *Evaluación toxicológica a los sólidos pulverulentos de Parthenium hysterophoru, L; empleando dos técnicas alternativas* [Tesis de Pregrado, Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas]. <http://hdl.handle.net/123456789/724>
- García, Daniela, & Priotto, G. (2009). *Aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la Educación Ambiental*. Jefatura de Gabinete de Ministros, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/educacion-ambiental.pdf>

- García, Diana. (2007). *Efectos fisiológicos y compartimentación radicular en plantas de Zea mays l. Expuestas a la toxicidad por plomo*. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. <https://hdl.handle.net/10803/3676>
- García, J., Colom, F., & Jaramillo, J. (2003). *Manual del Auxiliar de Laboratorio* (2d ed.). MAD, S.L.
- Giannuzzo, A. N. (2010). Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental. *Scientiae Studia*, 8(1), 129-156. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662010000100006>
- Goetschel, L. (2018). *Los Metales Pesados: Un Desafío para la Inocuidad Alimentaria en el Ecuador* (p. 52).
- Goicochea, C. B., & Rodríguez, M. T. (2017). Estrategia ambiental en el campo de la formación académica. *ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 1(3), 57-64. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v1i3.315>
- Gramunt, N. (2010). *Ejercicios y actividades para la estimulación cognitiva*. Obra Social Fundación "la Caixa". https://fiapam.org/wp-content/uploads/2012/10/ejercicios_es.pdf
- Guamán, R. E. (2010). *Estudio Bioagronómico de 10 cultivares de Lechuga de cabeza (Lactuca sativa), utilizando dos tipos de fertilizantes orgánicos, en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo* [B.S. thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/313>
- Hargrove, R., Donough, F., & Mattingly, W. (1969). Factors affecting survival of Salmonella in Cheddar and Colby cheese. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/287649859_Factors_affecting_survival_of_Salmonella_in_Ceddar_and_Colby_cheese/references

- Hernández, F. (2002). *Fundamentos de Epidemiología: El Arte Detectivesco de la Investigación Epidemiológica* (1 Edición, 1 Edición) [Computer software]. Universidad Estatal a Distancia EUNED.
- Honorio, E., & Baker, T. (2010). Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. *Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana*.
<http://repositorio.iiap.gob.pe/handle/IIAP/290>
- Iberdrola. (2020). *Sumideros de carbono, un soplo de oxígeno natural*. www.iberdrola.com.
<https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/sumideros-carbono>
- INATEC. (2016). *Manual de viveros y semilleros*. Instituto Nacional Tecnológico.
https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Vivero_y_semillero.pdf
- INFOAGRO. (2019). *Aprender sobre el sembrado y cuidado de la lechuga*. infoagro.com.ar.
<https://infoagro.com.ar/aprender-sobre-el-sembrado-y-cuidado-de-la-lechuga/>
- IPES, & FAO. (2010). *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. <http://www.fao.org/3/as435s.pdf%20PAGINA%2074>
- Kabata, A., & Pendias, H. (2001). *Trace elements in soils and plants* (3rd ed, 3rd ed) [Computer software]. CRC Press LLC.
- Larrea, C. (2006). *Hacia una historia ecológica del Ecuador: Propuestas para el debate*. Corporación Editora Nacional, Universidad Andina Simón Bolívar y EcoCienca.
- León, E. (2019). *Especies ornamentales y silvícolas con potencial biodepurante y mitigante de la contaminación atmosférica y de olores ofensivos, emitidos por los sistemas de explotación pecuaria* [Universidad Nacional Abierta y a distancia «UNAD»].

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28320/ecloncaok.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

León, P., Díaz, L., & Cea, M. (2004). Efecto del aporque en el rendimiento del cultivo del maíz. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(2).

Liu, S., Liu, Y., Yang, X., Tong, C., Edwards, D., Parkin, I. A. P., Zhao, M., Ma, J., Yu, J., Huang, S., Wang, X., Wang, J., Lu, K., Fang, Z., Bancroft, I., Yang, T.-J., Hu, Q., Wang, X., Yue, Z., ... Paterson, A. H. (2014). The Brassica oleracea genome reveals the asymmetrical evolution of polyploid genomes. *Nature Communications*, 5(1), 3930. <https://doi.org/10.1038/ncomms4930>

Londoño, L., Londoño, P., & Muñoz, F. (2016). Risk of heavy metals in human and animal health. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)

Londoño, M., Ramírez, M., & Vélez, M. (2017). Análisis de un diseño para un filtro purificador de CO₂ – PURIFICAIR. En *Investigación Formativa en Ingeniería* (1a ed., p. 345). Instituto Antioqueño de Investigación.

López, R. (2014). Beneficios ambientales de la agricultura ecológica urbana y periurbana. *Actas del II Congreso de agricultura ecológica urbana y periurbana*, 13. <http://hdl.handle.net/10261/116301>

MAE. (2018). *Educación Ambiental. Una mirada desde la institucionalidad ambiental*. Ministerio del Medio Ambiente.

Marín, C. (2015). 600 millones de enfermos anuales por patologías transmitidas por los alimentos. El Mundo. <https://www.elmundo.es/salud/2015/12/02/565ef83022601d1f708b4610.html>

- Martínez, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 97-111. <https://doi.org/10.15359/ree.14-1.9>
- Martínez, R. (2012). Ensayo crítico sobre educación ambiental. En *Revista Electrónica Diálogos Educativos*. Departamento de Formación Pedagógica.
- Medina, I., & Páramo, P. (2014). La investigación en educación ambiental en América Latina: Un análisis bibliométrico. *Revista Colombiana de Educación*, 1(66), 55-72. <https://doi.org/10.17227/01203916.66rce55.72>
- Ministerio de Salud Pública. (2019). *Subsistema de Vigilancia SIVE-Alerta enfermedades transmitidas por agua y alimentos Ecuador*. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/11/gaceta_ETAS_SE_23.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Biblioteca*. Ministerio del Ambiente. <https://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>
- Moncada, A., & Uriarte, D. (2012). *Diagnóstico para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa), en la finca Buenos Aires, Jinotega* [I Diplomado en calidad, inocuidad y trazabilidad de productos agroalimentarios]. Universidad Nacional Agraria.
- Monteros, E. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de mitigación a la huella de carbono en la zona urbana*. [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7106/1/T-UCE-0004-35.pdf>
- Moragas, M., Valcárcel, S., & Chirapozu, A. (2019). *Normas Microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas de diferentes de consumo, subproductos) y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario*. https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/doc_seguridad_alimentaria/es_def

/adjuntos/control-alimentos/seguridad-microbiologica/normas-microbiologicas-alimentos-enero-2019.pdf

- Mota, Cesar, Alcaraz, C., Iglesias, M., Martínez, M., & Carvajal, M. (2010). *Investigación sobre la absorción de CO2 por los cultivos mas representativos de la Región de Murcia* [Departamento de Nutrición Vegetal]. http://www.lescco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf
- Mota, César, Alcaraz, C., Iglesias, M., Martínez, M., & Carvajal, M. (2011). Absorción de CO2 por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. *Horticultura global*, 294, 58-63.
- Motsara, M. R., & Roy, R. N. (2008). *Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Novo, M. (1996). La Educación Ambiental formal y no formal: Dos sistemas complementarios. *Revista Iberoamericana de Educación*, 11. <http://www.oei.es/historico/oeivirt/rie11a02.htm>
- Olivares, R., García, D., Lima, L., Saborit, I., Llizo, A., & Pérez, P. (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 Contaminación Ambiental*, 29(4). <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/29664/39557>
- Olivas, E., & Alarcón, R. (2004). *Manual de practicas de Microbiología básica y Microbiología de alimentos. Programa de Nutrición*. UACJ.
- OMS. (2019). *Inocuidad de los alimentos*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

- Orgaz, F. (2018). Educación ambiental: Concepto, origen e importancia. El caso de República Dominicana. *Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 31(febrero).
<https://www.eumed.net/rev/delos/31/francisco-orgaz.html>
- Osinaga, O., Báez, S., Cuesta, F., Malizia, A., Carilla, J., Aguirre, N., & Malizia, L. (2014). *Monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques andinos (CONDENSAN / IER-UNT / COSUDE, CONDENSAN / IER-UNT / COSUDE)*.
- Padilla, R. (2000). *Estudio de mercado de dos productos olerícolas repollo (Brassica oleracea L.) y tomate (Lycopersicon esculentum Mill.), en la zona de Iquitos. [Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].*
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4810>
- Panyametheekul, S., Rattanapun, T., Morris, J., & Ongwandee, M. (2019). Foliage houseplant responses to low formaldehyde levels. *Building and Environment*, 147, 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.053>
- Pascual, M., & Calderón, V. (1999). *Microbiología Alimentaria: Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas* (2a Edición, 2a Edición) [Computer software]. Ediciones Díaz de Santos.
- Pedraza, Lady. (2015). *La biodepuración del aire con plantas purificantes y ornamentales, como alternativa ambiental en el siglo XXI*. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/3767>
- Pérez, E. (2000). Paisaje urbano en nuestras ciudades. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 1(4), 33-37.
- PESA. (2011). *Seguridad Alimentaria y Nutricional Conceptos Básicos*. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica Proyecto Food Facility Honduras.
<http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>

- Plantas para purificar el hogar. (2015). *El Diario Ecuador*. <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/376137-plantas-para-purificar-el-hogar/>
- Prieto, J., González, C., Román, A., & Prieto, F. (2009). *Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua*. 17.
- PSAN. (2009). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*. Plataforma de Seguridad Alimentaria y Nutricional. http://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/?page_id=132
- Puig, Y., Leyva, V., Rodríguez, A., Carrera, J., Molejón, P., Pérez, Y., & Dueñas, 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.
- Quito, K. (2018). *Evaluación del volumen de captura de carbono en la chakra andina en tres pisos altitudinales en la parroquia San Miguel de Porotos, provincia del Cañar y su aporte al efecto invernadero* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15109>
- Rengifo, B., Quitiaquez, L., & Mora, F. (2012). La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia. *XII Coloquio Internacional de Geocrítica*.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jimenez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D*, 16(2), 66-77.
- Rivera, M., Rodríguez, C., & López, J. (2009). Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26(1), 45-48.

- Rodríguez, R. (2007). Un acercamiento al paisaje urbano. *Arquitectura y Urbanismo*, XXVIII(3), 28-31.
- Rodríguez, S., Alcívar, J., Sánchez Gálvez, S., & Landívar, J. (2016). Educación ambiental. ¿Por qué la Historia? *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 184–187.
- Romero, R. (2007). *Microbiología y parasitología humana* (3a Edición, 3a Edición) [Computer software]. Ed. Médica Panamericana.
- Rosales, R., & Flores, H. (2017). *Importancia del agua de riego para la producción sostenible de frijol en Durango*. INIFAP.
- Rosas, W. (2008). *Eficiencia de la planta Lengua de Suegra (Sansevieria trifasciata) para la fitoremediación de los gases interiores (CO, SO2, NO2) presentes en la I.E.P Isaac Newton, SJL-2018* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/26194>
- Rügnitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. *ResearchGate, Centro Mundial Agroforestal*. https://www.researchgate.net/publication/259176045_Guia_para_la_determinacion_de_carbono_en_pequenas_propiedades_rurales
- Sañudo, J., & Portilla, L. (2016). *Agricultura urbana y conciencia ambiental en las comunidades de Jesús, Emilio Botero, Belén, Miraflores y El Pilar, Municipio de Pasto- Nariño* [Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente]. Universidad de Manizales.
- Saucedo, Y., González, M., Bravo, L., González, H., Paul, J., Antunes, A., Huyghebaert, N., Gonnissen, Y., Rodríguez, M., & Alba, M. (2011). Evaluación tecnológica del polvo de la planta *Parthenium hysterophorus* L. con un propósito farmacéutico. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 42(1), 33–36.

- Sierra, C. A. S., Bustamante, E. M. G., & Morales, J. del C. J. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 18(2), 266-281.
- Silva, V. M. (2017). *Manual para el Productor: El Cultivo de las Hortalizas*. Proyecto Jatun Sach'a.
https://www.unodc.org/documents/bolivia/DIM_Manual_de_cultivo_de_hortalizas.pdf
- Simioni, D. (2003). *Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana*.
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/2351>
- Singh, A., Kumar, R., Marshall, F., & Agrawal, M. (2010). Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *ResearchGate*, 51(2S), 375-387.
- Stevens, D., McLaughlin, M. J., & Heinrich, T. (2003). *Determining toxicity of lead and zinc runoff in soils: Salinity effects on metal partitioning and on phytotoxicity*. 22.
<https://doi.org/10.1897/02-290>
- Tello, B., & Pardo, A. (1996). Presencia de la educación ambiental en el nivel medio de enseñanza de los países iberoamericanos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 11, 113-151. <https://doi.org/10.35362/rie1101160>
- Tenorio, K. P., & Fuenmayor, M. M. (2018). *Salidas de campo como estrategia didáctica para la enseñanza- aprendizaje de las ciencias naturales en estudiantes del grado 5° en la institución La Esperanza De Planeta Rica- Córdoba* [Universidad de Córdoba].
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/930>
- Ulloa, K., & León, J. (2019). *Implementación de educación ambiental por medio de «Agricultura Urbana» y valoración de plomo, carbono y coliformes totales en cinco*

- centros educativos urbanos del cantón Paute* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17834>
- Umaña, J. (2012). *Huella de carbono en los sistemas de producción agrícola dominantes en el Municipio de Falán, Tolima* [Pontificia Universidad Javeriana]. <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/12390>
- Urban Harvest. (2007). *Agricultura urbana y periurbana en Lima Metropolitana: Una estrategia de lucha contra la pobreza y la seguridad alimentaria*. Tercera Reunión Interinstitucional, Lima-Perú.
- Valdés, C. (2019). Contaminación ambiental. *Avances. Centro de Información y gestión Tecnológica*, 21(2), 138.
- Valdés, F., & Cabrera, V. (1999). *La contaminación por metales pesados en Torreón, Coahuila, México* (1a ed.). Texas Center for Policy Studies. <http://www.texascenter.org/publications/torreon.pdf>
- Valdés, O., Rodríguez, A., Livina, M., Betancourt, A., & Santos, I. (2012). *La educación ambiental y desarrollo sostenible: Estrategias de integración interdisciplinaria curricular e institucional en los programas, proyectos y buenas prácticas en las universidades, escuelas, familias y comunidades en Cuba*.
- Valdivia, M. (2005). Intoxicación por Plomo. *Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna*, 18(1), 22-28.
- Valencia, A., Suárez, R., Sánchez, A., Cardozo, E., Bonilla, E., & Buitrago, C. (2009). Gestión de la contaminación ambiental: Cuestión de corresponsabilidad. *Revista de Ingeniería*, 30, 90-99.
- Varela, F., & Silva, E. (2012). *Guía de capacitación en educación ambiental y cambio climático*. <https://docplayer.es/17912428-Guia-de-capacitacion-en-educacion->

ambiental-y-cambio-climatico-helechos-en-area-protegida-monumento-natural-loma-isabel-de-torres.html

Vargas, F. (2005). *La contaminación ambiental como factor determinante de la salud* (Vol. 79). Revista Española de Salud Pública.

Vélez, A., & Ortega, J. (2013). *Determinación de coliformes totales y E. Coli en muestras de lechuga expandidas en cuatro mercados de la ciudad de Cuenca*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4301>

Vélez, H., Rojas, W., Borrero, J., & Restrepo, J. (2010). *Toxicología Clínica*. Corporación para Investigaciones Biológicas. <https://www.libreriadelau.com/toxicologia-clinica-cib-9789589076446-medicina/p>

Wolverton, B., Johnson, A., & Bounds, K. (1989). *Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement*. NASA. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930073077.pdf>

Wolverton, B., Johnson, A., & Bounds, K. (1989). *Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement*. NASA. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930073077.pdf>

Xiangying, W., Shiheng, L., Ying, Y., Zonghua, W., Hong, L., Dongming, P., & Jianjun, C. (2017). Phylloremediation of Air Pollutants: Exploiting the Potential of Plant Leaves and Leaf-Associated Microbes. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01318>

Zaar, M. (2011). Agricultura urbana: Algunas reflexiones sobre su importancia actual. *Biblio3W: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI(944), 742-798.

- Zamora, E. (2016). *El cultivo del brócoli*. Universidad de Sonora.
<http://www.dagus.uson.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>
- Zandstra, B., & Kryger, T. (2007). Arsenic and lead residues in carrots from foliar applications of monosodium methanearsonate (MSMA): A comparison between mineral and organic soils, or from soil residues. *Food Additives & Contaminants*, 24(1), 34-42. <https://doi.org/10.1080/02652030600930568>
- Zielinski, S., Garcia, M., & Vega, J. (2012). Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? *Gestión y Ambiente*, 15(1), 91-104.

APÉNDICE/ ANEXOS

Anexo 1: Modelo de sopa de letras

AGRICULTURA URBANA

Encuentra en la sopa de letras las siguientes palabras y busca su significado:

Hortaliza, abono, cosechar, nutrir, cultivar.



UNIDAD EDUCATIVA "JULIO MARIA MAYOVELLE"

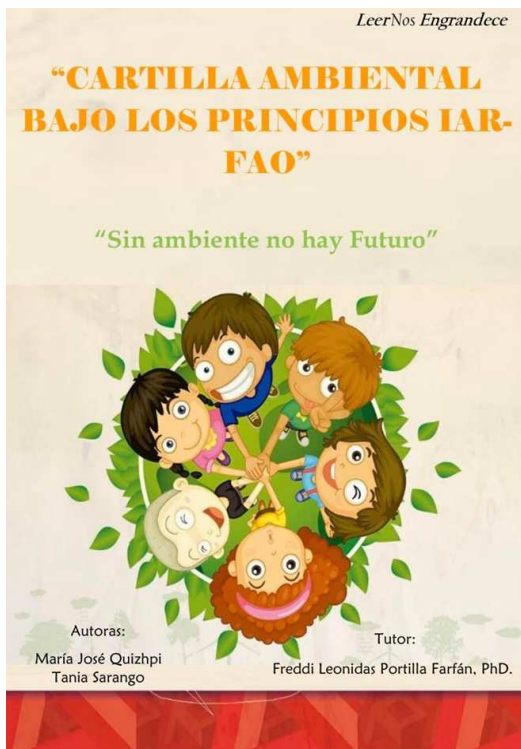
Encuentra en la sopa de letras las siguientes palabras y busca su significado:
Hortaliza, abono, cosechar, nutrir, cultivar.

O	H	T	A	L	R	G	O	M	C
A	B	O	N	O	T	A	F	A	O
F	A	I	R	A	D	F	I	A	S
A	C	U	L	T	I	V	A	R	E
U	U	N	F	R	A	P	E	R	C
H	D	N	I	D	S	L	C	O	H
I	B	U	Z	C	O	A	I	T	A
N	E	T	S	M	A	M	U	Z	R
D	F	R	E	M	I	M	I	T	A
G	H	I	C	S	O	L	E	M	A
R	O	R	H	A	B	E	L	C	M
T	R	A	A	B	A	G	A	R	E

Hortaliza... Nos sirve para nutrir nuestro cuerpo.
 Abono... Es un poco que las plantas necesitan.
 Cosechar... Recoger los cultivos.
 Nutrir... Ayuda a que la planta crezca sana.
 Cultivar... Cuidar y dar vida a una planta.

Nombre: Estelinda Torres G.

Anexo 2: Cartilla Ambiental



CONTENIDO

PRESENTACIÓN

GLOSARIO

PRINCIPIO I: Contribuir a la seguridad alimentaria y la nutrición.

PRINCIPIO II: Contribuir al Desarrollo económico sostenible e inclusivo y a la erradicación de la pobreza.

PRINCIPIO III: Fomentar la igualdad de género y empoderamiento de las mujeres

PRINCIPIO IV: Potenciar la Participación y el empoderamiento de los Jóvenes.

PRINCIPIO VIII: Promover sistemas agrícolas y alimentarios inocuos y saludables.

Presentación

La inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios son esenciales para mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición y respaldar la realización progresiva del derecho a una alimentación adecuada en el contexto de la seguridad alimentaria nacional.

La inversión responsable contribuye de forma significativa a la mejora de los medios de vida sostenibles, en especial para los pequeños productores y los miembros de grupos marginados y vulnerables, mediante la creación de empleo digno para todas las personas que trabajan en la agricultura y la alimentación, la erradicación de la pobreza, el fomento de la igualdad social y de género, la eliminación de las peores formas de trabajo infantil, la promoción de la participación e inclusión social, el aumento del crecimiento económico y, por tanto, la consecución del desarrollo sostenible..

Glosario

Alimentos Inocuos: es la garantía de que no causará daño al consumidor cuando el mismo sea preparado o ingerido.

Conciencia ambiental: Significa conocer nuestro entorno para cuidarlo y que nuestros hijos también puedan disfrutarlo.

Desarrollo económico: es capacidad de los ingresos de los países o regiones para crear riqueza a fin de mantener la prosperidad o bienestar económico y social de sus habitantes

Desarrollo sostenible: Desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.

Empoderamiento:

Adquisición de poder e independencia por parte de un grupo social desfavorecido para mejorar su situación.

Igualdad de género: implica que hombres y mujeres deben recibir los mismos derechos y beneficios, las mismas sentencias y ser tratados con el mismo respeto.

Medio Ambiente: es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana.

Seguridad alimentaria: hace referencia a la disponibilidad de alimentos, el acceso de las personas a ellos y el aprovechamiento biológico de los mismos.

Sistemas agrícolas: conjuntos de explotaciones agrícolas individuales con recursos básicos, pautas empresariales, medios familiares de sustento y limitaciones en general similares, a los cuales corresponderían estrategias de desarrollo e intervenciones parecidas.

Soberanía alimentaria: es la capacidad de cada pueblo para definir sus propias políticas agrarias y alimentarias de acuerdo a objetivos de desarrollo sostenible y seguridad alimentaria.

El objetivo de los Principios IAR-FAO es fomentar la inversión responsable en la agricultura y los sistemas alimentarios que contribuya a la seguridad alimentaria y la nutrición y que, por tanto, respalde la realización progresiva del derecho a una alimentación adecuada.



**Principio 1 – CONTRIBUIR
A LA SEGURIDAD
ALIMENTARIA Y
NUTRICIÓN**

- ❖ Incentiva la producción de alimentos inocuos, nutritivos y diversos
- ❖ Reduce pérdidas y desperdicios de alimentos
- ❖ Incrementa los ingresos y reduce la pobreza
- ❖ Mejora la equidad, la transparencia y la eficiencia de los pequeños productores.
- ❖ Educa sobre cómo preparar, suministrar y conservar alimentos inocuos y nutritivos.

**¡TODOS
TENEMOS
DERECHO
A UNA
ALIMENTACION
¡SANA!**

Consejos útiles para desarrollar hábitos alimenticios saludables

- Aumentar el consumo de frutas, verduras y cereales.
- Reduzca el consumo de azúcares refinados y alimentos con un alto contenido de dichos azúcares
- Reduzca el consumo de alimentos con alto contenido de grasa total y reemplace parcialmente las grasas saturadas, ya sean de origen animal o vegetal
- Reduzca el consumo de grasa animal y escoja carnes, aves y pescados que sean bajos en grasas.
- Reduzca el consumo de grasa de la leche, huevos y otras fuentes de colesterol alto.
- Reduzca el consumo de sal y de alimentos con alto contenido de sal.

Almacenamiento y Conservación de Alimentos

- ❖ Se debería mantener los alimentos tapados y protegidos de los insectos y roedores
- ❖ Los estantes donde almacenamos los alimentos deben estar limpios, ventilados, secos, y cerrados para que no faciliten la entrada de roedores e insectos.
- ❖ Cocine completamente los alimentos, especialmente el pollo, huevos y pescado
- ❖ Separe siempre los alimentos crudos de los cocinados y de los listos para comer.
- ❖ No deje alimentos cocidos a temperatura ambiente por más de dos horas.
- ❖ Refrigere lo más pronto posible los alimentos cocinados

Higiene de los Alimentos

- ❖ Tener una mesa adecuada para la preparación de los alimentos.
- ❖ Lavar muy bien el cuchillo antes de cortar un nuevo alimento, más aún, si previamente se utilizó para cortar alimentos crudos.
- ❖ Los alimentos crudos deben ser lavados y luego cocinarlos bien, a una temperatura no inferior a 70° C.
- ❖ Los alimentos que vienen congelados, por su parte, deben descongelarse completamente antes de proceder a cocinarlos.
- ❖ Los paños que están en contacto con platos o utensilios se deben cambiar con frecuencia y mantener limpios.
- ❖ Al hacer hielo utilizar agua filtrada o hervida

¿Que enfermedades de transmisión existen por vía alimentaria?

INTOXICACIONES ALIMENTARIAS:

Son las producidas por el consumo de alimentos contaminados o en mal estado.

AMEBIASIS

Producida por alimentos contaminados por excrementos, se manifiesta con fiebre, escalofríos, diarreas con sangre en algunas ocasiones, malestar abdominal.

PRINCIPIO 2

Colaborar al desarrollo económico sostenible e inclusivo y a la erradicación de la pobreza

- ✓ Crea nuevos puestos de trabajo fomentando el empleo digno mediante condiciones laborales mejoradas, seguridad y salud ocupacional
- ✓ Salarios que permitan vivir adecuadamente

- ✓ Fomenta los modelos sostenibles de consumo y producción a fin de alcanzar un desarrollo sostenible.

- ✓ Aumenta los ingresos
- ✓ Fomenta el espíritu empresarial el acceso equitativo a las oportunidades de mercado
- ✓ Contribuyendo al desarrollo rural.

¿QUE ES LA AGRICULTURA URBANA?

Conjunto de prácticas agrícolas que se desarrollan en las ciudades o muy cerca de ellas. Por lo tanto se trata de una agricultura a escala reducida, ya que en los entornos urbanos no existe la misma disponibilidad de tierra que en las zonas rurales.

HUERTOS

Son áreas previamente acondicionadas para la siembra de diversas plantas.

- ❖ Contribuye a la soberanía alimentaria y a proporción
- ❖ La agricultura urbana y periurbana son actividades de sostenibilidad de alimentos seguros.



PRINCIPIO 3

Fomentar la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres

Elimina todas las medidas y prácticas que discriminan o violan derechos por razón de sexo

Promueve la igualdad de las mujeres con respecto a los derechos de tenencia de la tierra y el acceso igualitario de estas a la tierra productiva, los recursos naturales, los insumos y los instrumentos productivo

IGUALDAD DE GÉNERO: POR QUÉ ES IMPORTANTE

¿Cuál es el objetivo en este caso?

Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.

¿Por qué?

Las mujeres y las niñas representan la mitad de la población mundial y también, por tanto, la mitad de su potencial. Sin embargo, la desigualdad de género persiste hoy en todo el mundo y provoca el estancamiento del progreso social.

POR TÉRMINO MEDIO, LAS MUJERES SIGUEN GANANDO EN TODO EL MUNDO UN 24% MENOS QUE LOS HOMBRES EN SU MERCADO

IGUALDAD DE GÉNERO: POR QUÉ ES IMPORTANTE

No se lograría la paridad entre los géneros en la enseñanza etapa fundamenta para el desarrollo

Las desventajas en materia de educación se traducen en falta capacitación y, por tanto, de oportunidades para acceder al mercado de trabajo

¿Qué sucede si la igualdad de género no está garantizada?

¿Cómo afecta la desigualdad de género a las mujeres?

Pero, ¿por qué debería importarme la igualdad de género?

Porque es un derecho humano fundamental, además es esencial en todos los ámbitos de una sociedad sana: desde la reducción de la pobreza hasta la promoción de la salud, la educación, la protección y el bienestar de las niñas y los niños.

IGUALDAD DE GÉNERO: POR QUÉ ES IMPORTANTE

¿Qué podemos hacer para solucionar estas cuestiones?

Si eres una niña, puedes permanecer en la escuela, motivar a tus compañeras de clase para que hagan lo mismo y luchar por tu derecho a acceder a servicios de salud sexual y reproductiva

Si eres hombre o niño, puedes trabajar junto a las mujeres y las niñas para lograr la igualdad de género y mantener con ellas relaciones respetuosas y saludables

Si eres una mujer, puedes luchar contra los prejuicios y las asociaciones implícitas que pueden constituir un obstáculo



PRINCIPIO 3

Potenciar la participación y el empoderamiento de los jóvenes

Promover el acceso de estos a la tierra productiva, los recursos naturales, los insumos, los instrumentos productivos, los servicios de extensión, asesoramiento y financieros

Proporcionar capacitación y formación para los jóvenes a fin de aumentar su capacidad o su acceso a oportunidades empresariales y de empleo digno y promover su contribución al desarrollo local

Promover el desarrollo y el acceso a la innovación y a las nuevas tecnologías, en combinación con los conocimientos tradicionales,



EMPODERAMIENTO DE LOS JOVENES

En respuesta al fenómeno mundial del reclamo de los hombres y mujeres jóvenes por una significativa participación cívica, económica, social y política, en particular en las recientes consultas sobre la agenda para el desarrollo después de 2015, la Estrategia para la Juventud del PNUD identifica desafíos y problemas de desarrollo que enfrenta la juventud de hoy y, lo que es más importante, ofrece recomendaciones orientadas hacia el futuro.

En todo el planeta, los jóvenes enfrentan una diversidad de desafíos en términos de igualdad de oportunidades para obtener puestos de trabajo y contar con voz en la toma de decisiones que afectan a sus vidas



EMPODERAMIENTO DE LOS JOVENES

Datos Importantes

- Se estima que unos 780.000 jóvenes de entre 15 y 24 años resultaron nuevos infectados por el VIH en 2012.
- Los jóvenes son más propensos que los adultos a ser trabajadores pobres
- Las personas menores de 35 años rara vez ocupan posiciones de liderazgo político formal.
- Las tasas de desempleo de los jóvenes de 15 a 24 años de edad son mayores para las mujeres que los varones.
- Alrededor de 152 millones de jóvenes trabajadores viven en hogares que están por debajo del umbral de pobreza (\$1,25 por día)
- Alrededor de 75 millones de los 232 millones de migrantes internacionales tienen menos de 29 años



PRINCIPIO 5

PROMOVER SISTEMAS AGRÍCOLAS Y ALIMENTARIOS INOCUOS Y SALUDABLES

- ❖ Fomentar la inocuidad, la calidad y el valor nutritivo de los productos alimentarios y agrícolas
 - ❖ Respalda la sanidad de las plantas para aumentar de forma sostenible la productividad y la calidad e inocuidad de los productos
 - ❖ Gestionar y reduciendo los riesgos para la salud pública en la agricultura y los sistemas alimentarios
- Aumentando la sensibilización, los conocimientos y la comunicación de información fundamentada sobre la calidad e inocuidad del alimento

PRINCIPIO 5

Aspectos Importantes

Las normas nutricionales pueden mejorar la calidad nutricional e idoneidad de las comidas escolares y fortalecer los vínculos con la producción local y de pequeños agricultores.

Un entorno alimentario saludable, junto con la educación alimentaria y nutricional, fomenta y respalda la elección de alimentos más adecuados y de mejores prácticas alimentarias por parte de la comunidad escolar.

Toda la comunidad escolar, incluidos los niños, las familias, los maestros, el personal escolar, los proveedores, el personal del servicio de comidas, la sociedad civil, los funcionarios públicos y los agricultores locales, tiene un papel activo y una responsabilidad en el fomento de comidas escolares y entornos alimentarios más saludables

Entornos alimentarios y alimentación escolar

El entorno alimentario escolar hace referencia a todos los espacios, infraestructuras y circunstancias dentro de las instalaciones escolares y en sus alrededores en que se encuentran, obtienen, compran o consumen alimentos

Un entorno alimentario escolar saludable permite y propicia a la comunidad escolar (niños, familias, personal escolar, etc.) elegir alimentos compatibles con mejores dietas y un mayor bienestar.

- ✓ Establecer y aplicar normas nutricionales para los alimentos, las comidas y los refrigerios escolares,
- ✓ Hacer que los alimentos nutritivos sean más asequibles, por medio de subsidios
- ✓ Restringir la venta y publicidad de productos altos en grasa, azúcar o sal.

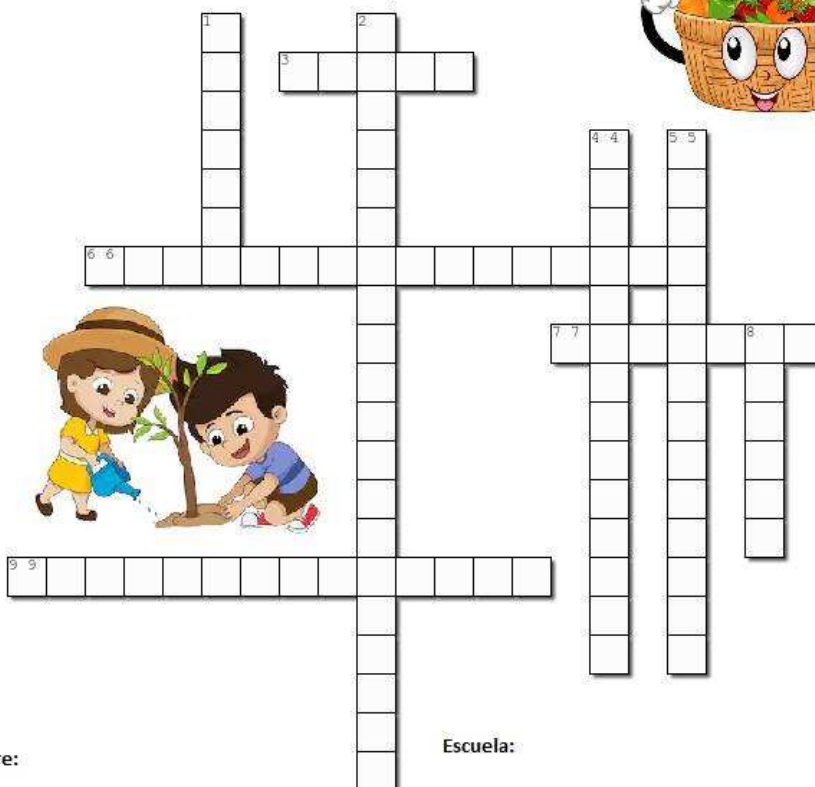
Los gobiernos pueden moldear los entornos alimentarios escolares de diferentes maneras para que favorezcan dietas más sanas y una mejora de la nutrición. Estas incluyen

Anexo 3: Modelo de evaluación a los estudiantes de las instituciones educativas

CRUCIGRAMA AGRICULTURA URBANA Y PRINCIPIOS

IAR-FAO

Escribir la palabra correcta



Nombre:

Escuela:

Horizontal

3. Aportar agua a los cultivos por medio del suelo para satisfacer sus necesidades hídricas
6. Implica que los hombres y mujeres deben tener los mismos derechos y obligaciones.
7. Conjunto de frutos que se recogen en la tierra.
9. Garantía de que no causará daño al consumidor cuando el mismo sea preparado o ingerido.

Vertical

1. Colocar (arrojar y esparcir) las semillas o plántulas en un terreno (tierra)
2. Todas las personas gozan de alimentos básicos en cantidad y calidad.
4. Control de insectos que pueden causar daños a los cultivos.
5. Obtener poder e independencia
8. Espacio diseñado para el cultivo de vegetales, hierbas y hortalizas de variado tipo.

Anexo 4: Resultados de presencia de plomo en el ácido nítrico, papel filtro y tierra utilizada para la siembra de cultivos

Muestra	Blanco	Concentración de Pb (mg/kg)
1	Ácido nítrico	0
2	Papel filtro	0
3	Tierra de la escuela Julio María Matovelle	11,76
4	Tierra negra de cerro utilizada para el cultivo de hortalizas en los cuatros instituciones educativas.	0,00236