



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“IMPLEMENTACIÓN DE AGRICULTURA URBANA CON LA TÉCNICA DEL PIE CUADRADO Y DETERMINACIÓN DE SU PRODUCTIVIDAD CON CINCO SUSTRATOS EN IBARRA-IMBABURA”

Tesis previa la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario.

AUTORES: FARINANGO VIÑACHI JUAN CARLOS
GUAMÁN MUGMAL CRISTIAN FABIAN

DIRECTOR: Ing. FRANKLIN VALVERDE M.Sc.

Ibarra-Ecuador

2014

**IMPLEMENTACIÓN DE AGRICULTURA URBANA CON LA TÉCNICA DEL PIE
CUADRADO Y DETERMINACIÓN DE SU PRODUCTIVIDAD CON CINCO
SISTRATOS EN IBARRA-IMBABURA**

Tesis presentada por los Sres. Farinango Viñachi Juan Carlos y Guamán Mugmal Cristian Fabián, como requisito previo para optar el Título de Ingeniero Agropecuario. Luego de haber revisado minuciosamente, doy fe de que las observaciones y sugerencias emitidas con anterioridad han sido incorporadas satisfactoriamente al presente documento.

APROBADA:

Ing. Franklin Valverde M.Sc.

INGENIERO
APROBADO

DIRECTOR



Ing. Raúl Castro

BIOMETRISTA



Ibarra – Ecuador

2014

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“IMPLEMENTACIÓN DE AGRICULTURA URBANA CON LA TÉCNICA DEL PIE CUADRADO Y DETERMINACIÓN DE SU PRODUCTIVIDAD CON CINCO SUSTRATOS EN IBARRA-IMBABURA”

Tesis revisada por el comité Asesor, por el cual se autoriza su presentación como requisito para obtener el título de:

INGENIEROS AGROPECUARIOS
APROBADO:

Ing. Franklin Valverde M.Sc.
DIRECTOR



Handwritten signature of Franklin Valverde in blue ink, positioned above a horizontal dashed line.

Ing. Víctor Nájera
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Handwritten signature of Víctor Nájera in blue ink, positioned above a horizontal dashed line.

Ing. Oswaldo Romero
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Handwritten signature of Oswaldo Romero in blue ink, positioned above a horizontal dashed line.

Ing. Fernando Basantes
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Handwritten signature of Fernando Basantes in blue ink, positioned above a horizontal dashed line.

Ibarra- Ecuador
2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte, dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100285156-4
APELLIDOS Y NOMBRES:	FARINANGO VIÑACHI JUAN CARLOS
DIRECCIÓN	OTAVALO – IMBABURA
EMAIL:	jctomix@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	0988070920
DATOS DE CONTACTO 2	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100367914-7
APELLIDOS Y NOMBRES:	GUAMAN MUGMAL CRISTIAN FABIAN
DIRECCIÓN	IBARRA – IMBABURA
EMAIL:	guamancristian47@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	2952831/0991438633
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	IMPLEMENTACIÓN DE AGRICULTURA URBANA CON LA TÉCNICA DEL PIE CUADRADO Y DETERMINACIÓN DE SU PRODUCTIVIDAD CON CINCO SUSTRATOS EN IBARRA-IMBABURA
AUTORES	JUAN CARLOS FARINANGO VIÑACHI CRISTIAN FABIAN GUAMAN MUGMAL
FECHA	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
DIRECTOR:	Ing. Franklin Valverde M.Sc.

2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, JUAN CARLOS FARINANGO VIÑACHI , con cedula de identidad N° 100285156-4 y CRISTIAN FABIAN GUAMAN MUGMAL, con cedula de identidad N° 100367914-7, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la Tesis en el Repositorio Digital Institucional y el uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad, con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley Orgánica de Educación Superior, Art. 144.

3.- CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra, objeto de la presente autorización, es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, declaran que es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los ocho días del mes de julio de dos mil catorce.

LOS AUTORES:



JUAN CARLOS FARINANGO VIÑACHI

C.I: 100285156-4



CRISTIAN FABIAN GUAMAN MUGMAL

C.I: 100367914-7

ACEPTACIÓN

Lic. XIMENA VALLEJOS

JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, JUAN CARLOS FARINANGO VIÑACHI, con cedula de identidad N° 100285156-4, y CRISTIAN FABIAN GUAMAN MUGMAL, con cedula de identidad N° 100367914-7, manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Art. 4,5 y 6 en calidad de autores del trabajo de grado denominado **IMPLEMENTACIÓN DE AGRICULTURA URBANA CON LA TÉCNICA DEL PIE CUADRADO Y DETERMINACIÓN DE SU PRODUCTIVIDAD CON CINCO SUSTRATOS EN IBARRA-IMBABURA.**

Que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Agropecuario, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores 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 impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

LOS AUTORES:

JUAN CARLOS FARINANGO VIÑACHI

C.I: 100285156-4

CRISTIAN FABIAN GUAMAN MUGMAL

C.I: 100367914-7

Ibarra – Ecuador

2014

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi padre José Luis Guamán la persona que me ha brindado cariño, confianza, quien estuvo siempre ayudándome en esta etapa de mi vida, gracias por enseñarme a confiar en mí, gracias padre te quiero mucho.

A mi madre Martha Susana Mugmal, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi hermana Alexandra Guamán gracias por estar a mi lado, por su cariño y confianza, por ayudarme a cumplir mi meta.

A mis familiares y amigos gracias por su apoyo incondicional.

Por estas y muchas razones más, este logro es para ellos.

Cristian Fabián Guamán Mugmal

DEDICATORIA

A mi familia a quien amo tanto, dedico esta obra como muestra de mi cariño y gratitud. Especialmente a mi sublime Madre, por todo el sacrificio para sacarme adelante, no sembró en vano, este fruto se lo dedico a usted con todo mi corazón, siempre me esforzaré por vivir digno de ser llamado su hijo.

Juan Carlos Farinango Viñachi

AGRADECIMIENTO

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 por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales y en especial a la Escuela de Ingeniería Agropecuaria por haberme abierto sus puertas del conocimiento, respetando el entorno natural para mi vida profesional.

Mi sincero agradecimiento, a todos nuestros docentes y Director de Tesis, Ing. Franklin Valverde por el apoyo brindado, por su buena predisposición, conocimiento y experiencia aportada durante todo el desarrollo de la tesis.

A mi compañero de tesis Juan Farinango con quien he compartido momentos agradables en el transcurso de la etapa universitaria.

No tengo palabras para seguir expresando la gran alegría que me da estar terminando la carrera en donde profesores y compañeros dejan recuerdos inolvidables, solo sabemos que la terminación de esta meta es el comienzo de otras.

A todos un profundo agradecimiento de todo corazón.

Cristian Fabián Guamán Mugmal

AGRADECIMIENTO

A Dios por su amor, guía y fortaleza, pues sin su ayuda no podría haber alcanzado esta gloriosa meta. A mis padres a quienes les debo todo lo que soy y todo lo que llegue a conquistar en esta vida. A mi noble Madre por su amor y sacrificio abnegado al brindarme las oportunidades que a ella se le negaron. Quién mediante sus palabras y ejemplo me enseñó a confiar en que puedo alcanzar cualquier meta. Imagino lo difícil que debió ser, el hacer el papel de padre y madre en los primeros años de mi vida. Bendito sea mi Dios por darme el privilegio de ser el hijo de Luzmila Viñachi, mi corazón y mi alma rebotarán de amor y gratitud hacia mi madre de eternidad en eternidad. A mi padre Manuel Campo quién me alentó en cada momento haciéndome sentir importante y querido. A mis hermanos por su amor, confianza y amistad, ustedes son una fuente de inspiración que me alienta a esforzarme. Especialmente Fernando mi hermano mayor por ser mi ángel protector, siempre confiaste en mí, siempre me apoyaste, el gran Dios del cielo te bendiga para siempre.

A mi amada esposa Sandry y mi hermosa hija Abigail, ustedes son la razón de mi vida, me dan la fuerza y la inspiración, ustedes son mi alegría y mi más grande bendición. Su amor y dulzura constituyen la fuerza para culminar esta meta.

A mis compañeros y amigos, por su amistad y apoyo, especialmente Cristian Guamán por su sencillez y responsabilidad, aprendí mucho de ti mi amigo en este tiempo de trabajo.

A mis profesores, quienes con un compromiso desinteresado compartieron sus conocimientos y experiencias para formarnos como profesionales, pero más importante como buenos hombres.

Juan Carlos Farinango Viñachi

PRESENTACIÓN

Las ideas, conceptos, cuadros, datos, resultados, discusión, conclusiones, recomendaciones y demás informes que se presentan en esta investigación e incluso omisiones del contenido de esta Tesis son de absoluta responsabilidad y exclusivamente de los autores; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica del Norte, exclusivamente a la Escuela de Ingeniería Agropecuaria.

El presente trabajo constituye un aporte para el desarrollo de la agricultura urbana en la región norte del país, la misma que permitirá mejorar la calidad de vida, y la seguridad alimentaria de las familias ciudadinas que disponen de pequeñas extensiones de terreno.

Juan Carlos Farinango Viñachi

Cristian Fabián Guamán Mugmal

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	<i>iv</i>
AGRADECIMIENTO.....	<i>ix</i>
PRESENTACIÓN.....	<i>xi</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>xvi</i>
ÍNDICE DE TABLAS.....	<i>xvi</i>
ÍNDICE DE ANEXOS.....	<i>xviii</i>
RESUMEN.....	<i>xix</i>
SUMMARY.....	<i>xx</i>
CAPÍTULO I.....	<i>1</i>
INTRODUCCIÓN.....	<i>1</i>
CAPÍTULO II.....	<i>5</i>
REVISIÓN DE LITERATURA.....	<i>5</i>
2.1 Agricultura urbana.....	<i>5</i>
2.1.1 Sostenibilidad de la agricultura urbana.....	<i>6</i>
2.1.2 La agricultura urbana comparada con la agricultura rural.....	<i>6</i>
2.1.3 Experiencias de la implementación de agricultura urbana.....	<i>7</i>
2.2 Seguridad alimentaria.....	<i>8</i>
2.3 La técnica del pie cuadrado.....	<i>8</i>
2.3.1 Construcción de las cajas y su disposición en el huerto o jardín.....	<i>10</i>
2.3.2 Preparación del sustrato para el pie cuadrado.....	<i>10</i>
2.3.3 Disposición de cultivos dentro del sistema de pie cuadrado.....	<i>11</i>
2.3.4 Métodos de plantación y espaciamiento.....	<i>11</i>
2.3.5 Limitación del tamaño del huerto.....	<i>14</i>
2.3.6 Un huerto basado en cuadrados en lugar de filas.....	<i>14</i>
2.3.7 El Mantenimiento del huerto del pie cuadrado.....	<i>14</i>
2.3.8 Técnicas especiales en el huerto del pie cuadrado.....	<i>14</i>
2.3.9 Plantaciones compañeras.....	<i>15</i>
2.3.10 Rotación de cultivos.....	<i>17</i>
2.3.11 Tamaños del huerto y diseños básicos.....	<i>17</i>
2.3.12 El crecimiento vertical (tutores).....	<i>17</i>
2.3.13 Plantación intercalada.....	<i>18</i>
2.3.14 Asociación de cultivos.....	<i>18</i>
2.3.15 Establecimiento de la asociación de cultivos.....	<i>18</i>
2.3.16 Los productos del huerto y sus nutrientes.....	<i>19</i>
2.3.17 Factores climáticos.....	<i>19</i>

2.3.18 La fertilización orgánica.....	19
2.4 Biocidas botánicos para el control de plagas en agricultura urbana.....	19
2.5 Sustratos	20
2.5.1 Humus de lombriz	20
2.5.2 Compost.....	21
CAPÍTULO III	23
MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 Localización del área de estudio.....	23
3.1.1 Características Agro climáticas y Ubicación del ensayo.....	23
3.2 Materiales y equipos.....	24
3.2.1 Materiales de campo.....	24
3.2.2 Equipos.....	24
3.2.3 Insumos.....	24
3.3 Métodos.....	24
3.3.1 Factor en estudio.....	24
3.3.2 Tratamientos.....	24
3.4 Diseño experimental.....	25
3.4.1 Características del experimento.....	25
3.4.2 Análisis estadístico	26
3.4.3 Análisis funcional.....	26
3.5 Variables a evaluarse.....	26
3.5.1 Altura de la planta.....	26
3.5.2 Rendimiento	27
3.5.3 Días a la cosecha.....	27
3.5.4 Beneficio/Costo	28
3.6 Manejo específico del experimento.....	28
3.6.1 Delimitación del área del experimento.....	28
3.6.2 Toma de muestra de suelo	28
3.6.3 Preparación del lote	28
3.6.4 Parcelación del área de estudio.....	28
3.6.5 Sustratos empleados	28
3.6.6 Siembra.....	29
3.6.7 Construcción del modelo del pie cuadrado.....	29
3.6.8 Sustratos	29
3.6.9 Fertilización química.....	30
3.6.10 Trasplante	31

3.6.11 Labores Culturales.....	31
CAPÍTULO IV	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
LECHUGA (Lactuca sativa L.)	35
4.1 Altura de planta a los 40 días después del trasplante	35
4.2 Rendimiento g/planta.....	38
4.3 Días a la cosecha.....	41
BRÓCOLI (Brassica oleracea L.)	42
4.4 Altura de planta a los 80 días.....	42
4.5 Rendimiento g/planta.....	44
4.6 Días a la cosecha.....	48
4.7 Relación beneficio/costo	51
CAPÍTULO V	53
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES.....	55
CAPÍTULO VI.....	57
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	57
6.1 Introducción.....	57
6.2 Objetivos:	57
6.2.1 General.....	57
6.2.2 Específicos.....	57
6.3 Caracterización Ambiental.	57
6.3.1. Ubicación.....	57
6.3.2 Componentes Abióticos.....	58
6.3.3. Componente biótico.....	58
6.4. Descripción del proyecto.	59
6.5. Áreas de influencia.	59
6.5.1. Áreas de influencia directa.	59
6.5.2 Áreas de influencia indirecta.	59
6.6. Marco legal.	60
6.6.1 Constitución Política del Ecuador.	60
6.6.2 Ley de Gestión Ambiental.	60
6.6.3 Texto unificado de la legislación ambiental secundaria (TULAS).	60
6.7. Declaratoria de efectos	61
6.7.1. Paisaje.....	61
6.7.2. Aire.....	61

6.7.3. Suelo.....	61
6.7.4 Social.....	62
6.8. Evaluación de impactos.....	62
6.8.1. Metodología.....	62
6.8.2 Evaluación.....	63
6.8.3 Interpretación de los resultados.....	65
6.9. Medidas correctivas.....	65
6.10. Conclusiones.....	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Dimensión del Huerto de pie cuadrado	9
Figura 2. Espaciamiento entre plantas	13
Figura 3. Altura promedio de planta de lechuga a los 40 días después del trasplante	36
Figura 4. Rendimientos promedios de lechuga en g/repollo	39
Figura 5. Alturas promedio de brócoli a los 80 días después del trasplante.....	43
Figura 6. Pesos promedios de la pella de brócoli en g/planta.....	45
Figura7. Promedios de días a la cosecha en brócoli	49
Figura 8. Análisis económico de la relación beneficio/costo.	52
Figura 9. Matriz de identificación de impactos.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preparación del suelo para el pie cuadrado	10
Tabla 2. Alternativas de siembra en el pie cuadrado	12
Tabla 3. Cultivos no compatibles en la técnica del pie cuadrado.....	15
Tabla 4. Compatibilidad entre cultivos dentro del pie cuadrado	16
Tabla 5. Composición química de BIOABOR®	22
Tabla 6. Descripción de los tratamientos.....	25
Tabla 7. Esquema del Análisis de Varianza	26
Tabla 8. Recomendación de fertilización química, cultivo Lechuga	30
Tabla 9. Recomendación de fertilización química, cultivo Brócoli	31
Tabla 10. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 40 días después del trasplante en lechuga, en Ibarra-Ecuador 2014.	35
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable altura de planta del cultivo de lechuga.....	37
Tabla 12. Análisis de varianza para rendimiento en lechuga, en Ibarra-Ecuador 2014.	38
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable rendimiento del cultivo de lechuga.	39
Tabla 14. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha en lechuga, en Ibarra-Ecuador 2014.....	41

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable altura de planta en brócoli a los 80 días, en Ibarra-Ecuador 2014.	42
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable altura de planta del cultivo de brócoli.	43
Tabla 17. Análisis de varianza para la variable rendimiento en brócoli, en Ibarra-Ecuador 2014.	44
Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable rendimiento en el cultivo de brócoli.	46
Tabla 19. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha en brócoli, en Ibarra-Ecuador 2014.	48
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable días a la cosecha en el cultivo de brócoli.	50
Tabla 21. Relación Beneficio/costo.....	51
Tabla 22. Matriz de evaluación de impactos ambientales por el método de Leopold.....	64
Tabla 23. Jerarquización de impactos.....	65
Tabla 24. Costos de producción Tratamiento I	78
Tabla 25. Costos de producción Tratamiento II	79
Tabla 26. Costos de producción Tratamiento III.....	80
Tabla 27. Costos de producción Tratamiento IV.....	81
Tabla 28. Costos de producción Tratamiento V	82
Tabla 29. Datos de campo para la variable altura de planta a los 40 días después del trasplante en lechuga.	83
Tabla 30. Datos de campo para la variable rendimiento g/planta en lechuga.	83
Tabla 31. Datos de campo para la variable días a la cosecha en lechuga.....	84
Tabla 32. Datos de campo para la variable altura de planta a los 80 días después del trasplante en brócoli.....	84
Tabla 33. Datos de campo para la variable rendimiento g/planta en brócoli.	85
Tabla 34. Datos de campo para la variable días a la cosecha en brócoli.....	85

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Esquema del experimento en el campo.....	74
Anexo 2. Gráfico de la distribución de los cultivos a implementarse dentro del modelo del pie cuadrado.....	75
Anexo 3. Análisis químico de humus.....	76
Anexo 4. Análisis del suelo.....	77
Anexo 5. Costos de producción.....	78
Anexo 6. Datos de campo.....	83
Anexo 7. Fotografías	86

IMPLEMENTACIÓN DE AGRICULTURA URBANA CON LA TÉCNICA DEL PIE CUADRADO Y DETERMINACIÓN DE SU PRODUCTIVIDAD CON CINCO SUSTRATOS EN IBARRA-IMBABURA

AUTORES: FARINANGO VIÑACHI JUAN CARLOS
GUAMÁN MUGMAL CRISTIAN FABIÁN

DIRECTOR: ING. FRANKLIN VALVERDE
AÑO: 2014

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Granja experimental “Yuyucocha” de la Universidad Técnica del Norte. La ONU a nivel de Latino América, advierte una acelerada demanda de alimentos de calidad, y que es prioritario que los países establezcan programas prácticos, amigables con el ambiente para garantizar la soberanía y seguridad alimentaria de sus pueblos. El objetivo principal fue: Implementar la agricultura urbana con la técnica del pie cuadrado y determinar su productividad con cinco sustratos. Objetivos específicos: evaluar el efecto de diferentes sustratos en el comportamiento agronómico de lechuga y brócoli, evaluar la relación beneficio/costo de cada tratamiento. Hipótesis: El uso de abonos orgánicos y químicos incrementa el rendimiento y calidad de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) y el brócoli (*Brassica oleracea L.*). El factor en estudio estuvo constituido por los cinco sustratos compuestos por materiales utilizados de forma empírica a nivel de huertos y viveros. Tratamientos: T1 (10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo), T2 (10% de compost (BIOABOR), 10% pomina, 80% tierra común), T3 (5% humus, 5% compost (BIOABOR), 10% pomina, 80% tierra común), T4 (tierra común + fertilización química), T5 (100% tierra común, sin fertilización). Según Bartholomew, M. (2006), el pie cuadrado es un sistema de producción en camas de cultivo que está dividido en cuadrados de 1 pie x 1 pie, en el que se puede plantar especies diferentes en cada cuadrado. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se realizó la prueba Tukey al 5% cuando se detectó diferencia estadística. Variables evaluadas: altura de planta, días a la cosecha, rendimiento, y relación beneficio/costo. La superficie del ensayo fue 254,80 m², la unidad experimental fue una caja de 1,20m x 1,20m, con 16 plantas de lechuga y brócoli respectivamente. Resultados en Lechuga: T3 con 16,10 cm alcanzó la mayor altura de planta, mejor rendimiento T3 con 632 g/planta, en días a la cosecha no existió diferencia estadística. En Brócoli: variable altura de planta T2 y T3 con promedios de 53,30 cm y 52,00 cm fueron los mejores, el mayor rendimiento se observó en T3 con 467,80 g/planta y T2 con 368,75 g/planta, para días a la cosecha el mejor fue T3, con un promedio de 95 días. La mayor rentabilidad corresponde a T3 con una ganancia de 0,60 USD por cada dólar invertido. El sustrato T3 con elevado porcentaje de abono orgánico incrementó el rendimiento y calidad de la lechuga y brócoli, validando la hipótesis alternativa. La utilización de la tierra de paramo como sustrato es ineficaz, pues los rendimientos obtenidos son semejante a los de la tierra común.

IMPLEMENTATION OF URBAN AGRICULTURE WITH THE TECHNIQUE OF THE SQUARE FOOT AND DETERMINATION OF THEIR PRODUCTIVITY WITH FIVE SUBSTRATES IN IBARRA-IMBABURA

AUTORES: FARINANGO VIÑACHI JUAN CARLOS
GUAMÁN MUGMAL CRISTIAN FABIÁN

DIRECTOR: ING. FRANKLIN VALVERDE M.Sc.
AÑO: 2014

SUMMARY

This research was conducted at the experimental farm "Yuyucocha" from Technical University of the North. The ONU level in Latin America, warns an accelerated demand for quality food, and the priority that countries establish practical, environmentally friendly programs to ensure food sovereignty and security of their peoples. The main aim was: Implement urban agriculture with technical square foot and determine your productivity with five substrates. Specific Objectives: To evaluate the effect of different substrates on the agronomic performance of lettuce and broccoli, evaluate the cost / benefit ratio of each treatment. Hypothesis: The use of organic and chemical fertilizers increases the yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L.). The factor under study consisted of five substrates composed of materials used empirically at orchards and greenhouses. Treatments: T1 (10% humus, 10% Pomina, 80% land of moor), T2 (10% compost (BIOABOR) Pomina 10%, 80% common ground), T3 (5% humus, 5% compost (BIOABOR) Pomina 10%, 80% common ground), T4 (common ground + chemical fertilizer), T5 (100% common ground without fertilization). According to Bartholomew, M. (2006), a square foot is a production system that is growing beds divided into squares of 1 foot x 1 foot, in which different species can be planted in each square. Design of randomized complete block design with five treatments and four replications. The Tukey test at 5% was made when statistic. Variables difference was detected evaluated: plant height, days to harvest, yield, and cost / benefit ratio. The test surface was 254.80 m², the experimental unit was a box of 1.20 m x 1.20 m, with 16 plants respectively lettuce and broccoli. Results in Lettuce: T3 with 16.10 cm reached the highest plant height, better performance T3 632 g / plant, days to harvest in no statistical difference was present. In Broccoli plant height varying T2 and T3 with averages of 53.30 and 52.00 cm were the best, the highest yield was observed in T3 with 467.80 g / plant and T2 with 368.75 g / plant and days harvest was the best T3, with an average of 95 days. The T3 corresponds to greater profitability with a profit of \$ 0.60 for every dollar invested. The T3 substrate with a high percentage of organic fertilizer increased the yield and quality of lettuce and broccoli, validating the alternative hypothesis. The land use of moor as substrate is ineffective, since the yields obtained are similar to those of the common land.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los próximos 20 años la migración de comunidades rurales a grandes centros poblados se intensificará en América Latina y el Caribe, debido a numerosos factores, entre los que se puede destacar la incapacidad de los agricultores de hacer rentables sus explotaciones agrícolas (Siauy Yurjevic, 2000).

Según el Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas, Kof Annan, para el año 2030, más del 60% de la población mundial vivirá en las ciudades, casi el doble de la cantidad actual y el triple de 1950 (FAO, 2006).

Dentro de este contexto, resulta oportuno señalar que actualmente en la sociedad ecuatoriana el número de familias que practican el principio de autosuficiencia para cubrir sus necesidades alimentarias es muy reducido. La mayoría depende completamente de los mercados locales debilitando la economía familiar. A este problema se suma, el hecho de que la oferta de alimentos vegetales proviene de la producción agrícola tradicional a base de pesticidas químicos, debido al interés de los agricultores de aumentar su productividad, sin tener en cuenta el compromiso de garantizar al consumidor la adquisición de un producto de alta calidad nutricional y libre de residuos químicos. Esta práctica implica además la contaminación del medio ambiente, degradando los suelos.

Entre los principales factores que han generado este problema se pueden considerar los siguientes:

- El escaso conocimiento en cuanto al aporte y valor nutricional de las especies vegetales, lo que se ve reflejado en una alimentación deficiente.
- La tradición y costumbre de cultivar grandes áreas que son difíciles de manejar por la incidencia de plagas y enfermedades.

- La limitación del suministro de agua al cultivar grandes extensiones, haciendo necesaria la construcción de reservorios para alcanzar rendimientos aceptables.
- La reducción de áreas cultivables, debido al fraccionamiento de los terrenos para la construcción de viviendas, provocado por el incremento de la población.

Es necesario señalar que el problema mencionado anteriormente, se ve agravado por la existencia de prácticas a nivel de huertos y viveros en los que se utiliza sustratos pobres y vedados, como lo son la tierra de paramo y la pomina, ambos muy populares, generando daños ambientales al alterar los valiosos páramos de los que dependemos. Lastimosamente para ciertas personas, ambos sustratos representan fuentes de lucro, al ser comercializados valiéndose del limitado conocimiento de la gente en cuanto a su utilidad para prácticas agrícolas.

Por tal razón, los espacios abiertos de la Granja Experimental “Yuyucocha” en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura califican como lugares estratégicos para la implementación y promoción de la agricultura urbana bajo la técnica del pie cuadrado, permitiendo a los habitantes del sector urbano ver las bondades y productividad del modelo.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, la implementación de la técnica del pie cuadrado se centra en el aprovechamiento de los espacios reducidos de las zonas urbanas de la provincia de Imbabura, en donde existen condiciones favorables para el desarrollo de la agricultura urbana. Teniendo en cuenta que, aun cuando la competencia por los recursos (tierra, agua, aire y trabajo) es mayor que en la agricultura rural, la proximidad a la ciudad es una clara ventaja competitiva para la comercialización de sus productos.

De acuerdo con este criterio López y Lezama (2006), mencionan que:

Las ciudades podrán mantenerse funcionalmente en el largo plazo, únicamente si buscan una aproximación al sistema natural, en el sentido de generar parte de los recursos de los que dependen y absorber parte de los residuos que generan. Además de estos dos aspectos, la sustentabilidad urbana (SU) puede alcanzarse a través de la consideración de la ciudad como un sistema en el que todas sus partes se encuentran interrelacionadas; el reconocimiento del alcance de sus relaciones externas, sean éstas inmediatas o globales; el reconocimiento y

respeto por el medio natural urbano, así como por la construcción de la comunidad, del bienestar presente y futuro del ciudadano.

Adicionalmente esta investigación está alineada con el Plan Nacional del Buen Vivir (2009-2013) y con La Constitución del 2008, artículo 281, en los que se menciona como objetivo estratégico y una obligación del estado garantizar la soberanía y seguridad alimentaria. De igual forma, busca generar bienes de consumo alimenticio al vivir el principio de autosuficiencia, produciendo de una manera sustentable.

La selección de los cultivos para el ensayo se realizó en base a la utilidad de estos en la alimentación básica de la familia, los mismos que a su vez representan una fuente significativa de nutrientes.

El objetivo general fue implementar la agricultura urbana con la técnica del pie cuadrado y determinar su productividad con cinco sustratos.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Evaluar el efecto de diferentes sustratos en el comportamiento agronómico de lechuga y brócoli.
- Evaluar la relación beneficio/costo de cada tratamiento.

La hipótesis planteada fue: El uso de abonos orgánicos y químicos incrementa el rendimiento y calidad de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) y el brócoli (*Brassica oleracea L.*).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Agricultura urbana.

La FAO (2006), define a la agricultura urbana como:

La práctica agrícola y pecuaria en las ciudades, que por iniciativa de los productores afincados en las ciudades y sus alrededores, utilizan los mismos recursos locales, como mano de obra, espacios, agua, desechos sólidos orgánicos y químicos, así como servicios, con el fin de generar productos de autoconsumo y también destinados a la producción de alimentos para venta en el mercado.

Mientras que para el Centro Internacional de la papa (2004), la agricultura urbana es:

Un elemento integral en la planificación y diseño urbano de barrios marginales existentes y nuevos, así como también en los planes de vivienda, promoviendo barrios productivos, sustentables, que incorporen la producción hortícola, la forestería, la gestión integral de residuos sólidos y líquidos al igual que su reaprovechamiento para la agricultura urbana.

Dentro de este contexto la FAO en su Programa de Producción Vegetal congrega las siguientes áreas temáticas como prioritarias:

- Biotecnología Agrícola (REDBIO/FAO)
- Agricultura Urbana y Periurbana (AUP)
- Producción de cultivos alimenticios
- Intensificación de la Producción Hortícola
- Buenas Prácticas Agrícola (BPA)

Por estas consideraciones, la importancia de la Agricultura Urbana y Periurbana (AUP), se muestra en los primeros lugares de acción. El Programa de Producción Vegetal es un componente básico del trabajo de la Oficina Regional de la FAO en el área de la seguridad

alimentaria. Las actividades están dirigidas al logro de los objetivos estratégicos de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación en relación a la mejora de las tecnologías de producción sostenible de alimentos a nivel rural y suburbano (FAO, 2006).

2.1.1 Sostenibilidad de la agricultura urbana.

Según Van der Berg (2007), la agricultura urbana permite:

A nivel social, cubrir algunas necesidades alimentarias, genera momentos de esparcimiento, ayuda en la construcción social y a reducir la pobreza. A nivel económico implica producción, acceso a mercados, generación de empleo; a nivel ambiental conlleva a la creación de microclimas y a mantener la biodiversidad.

En este sentido, la importancia de la agricultura urbana como una actividad que produce alimentos para enfrentar el crecimiento del hambre, provee plantas medicinales facilitando el acceso a la salud, genera empleo de bajo costo, reduce la exclusión social valorizando la identidad individual y comunitaria. Se enfatiza el uso productivo de espacios ociosos y el reciclaje de los desechos orgánicos y el mejor uso de las aguas residuales, actividades que conllevan a mejorar el medio ambiente (Centro Internacional de la papa, 2004).

2.1.2 La agricultura urbana comparada con la agricultura rural

Al hablar sobre las ventajas de agricultura urbana Prudencio, J. (2008), manifiesta que los agricultores urbanos y las condiciones de agricultura urbana son diferentes de los agricultores y las condiciones en las zonas rurales, lo que tiene importantes consecuencias en el desarrollo de tecnología aplicada a la agricultura urbana.

Por su parte Soler, M. (2002), señala que, fortalece el derecho ciudadano a la alimentación producida de forma autónoma, local, sostenible y justa. Generando beneficios ambientales, especialmente si se trata de producciones agroecológicas. A su vez incorpora espacios verdes al diseño urbano, acortando la distancia que recorren los alimentos, reduciendo insumos industriales y contaminantes de la agricultura.

2.1.3 Experiencias de la implementación de agricultura urbana

De acuerdo con Vaca, M. (2011), en un estudio realizado en la ciudad de Ibarra con cuatro modelos de huertos urbanos menciona que las familias que se dediquen a la implantación de un huerto tendrán ingresos económicos y beneficios de consumir alimentos sanos y frescos.

De igual forma Erazo, N. (2012), manifiesta que, la actividad productiva dentro de las áreas urbanas no solo puede contribuir a la disponibilidad y el abastecimiento local de alimentos frescos y nutritivos, pues al mismo tiempo es un soporte de mejoramiento para la sostenibilidad del medio ambiente urbano.

En base a su experiencia Mougeot, L. (2001), indica que:

A nivel internacional la agricultura urbana complementa “las fuentes rurales y externas de suministros alimenticios para las ciudades, se destaca su importancia como refuerzo para la seguridad alimentaria, especialmente de las familias pobres del área urbana”. Usualmente se cultiva para el autoconsumo y en pequeños lotes que no son propios, igualmente, las personas que la practican llevan un tiempo considerable de habitar en la ciudad.

Según Rojas, R. (2005), la AU cumplió un papel importante en la seguridad alimentaria de familias y comunidades en momentos de cambio político y crisis económica, en países como Cuba o Polonia. Esta actividad se desarrolló en espacios pequeños que se ampliaron progresivamente, haciendo uso de los recursos disponibles.

De acuerdo con la FAO (2005):

La agricultura en áreas urbanas y peri-urbanas proporciona ya alimentos a cerca de 700 millones de residentes en las ciudades, un cuarto de la población urbana mundial; actualmente los ciudadanos de muchos países en desarrollo gastan al menos el 60% de sus ingresos en comida, lo que lleva a la conclusión que las explotaciones agrícolas en el interior o la periferia de áreas urbanas jugarán un papel cada vez mayor para alimentar a su población.

2.2 Seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria para IICA (2009), es la existencia de condiciones que posibilitan a los seres humanos tener acceso físico, económico y de manera socialmente aceptable a una dieta segura, nutritiva y acorde con sus preferencias culturales, que les permita satisfacer sus necesidades alimentarias y vivir de una manera productiva y saludable. Estas condiciones son:

- El acceso de todas las personas a los alimentos: por medio de la disponibilidad de recursos económicos y de otra índole para adquirir alimentos nutritivos, sanos y en la cantidad apropiada.
- El logro de un nivel de bienestar nutricional en el que se satisfagan todas las necesidades fisiológicas, gracias a una alimentación adecuada, disponibilidad y acceso de agua potable, sanidad y atención médica (importancia de los insumos no alimentarios).
- La estabilidad del acceso a alimentos adecuados en todo momento, sin riesgo de quedarse sin alimentos a consecuencia de crisis políticas, económicos o climáticas repentinas ni de acontecimientos cíclicos (inseguridad alimentaria estacional). Engloba tanto la disponibilidad como el acceso.

2.3 La técnica del pie cuadrado

Para el creador de la técnica del pie cuadrado, Bartholomew, M. (2006):

Es un sistema de producción en camas de cultivo que esta reticulado o dividido en cuadrados de 1 pie x 1 pie (aprox. 30cm x 30cm). Cada cuadrado es de 12 pulgadas por 12 pulgadas, una área de 1 pie cuadrado. Se puede plantar o sembrar cultivos o especies diferentes en cada cuadrado, para esto se necesita un sustrato altamente nutritivo, que mantenga una buena humedad, sea aireado, no muy suelto y que sea apto para todo tipo de plantas. En cada cuadro se puede plantar una verdura, flor, o hierba diferente. La cantidad de plantas que se ponen en cada cuadrado depende de la variedad particular, del tamaño que va alcanzar la planta, y la distancia de siembra para que se desarrollen apropiadamente.

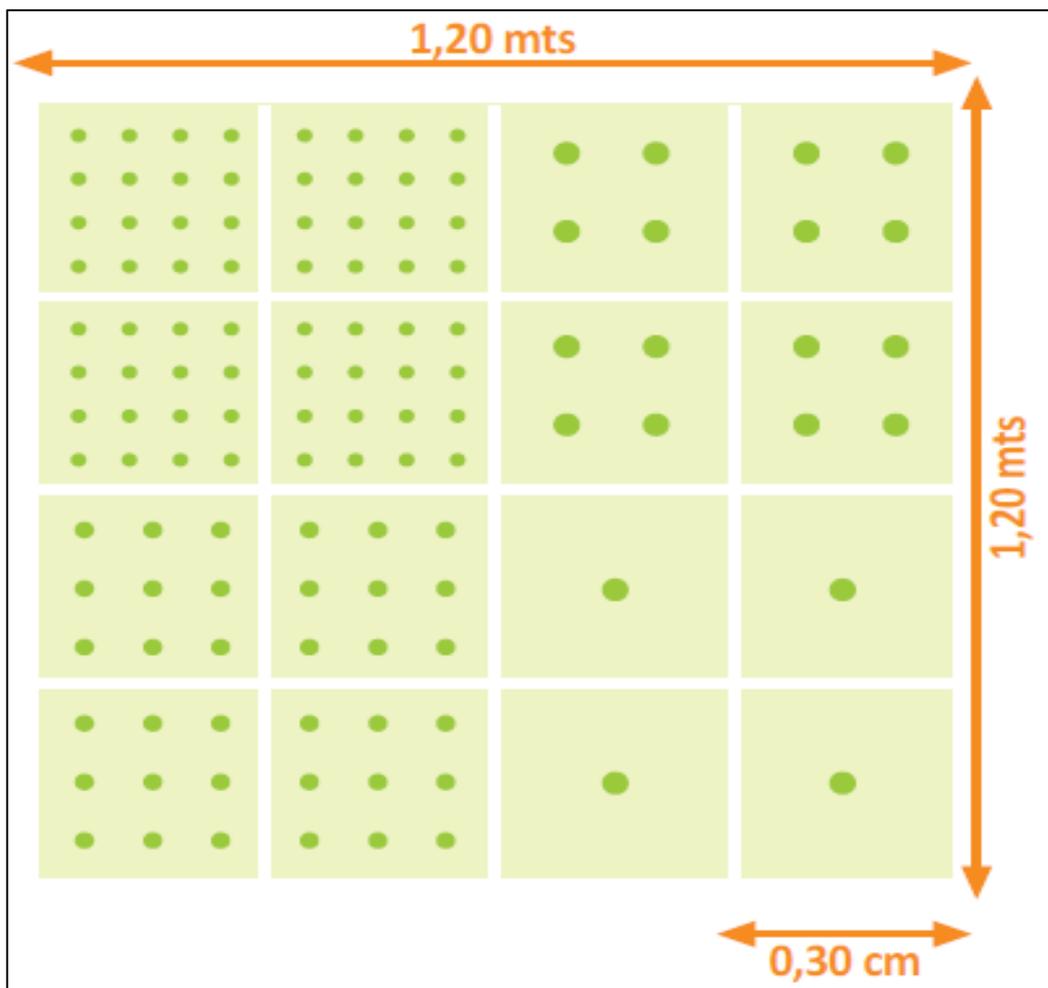


Figura 1 Dimensión del Huerto de pie cuadrado

Fuente: Programa Huertos Educativos Cochabamba, (2007).

Es un sistema nuevo, simple, único, versátil, que se adapta a todos los niveles de experiencia, habilidades físicas y áreas geográficas. Se puede plantar todo lo que se desee y se necesite, ocupando un 20 % del espacio que se requiere para un cultivo convencional en hileras. Disminuye un 80% del costo y trabajo arduo, obteniendo una cosecha saludable y productiva.

Siguiendo este contexto, el autor del pie cuadrado Bartholomew, M. (2006), junto con otros expertos en el tema, explican paso a paso la consistencia de la misma:

2.3.1 Construcción de las cajas y su disposición en el huerto o jardín

Para Hill, D. (2003):

En la construcción de la caja lo más práctico es utilizar madera semidura, pero se puede utilizar cualquier material disponible (ramas, ladrillos). Las dimensiones de la caja o cama de cultivo será de 4 pies x 4 pies (1,20 m x 1,20 m aproximadamente) y la profundidad puede variar desde 20cm hasta los 30cm. Este es un tamaño estándar, pero no es una medida o diseño que se debe mantener, así es posible variar la forma y el tamaño de la caja, lo único que se debe mantener es el pie cuadrado (30cm x 30cm), debido a que este es el elemento clave de este sistema. El huerto debe instalarse en donde la luz del sol este en contacto directo con la caja de 6 a 8 horas diarias para un mejor desarrollo de las hortalizas.

2.3.2 Preparación del sustrato para el pie cuadrado

Se utiliza 1/3 de cascarilla de arroz, 1/3 de tierra vegetal, 1/3 (de compost y pomina). La cascarilla de arroz, tiene que ser tratada (graneada/tostada) para eliminar contaminación y toxinas.

La medida oficial de 1 pie = 30,48cm = 0,3048m, los cálculos que se verán a continuación están realizados para cajas de 4 pies x 4 pies (1,48m²) x 0,25 m=0,370m³ = 370 litros.

Tabla 1. Preparación del suelo para el pie cuadrado

INSUMOS		VOLUMEN	MEDIDA
1/3 Tierra vegetal		123 litros	6 baldes de 20 litros + 3 litros
1/3 cascarilla de arroz		123 litros	6 baldes de 20 litros + 3 litros
1/3	Arena o lama	62 litros	3 baldes de 20 litros + 2 litros
	Compost	62 litros	3 baldes de 20 litros + 2 litros
Total		370Litros	

Fuente: Programa Huertos Educativos Cochabamba, (2007).

2.3.3 Disposición de cultivos dentro del sistema de pie cuadrado

El sistema consiste en reticular o dividir en cuadrados de aproximadamente 30 x 30 cm. Se puede reticular con pitas o madera sobre el sustrato. Se pueden cultivar 16 hortalizas diferentes en un bloque (1,20mx1, 20mx 0,30m), así se obtendrá una gama variada de hortalizas que desee degustar.

2.3.4 Métodos de plantación y espaciamiento

Para HARVEST FARM (2010), las reglas para plantar o sembrar en el pie cuadrado son simples.

- No se debe caminar ni apoyarse dentro de la cama de cultivo.
- Colocar solo una o dos semillas en cada cuadrado al momento de sembrar.
- Cubrir las semillas o plantas trasplantadas con paja o una red para protegerlas.
- Regar con regadera con agua calentada al sol (tibia).
- Añadir compost o humus cada vez que se coloque un nuevo cultivo en un cuadrado.
- Mantener replantado cada cuadrado a medida que se vaya cosechando.
- Hacer almácigos de diferentes hortalizas (lechuga, cebolla, tomate, pimentón, coles, etc.) en recipientes pequeños para ahorrar tiempo en la producción.

El espaciamiento está dispuesto de acuerdo al tamaño de la planta, tomando en cuenta el follaje, raíz, altura de la planta, etc. y no así la especie o la familia del cultivo.

Tabla 2. Alternativas de siembra en el pie cuadrado

4 cabezas de lechuga	9 espinacas
16 zanahorias	9 a 16 remolachas
16 rábanos	16 cebollas
8 plantas de arveja	1 tomate
9 plantas de frijol	1 repollo
4 acelgas	1 coliflor
4 perejiles	1 pimentón, ají o similar
4 apios	1 planta de pepino
9 plantas de vainita	1 brócoli

Fuente: Programa Huertos Educativos Cochabamba, (2007).

En relación a la plantación y espaciamento Suquilanda, M. (1995), indica que, cuando el tamaño de las semillas hortícolas es muy pequeño, se hace imprescindible recurrir a la elaboración de almácigos o semilleros para llevar al campo definitivo plantas vigorosas, uniformes y libres de enfermedades. El trasplante se realiza cuando las plántulas tienen de tres a cinco hojas, aproximadamente de 10 a 12 centímetros de altura. Se recomienda seleccionar plántulas uniformes, vigorosas y sanas, se debe trasplantar en días nublados, en horas de la tarde y en suelo húmedo.

Refiriéndose a esta práctica Tiscornia (1983), manifiesta que, la siembra de semillas de lechuga se lo realiza en periodos invernales a razón de dos gramos por metro cuadrado, de asiento, y cinco gramos por metro cuadrado de almacigo que alcanza para trasplantar 100 metros cuadrados.

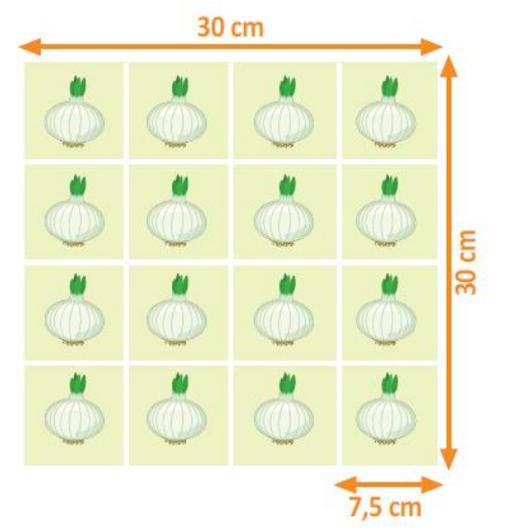
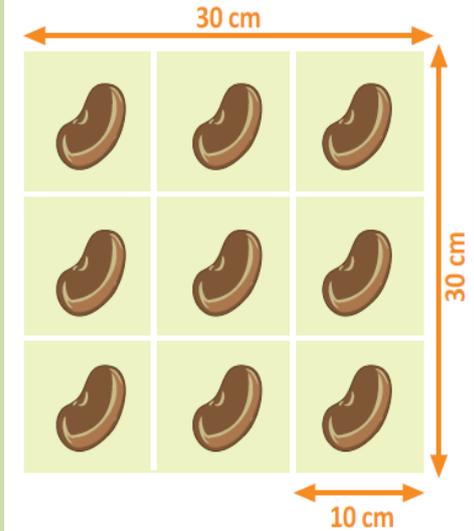
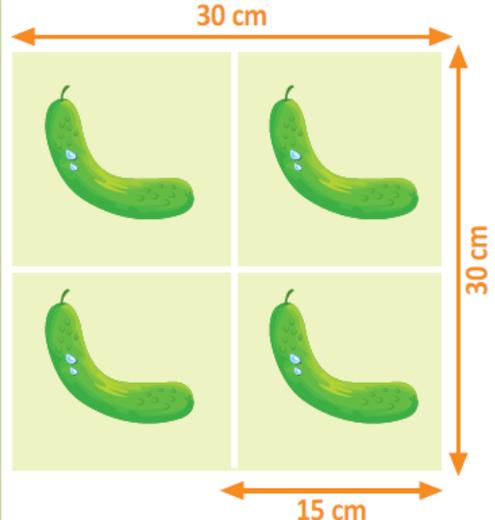
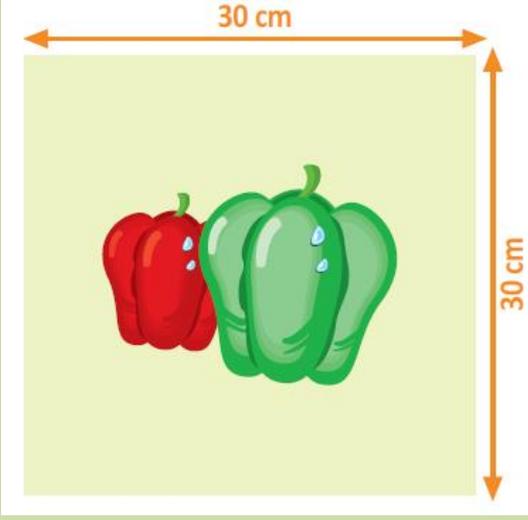
1	Plantas pequeñas (zanahoria, cebolla, rábanos, nabos, puerros, arveja, etc.)	2	Plantas medianas (vainitas, porotos, arveja, espinaca, remolacha, nabos, etc.)
			
3	Plantas grandes (Lechugas, acelgas, espinacas, perejil, apio, pepino, tomate tipo arbusto, etc.)	4	Plantas extra grandes (pimentón, ajíes, locoto, tomate, brócoli, repollo, coliflor, maíz, berenjena, melones, etc.)
			

Figura 2. Espaciamento entre plantas

Fuente: Programa Huertos Educativos Cochabamba, (2007).

2.3.5 Limitación del tamaño del huerto

El huerto del pie cuadrado permite seleccionar el tamaño, la frecuencia y la densidad de producción según las necesidades de las familias, por ejemplo, si se quiere más de cuatro lechugas (y la mayoría de las personas lo hace), se puede plantar otro cuadrado de cuatro plantas una o dos semana después.

Lok, R. (1998), menciona que la composición del huerto es tal, que durante todo el año el hogar obtiene productos de este, para abastecer primeramente sus necesidades de autoconsumo. Además, obtienen beneficios intangibles, que son difíciles de cuantificar, como espacio de vida, sombra, etc.

2.3.6 Un huerto basado en cuadrados en lugar de filas

La diferencia es que en lugar de plantarse en filas con espacio extra entre ellas, las plantas se ponen en un cuadrado, con la misma distancia de separación en todas las direcciones. Por ejemplo los pimenteros, para su crecimiento y total desarrollo necesitan 12 pulgadas de espacio entre las plantas, permitiendo poner una planta de pimiento justo en el centro de un cuadrado.

2.3.7 El Mantenimiento del huerto del pie cuadrado

Se logra mediante la mejora progresiva de la tierra, que es otra gran ventaja del huerto del pie cuadrado. Cuando cada cuadrado se cosecha, simplemente se agrega una paleta llena de mantillo de hojas, estiércol maduro, una rociada de fertilizante, alguna cal o azufre para corregir el pH, y cualquier otro material que quiera agregar.

El procedimiento completo toma de uno a dos minutos, y puede hacerse con sólo una paleta. Las ventajas de mejora de la tierra usando materiales orgánicos se pondrán más claras a medida que el huerto progresa y las plantas se desarrollen de manera óptima.

2.3.8 Técnicas especiales en el huerto del pie cuadrado

Una ventaja del método del pie cuadrado es la incorporación de técnicas especiales, como incorporar elementos disuasorios naturales contra plagas, plantaciones compañeras, rotación de cosechas y sucesión de plantíos.

2.3.9 Plantaciones compañeras

En cada cuadrado los vegetales y flores están juntos (comparado a un arreglo de huerto convencional), se puede tener compañeros en casi cualquier combinación sin mucha planeación previa, siempre que exista cultivos disuasivos de plagas, como las cebollas, ajo, caléndulas, y capuchinas, no se presentaran mayores daños porque un pie cuadrado de huerto es tan pequeño, que el efecto disuasivo de las plantas se sentirá a lo largo de él.

Tabla 3. Cultivos no compatibles en la técnica del pie cuadrado

VERDURA	NO ES COMPATIBLE CON
Frijol	Cebollino, puerro, ajo, cebolla
Remolacha	Frijol trepador
Familia de col	Frijol trepador, tomate
Zanahoria	Eneldo
Maíz	Tomate
Pepino	Papa, sabroso
Familia de cebolla	Frijol, arveja, haba
Arveja	Familia de cebolla, calabaza, tomate
Tomate	Maíz, eneldo, familia de col, papa

Fuente: The Food Project, (2007).

Tabla 4.Compatibilidad entre cultivos dentro del pie cuadrado

COMPATIBLE CON		
VERDURA	VERDURAS	HIERBAS Y FLORES
Frijol	Familia de col, zanahoria, maíz, pepino, berenjena, chicharro, papa	Borraja, caléndula, capuchina, sabio, el tomillo
Remolacha	Frijol trepador, familia de col, lechuga	Ajo
Familia de col	Remolacha, pepino, lechuga, cebolla, papa, espinaca, verdura de remolacha	Camomila (manzanita), eneldo, el ajo, la capuchina, sabio, el tomillo
Zanahoria	Frijol, lechuga, cebolla, chicharro, pimiento	Cebollino, el romero, sabroso
Maíz	Frijol, pepino, melón , chicharro, papa	Maravilla, el perejil
Pepino	Frijol, familia de col, maíz, lechuga, tomate	Maravilla, el perejil
Lechuga	Remolacha, familia de col, zanahoria	Cebollino, eneldo, ajo, cebolla
Melón	Maíz, calabazón, calabaza e verano	Maravilla, capuchina, orégano
Chicharro	Frijol, zanahoria, maíz, pepino, nabo	Perejil
Pimiento	Zanahoria, berenjena, cebolla, tomate	Albahaca
Espinaca	Familia de col, lechuga, chicharro, rábano	Cebolla
Calabaza	Maíz, melón, calabazón, rábano	Borraja, maravilla, capuchina
Tomate	Frijol, zanahoria, pepino, cebolla, pimiento	Albahaca, borraja, caléndula

Fuente: The Food Project, (2007).

2.3.10 Rotación de cultivos.

Para Sauca & Urabayen (2005), la rotación rompe el ciclo de los diferentes organismos que perjudican a los cultivos y se favorece la presencia de sus enemigos naturales. El cultivo reiterado de una misma especie hace que aumenten las poblaciones de parásitos (insectos, ácaros, hongos, bacterias, virus y nematodos) asociados a ella. Por ejemplo el cultivo continuado de lechuga en la misma parcela provoca problemas crecientes de esclerotinia, hasta llegar a la pérdida total de la cosecha.

Diferentes cultivos son susceptibles a diferentes enfermedades y cultivar la misma especie en la misma tierra año tras año puede permitir el aumento de una alta concentración de un organismo específico, suficiente para causar la enfermedad en esa cosecha. El no practicar la rotación de cultivos, hace más probable que la tierra se vacíe de los nutrientes, a su vez las plantas serán menos saludables y más susceptibles a los ataques de la plaga.

2.3.11 Tamaños del huerto y diseños básicos

El tamaño del huerto no tiene nada que ver con cuánto espacio se necesita para cultivar; pues depende, con la cantidad de comida que es probable que la familia necesite. Para la selección del tamaño del huerto se considera el tiempo que conlleva su mantenimiento. Un huerto convencional de fila simple necesita aproximadamente dos horas de mantenimiento por semana para cada 100 pies cuadrados, y ese trabajo tiene que hacerse todas las semanas.

2.3.12 El crecimiento vertical (tutores)

Según HARVEST FARM (2010), es un sistema de apoyos verticales que reducen la cantidad de espacio de tierra requerido, a un mínimo absoluto. Las razones para la jardinería vertical son muchas y variadas. Estas incluyen el uso de un espacio menos alejado del huerto, rendimientos aumentados, cosechas mejoradas, preparación más fácil de la tierra, y simplificados métodos de riego. Además, un huerto vertical es sumamente atractivo y refuerza la apariencia de cualquier patio o casa.

2.3.13 Plantación intercalada

Se la realiza en base a la cantidad necesaria de una hortaliza pues, no es prudente plantar un cuadrado entero con rábanos de rápido-crecimiento (16 son demasiados), es recomendable plantar 4 u 8 semillas de rábano en el cuadrado. Además dentro del huerto del pie cuadrado se debe analizar el sistema radicular de cada especie a ser cultivada. Esto ayudará a una máxima optimización del espacio y del sustrato, evitando la competencia por nutrientes y el débil desarrollo de las plantas.

2.3.14 Asociación de cultivos

“La asociación de cultivos es la siembra conjunta de plantas que tienen demandas físicas complementarias. Dentro de la asociación de cultivos se incluye la siembra de hortalizas, cultivos de ciclo corto arbustos, árboles de porte bajo, plantas ornamentales y medicinales” (Raeburn, 1987)

Por su parte Serrano, J. (2009), menciona que “La asociación es una técnica en la cual dos o más especies de vegetales se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una competencia intraespecífica, interespecífica y/o complementación”.

2.3.15 Establecimiento de la asociación de cultivos

Para Aguirre, Z. (1996), existen tres requerimientos básicos para que los cultivos puedan desarrollarse en forma óptima.

- Espacio adecuado: se refiere a la distancia óptima que debe existir entre las plantas para su desarrollo. En caso de no tomar en cuenta este espacio, habrá predominio de unos y estancamiento del desarrollo de otros.
- Nutrientes: son fundamentales para que en las primeras fases del desarrollo de las plantas haya buena disponibilidad de alimento y su crecimiento sea rápido y consistente.
- Agua: es un elemento básico que permitirá que la asociación tenga el desarrollo esperado. Por eso es necesario tomar las previsiones necesarias para almacenar el agua de riego para aprovecharla al máximo en la época de sequía.

2.3.16 Los productos del huerto y sus nutrientes

FAO, SAG, AECI (2005), indican que:

Los productos que se pueden cultivar dentro del huerto del metro cuadrado abarcan muchas especies como pueden ser: cereales, leguminosas, tubérculos, raíces y hortalizas. Los productos comestibles del huerto, son productos alimenticios que al ser ingeridos en forma líquida o sólida, aportan materias asimilables que cumplen con los requisitos nutritivos para mantener el crecimiento y el bienestar del ser humano.

2.3.17 Factores climáticos

En relación con los factores climáticos Rodríguez, I. (2011), menciona que son dependientes de la latitud, longitud, altura y orografía donde se ubique la actividad agrícola. Todo esto provoca el régimen de lluvias, las temperaturas mínimas y máximas, los vientos, la humedad del aire y otros factores que influyen en la actividad fisiológica de la planta.

2.3.18 La fertilización orgánica

Según Alviar, C. (2004), el objetivo primordial de la fertilización es la incorporación de abonos orgánicos al suelo estableciendo un nivel adecuado y equilibrado de nutrientes que permite el crecimiento de plantas sanas y la recuperación de su fertilidad, haciéndolo un suelo vivo mucho más rápido de lo que se demora la naturaleza en reconstruirlo.

2.4 Biocidas botánicos para el control de plagas en agricultura urbana

Para Rodríguez, J. (2010), los llamados biocidas botánicos son compuestos de fabricación sencilla, simple y muy práctica, ya que la base de su preparación son extractos vegetales que por lo general se encuentran alrededor de nuestras propias casas, aún de nuestras propias casas: orégano, albahaca, ají, ruda, menta, entre otras especies, son plantas que se consiguen fácilmente en los mercados o que se mantienen en casa del propio horticultor.

2.5 Sustratos

El sustrato en sentido general es el medio sobre el cual la planta crece, tanto superficialmente como penetrando en ella, puede ser tierra o cualquier otra sustancia. En horticultura se utilizan diferentes sustratos artificiales formados muchas veces por la mezcla de varias sustancias en diversas proporciones (Chávez, N. 2008).

Según Gallardo, C. (2003), el término sustrato se aplica a todo material sólido distinto del suelo, cuyo origen puede ser natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando, por lo tanto, un papel de soporte para la planta.

2.5.1 Humus de lombriz

Para BIOAGROTECSA Cia. Ltda. (2011):

El humus de lombriz es un abono orgánico 100% natural, que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos compostados, por medio de la Lombriz Roja de California. Mejora la porosidad y la retención de humedad, aumenta la colonia bacteriana y su sobredosis no genera problemas.

De acuerdo con Terán, G. (2011), el humus de lombriz es de color negruzco, granulado, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque. Protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas del suelo, de su estructura (haciéndola más permeable al agua y al aire), aumentando la retención hídrica y disminuyendo la frecuencia de riego.

En este mismo sentido Méndez y Lojo (2009), afirman que el humus contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces. De igual forma, impide que estos sean lavados por el agua de riego manteniéndolos por más tiempo en el suelo.

Para Narváez, F. (2004), las ventajas más relevantes del humus de lombriz son:

- Produce un aumento del tamaño de las plantas, arbustos y árboles, protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante todo el año.
- Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas.
- Produce hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, los cuales estimulan el crecimiento y las funciones vitales de las plantas.
- Evita y combate la clorosis férrica, facilita la eficacia del trabajo mecánico en el campo, aumenta la resistencia a las heladas y favorece la formación de micorrizas.
- Al tener un pH neutro no presenta problemas de dosificación ni de fitotoxicidad, por lo cual es posible aumentar las dosis recomendadas.
- La actividad residual del humus se mantiene en el suelo hasta cinco años.

2.5.2 Compost

Según Franco, J. (2010), “el compost es el producto final obtenido del proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura”.

Igualmente Stoffella y Kahn (2005), mencionan que para su obtención es predominante un proceso aeróbico o que requiere oxígeno (O_2). Los microorganismos consumen O_2 para extraer energía y nutrientes de la materia orgánica. Al hacer este proceso producen dióxido de carbono (CO_2), agua, calor, compost y productos gaseosos varios de descomposición.

Por su parte BIOECO (2012), señala que el compost BIOABOR® es un fertilizante orgánico, natural, balanceado, biodegradable y puede ser utilizado en todo tipo de suelo. Además es un tónico y vigorizante de suelo, a partir de fermentos orgánicos elaborados con bacterias de fermentación láctica y fototróficas, levaduras y actinomicetos, de inmediata disponibilidad y fácil absorción por las plantas. Tiene un efecto residual sobre el suelo de más de 18 meses, por ser un abono orgánico. Produce liberación lenta y estable de nutrientes que mantienen la humedad y la temperatura confort creando un microclima adecuado. También se puede mencionar que BIOABOR® es un activador de materia orgánica, por su alto contenido microbiano.

A continuación aparece la tabla en la que se detalla la composición química del BIOABOR®.

Tabla 5. Composición química de BIOABOR®

ANÁLISIS	CONTENIDO PROMEDIO
PH (al 10%)	6,73%
Materia orgánica	48,3%
Carbono	43,7%
Relación carbono nitrógeno	25,70%
Humedad	40,74%
Nitrógeno (N)	1,70%
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,85%
Potasio (K ₂ O)	0,40%
Magnesio (Mg)	0,21%
Calcio (CaO)	1,85%
Azufre (S)	0,77%
Hierro (Fe)	0,85%
Boro (B)	280 ppm
Zinc (Zn)	137 ppm
Cobre (Cu)	30 ppm
Manganeso (Mn)	357 ppm
Cobalto (Co)	0,10 ppm
Molibdeno (Mo)	0,10 ppm
Capacidad de intercambio catiónico	152,6 meq/Kg
Peso por volumen	1,5278 g/ml

Fuente: Bio Eco, (2013).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio.

Este ensayo fue realizado en la Granja Experimental de “Yuyucocha” de propiedad de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

3.1.1 Características Agro climáticas y Ubicación del ensayo.

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	Caranqui
Localidad:	Yuyucocha
Lugar:	Granja “Yuyucocha” – UTN
Altitud:	2228 m.s.n.m
Temperatura mínima:	6,08°C
Temperatura máxima:	26,2°C
Temperatura promedio anual:	18,4°C
Humedad relativa:	65%
Precipitación:	589,3 mm
Latitud Norte:	00°21'53''
Longitud Oeste:	78°06'32''
Características Edáficas:	
Textura:	Suelo franco arenoso
Topografía:	Plana
pH:	Neutro
Clasificación ecológica:	Bosque montano seco (bs)

Fuente: Estación INAMHI Granja Experimental Yuyucocha Ibarra (2012).

3.2 Materiales y equipos.

3.2.1 Materiales de campo.

- Palancón
- Juego de jardinería
- Materiales de carpintería
- Flexómetro
- Tablas de encofrado
- Carretilla

3.2.2 Equipos.

- Bomba de fumigar
- Cámara fotográfica
- Balanza
- Calculadora
- Computadora

3.2.3 Insumos.

- Semillas de brócoli, lechuga.
- Humus de lombriz.
- Compost (BIOABOR®)
- Tierra negra de paramo.
- Pomina

3.3 Métodos.

3.3.1 Factor en estudio.

Los sustratos

3.3.2 Tratamientos.

Los 5 tratamientos empleados en el ensayo (Tabla 6), están constituidos por las combinaciones de materiales utilizados con frecuencia de forma empírica a nivel de

huertos y viveros: suelo, pomina, abono orgánico, tierra de páramo y fertilizantes químicos.

Tabla 6. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO	SUSTRATOS
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común
T4	tierra común + fertilización química
T5	100% tierra común sin fertilización (testigo)

3.4 Diseño experimental.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, dando un total de 20 unidades experimentales (Anexo 1).

3.4.1 Características del experimento.

Bloques:	4
Tratamientos:	5
Total de Unidades Experimentales:	20
Superficie total:	254,80m ²
Forma:	Rectangular
Tamaño de la unidad experimental:	1,44m ² (1,20m x 1,20m)
Número de plantas por unidad experimental:	
Brócoli	16
Lechuga	16
Superficie de la parcela neta:	1,08m ² (12 plantas)

La unidad experimental para cada cultivo consistió en una caja de 1,20m x 1,20m, ocupando un área total de 1,44m² la misma que fue dividida en 16 cuadrados de 30cm x 30cm (Pie cuadrado), en el interior de los cuales fueron trasplantadas la lechuga (*Lactuca sativa L.*) y el brócoli (*Brassica oleracea L.*) (Anexo 2).

3.4.2 Análisis estadístico

El esquema del análisis de varianza, que se utilizó para este ensayo fue el siguiente:

Tabla 7. Esquema del Análisis de Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	19
Bloques	3
Tratamientos	4
Error experimental	12

X promedio

CV (%)

3.4.3 Análisis funcional.

Para las variables altura de plantas, rendimiento g/planta y días a la cosecha en brócoli y lechuga, se utilizó la prueba de Tukey al 5% cuando se detectó significancia para tratamientos.

3.5 Variables a evaluarse.

Para evaluar las variables altura de planta, rendimiento y días a la cosecha, en los cultivos de brócoli y lechuga, la parcela neta estuvo constituida por doce plantas.

3.5.1 Altura de la planta.

Lechuga (*Lactuca sativa* L.):

A fin de determinar la altura de plantas a los 40 días después del trasplante, se procedió a marcar doce plantas al azar en cada unidad experimental y con una regla graduada al centímetro completo, se realizó la medición, desde la parte basal hasta la parte apical de la cabeza, y se registraron los promedios de altura en centímetros/planta (Anexo 7).

Brócoli (*Brassica oleracea L.*):

Se registró el promedio de altura en centímetros/planta (Anexo 7) de 12 plantas tomadas al azar en cada unidad experimental a los 80 días después del trasplante. Para lo cual se midió desde la parte basal, hasta la parte apical de la pella utilizando una regla graduada al centímetro completo.

3.5.2 Rendimiento

Lechuga (*Lactuca sativa L.*):

En cada unidad experimental, se evaluaron 12 pellas tomadas al azar a los 100 días después del trasplante, y con la ayuda de la balanza electrónica se realizó el pesaje individual en g/pella, a continuación los valores fueron sumados y divididos para el número de pellas con el fin de conocer el peso/repollo promedio de cada tratamiento (Anexo 7).

Brócoli (*Brassica oleracea L.*):

Se evaluó al cosechar cada una de las parcelas, recolectando las 12 pellas tomadas al azar en cada unidad experimental a los 100 días después del trasplante, y con la ayuda de la balanza electrónica se realizó el pesaje individual en g/pella, a continuación los valores fueron sumados y divididos por el número de pellas con el fin de conocer el peso/repollo promedio de cada tratamiento (Anexo 7).

3.5.3 Días a la cosecha

Lechuga (*Lactuca sativa L.*):

Se cuantificaron los días transcurridos desde el trasplante hasta el momento de la cosecha de cada tratamiento. Los datos fueron expresados en días a la cosecha (Anexo7).

Brócoli (*Brassica oleracea L.*):

Se cuantificaron los días transcurridos desde el trasplante hasta el momento de la cosecha de cada tratamiento. Los datos fueron expresados en días a la cosecha (Anexo7).

3.5.4 Beneficio/Costo

Se utilizó la relación de los costos de producción de los tratamientos para implementar el huerto del pie cuadrado en estudio y la valorización de los ingresos de los productos vendidos (Anexo 5).

3.6 Manejo específico del experimento

3.6.1 Delimitación del área del experimento

Se realizó con la ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y un flexómetro.

3.6.2 Toma de muestra de suelo

La muestra de suelo se tomó 30 días antes de su preparación, recolectando 10 submuestras del lote a una profundidad de 20 cm utilizando el método en zigzag, para luego realizar la mezcla en un balde de plástico; del cual se tomó 1 Kg de suelo y se colocó en una funda plástica para ser enviada al laboratorio de suelos, con la información respectiva para su análisis. Utilizando los resultados del análisis químico (Anexo 4), se realizó la recomendación de fertilización para el tratamiento T4 (Tabla 6).

3.6.3 Preparación del lote

Se entiende por lote a la superficie total donde se estableció el ensayo, la misma que ocupó 254,80m². La preparación del área del ensayo se efectuó con la ayuda del tractor, el cual realizó el arado y rastrado del suelo.

3.6.4 Parcelación del área de estudio

La distribución y delimitación de las cajas se realizó con la ayuda de pialas y estacas según se indica en el croquis de campo.

3.6.5 Sustratos empleados

Humus de lombriz:

Una vez adquirido el humus para este ensayo, se realizó el análisis de la fracción disponible, con el fin de conocer la composición y contenido exacto de los macro y

micronutrientes presentes en dicho sustrato. La información sobre los resultados obtenidos del humus se encuentra en el anexo 3.

Compost:

La adquisición de este abono orgánico muy usado en horticultura, no requirió de un análisis del contenido nutricional, puesto que el compost (BIOABOR®) cuenta con toda la información sobre su composición de nutrientes, la misma que se detalla en la tabla 5.

3.6.6 Siembra en semillero

Lechuga (*Lactuca sativa L.*):

Esta labor se efectuó manualmente una vez que el semillero estuvo preparado, se cubrió la semilla con medio centímetro de tierra. La siembra se llevó a cabo el 12 de Abril del 2012, se obtuvo una germinación del 90%.

Brócoli (*Brassica oleracea L.*):

Se preparó el semillero y la siembra se realizó en hileras de 10 cm de separación a chorro continuo y luego se ubicó una malla sarán a una altura de 80 cm del nivel del semillero. Esta práctica se efectuó el 14 de Abril del 2012, y se obtuvo una germinación del 90%.

3.6.7 Construcción del modelo del pie cuadrado

La construcción del modelo del pie cuadrado se ejecutó de forma manual con la ayuda de las siguientes herramientas: segueta, martillo, clavos, tablas, pinturas, piolas. El diseño final para cada cultivo fue una caja de 1,20m x 1,20m x 0,25m, y se construyeron 20 cajas de las mismas dimensiones. Cada caja constituyó la unidad experimental. El gráfico del diseño y las dimensiones del modelo del pie cuadrado se observa en el anexo 2.

3.6.8 Sustratos

Los sustratos para los tratamientos libres de fertilización química, se obtuvieron a partir de la mezcla de varios componentes en cada unidad experimental 14 días antes del trasplante de las plántulas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) y brócoli (*Brassica oleracea L.*), de acuerdo a los porcentajes dados en la tabla 6.

3.6.9 Fertilización química.

La fertilización química para el tratamiento T4 se realizó en base al análisis del suelo, en el que se expone la siguiente recomendación (Tablas 8 y 9).

Lechuga (*Lactuca sativa L.*):

Se aplicó todo el fósforo (18-46-0), más el 30% de urea y muriato de potasio a chorro continuo en la línea de trasplante, luego se procedió a tapar y trasplantar. El 40% de urea y muriato de K, se aplicó después de 40 días del trasplante en fila a chorro continuo a 10cm de las plantas. El 30% de urea y potasio restante se aplicó a los 50 días del trasplante.

Tabla 8. Recomendación de fertilización química, cultivo Lechuga

MUESTRA	Kg/Ha			Fertilizante (fuente)	Sacos de 50kg/ha	Superficie 5,76m ² Kg
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
4332 M1	60	23	20	18-46-0 Urea Muriato de potasio	1 2 0,6	0,029 0,058 0,018

Brócoli (*Brassica oleracea L.*):

La fertilización química del brócoli se realizó en el siguiente orden: el 30% de urea y muriato de potasio, mas todo el fosforo (18-46-0), fueron incorporados en el ensayo a chorro continuo en la línea de siembra. Una vez realizada esta actividad se procedió a tapar y trasplantar. El 40% de urea y muriato de K, se aplicó después de 30 días del trasplante en fila de la misma manera a 10cm de las plantas. El 30% de urea y potasio restante se aplicó a los 50 días del trasplante.

Tabla 9. Recomendación de fertilización química, cultivo Brócoli

MUESTRA	Kg/Ha			Fertilizante (fuente)	Sacos de 50kg/ha	Superficie 5,76m ² Kg
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
4332	100	23	40	18-46-0	1	0,029
M1				Urea	4	0,115
				Muriato de potasio	1,3	0,038

3.6.10 Trasplante

Lechuga (*Lactuca sativa L.*):

Trascurridos los 30 días a partir de la siembra, y con un riego previo se realizó el trasplante en las últimas horas de la tarde, cuando las plántulas presentaban de cinco a seis hojas verdaderas. Se procedió a trasplantar 1plántula en cada cuadro de 30cm x 30cm (pie cuadrado). En cada unidad experimental 16 plántulas, dando un total de 320 plántulas para todo el ensayo (Anexo 7).

Brócoli (*Brassica oleracea L.*):

Una vez efectuado el riego, encontrándose el sustrato en capacidad de campo se procedió a trasplantar el brócoli a los 35 días después de la siembra; cuando las plántulas alcanzaron una altura de 8 a 10 cm y de 4 a 5 hojas verdaderas. En cada unidad experimental 16 plántulas, dando un total de 320 plántulas para todo el ensayo (Anexo 7).

3.6.11 Labores Culturales

3.6.11.1 Riego

Se llevó a cabo con la ayuda de una regadera manual, de acuerdo al requerimiento de los cultivos y a las condiciones ambientales, con una periodicidad de cinco días, especialmente en las etapas de formación de repollos y pellas (Anexo 7).

3.6.11.2 Deshierbas

Para la eliminación de las malas hierbas que compiten por los nutrientes, se utilizaron herramientas de labranza manuales con la finalidad de proteger el sistema radicular del cultivo, y evitar el ingreso de microorganismos patógenos que pueden afectar el desarrollo y el rendimiento de las plantas. Se realizó un total de 3 deshierbas durante el ciclo de los cultivos.

3.6.11.3 Control fitosanitario

Puesto que la agricultura urbana bajo la técnica del pie cuadrado se la realiza en pequeña escala y de forma intensiva, el uso de plaguicidas y fungicidas para el MIPE (Manejo integrado de plagas y enfermedades), debe ser de forma limitada y prudente, pues uno de los objetivos de este modelo es brindar alimentos de calidad libres de residuos químicos, abaratar costos aprovechando las propiedades repelentes e insecticidas de las plantas para el control de plagas y enfermedades. Sin embargo cuando las circunstancias así lo requieran se debe procurar la aplicación de compuestos de origen biológico o sello verde.

Bajo estos parámetros se describe a continuación la forma en que se realizó el control fitosanitario del ensayo.

Lechuga (*Lactuca sativa L.*):

- Para prevenir la enfermedad en semillero conocida como pudrición (*Rhizoctonia solani*), se utilizó carbonato de calcio a razón de 0,5 Kg/m². Se aplicó en mezcla con el suelo al momento del trasplante.
- Los pulgones (*Phemphige betae*), se controlaron con un insecticida de origen biológico, elaborado a base de Azaridachtina (40cc/20 litros de agua), en un número de dos aplicaciones a intervalos de ocho días.
- El mildiu (*Bremia lactucae*), se controló con un fungicida de contacto, sulfato de cobre (30 cc/20 litros de agua), en un número de dos aplicaciones a intervalos de 8 días.

Brócoli (*Brassica oleracea L.*):

- Para mariposa blanca (*Pieris brassicae*) y pulgón (*Brevicoryne brassicae*), se realizó 2 controles con NEEM-X insecticida-nematicida natural de origen botánico.
- Se aplicó en forma preventiva Vavistín FL, funguicida (sello verde), contra Mildiu (*Peronospora parasítica*) y podredumbre negra (*Xanthomonas campestris*) que puede manifestarse durante todo el ciclo de vida de las plantas, cuando el tiempo es fresco y húmedo la enfermedad permanece restringida a las hojas exteriores del repollo, pero durante los veranos lluviosos puede colonizar toda la planta, incluyendo las raíces.

Se debe considerar que la presencia e incidencia de las enfermedades, tanto en lechuga como en brócoli, se originó en las plantas pertenecientes al tratamiento T5 (testigo), en el que se observó deficiencia de nutrientes generando mayor susceptibilidad, favoreciendo así la diseminación de la enfermedad al resto del ensayo.

3.6.11.4 Cosecha

Lechuga (*Lactuca sativa L.*):

Cuando los repollos alcanzaron la madurez comercial, se inició la cosecha de cada unidad experimental. El proceso que se siguió fue cortar el repollo aproximadamente a 2cm del cuello de la raíz y luego se procedió a evaluar las variables respectivas.

Brócoli (*Brassica oleracea L.*):

Se efectuó entre los 95 y 103 días después de la siembra, cuando las pellas alcanzaron la madurez comercial. Se cosecharon a mano, cortándolas con una longitud de tallo de 8 a 10cm (Anexo 7).

3.6.11.5 Registro de datos

Se tomaron los datos de acuerdo a las especificaciones señaladas en las variables a evaluarse (Anexo 6).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables evaluadas de los dos cultivos, lechuga y brócoli en el modelo del pie cuadrado se detallan a continuación:

LECHUGA (*Lactuca sativa L.*)

4.1 Altura de planta a los 40 días después del trasplante

Tabla 10. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 40 días después del trasplante en lechuga, Ibarra, Ecuador. 2014.

F de V	SC	gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	161,82	19				
Bloques	0,62	3	0,21	0,2 ns	3,49	5,95
Tratamientos	148,77	4	37,19	35,76 **	3,26	5,41
Error Experimental	12,43	12	1,04			

ns = No significativo

**= Significativo al 1%

CV= 8,49%

Media= 12,01 cm.

En el análisis de varianza, tabla 10, se puede observar que existe una diferencia altamente significativa al 1% de probabilidad estadística para tratamientos, en cambio no existe diferencia significativa para bloques. El coeficiente de variación fue de 8,49%, y la altura promedio de 12,01 cm.

Es claro que la variación de la composición química y orgánica de cada sustrato, influye directamente en la altura y demás características agronómicas de la planta. En relación con este último, Ramírez (2001), manifiesta que los sustratos permiten el anclaje de la planta, el desarrollo de las raíces, de igual manera obtienen el agua y los nutrientes, para su crecimiento y desarrollo.

En ese mismo sentido se evidencia que los tratamientos en los que se empleó sustratos compuestos por cantidades elevadas de estiércol, expresaron una respuesta superior en relación al resto de sustratos. Por su parte, Giaconi (1994), señala que dado el arraigamiento superficial y el breve periodo vegetativo de la lechuga, debe suministrársele abundante estiércol descompuesto aplicado con antelación, complementado con abonos químicos solubles.

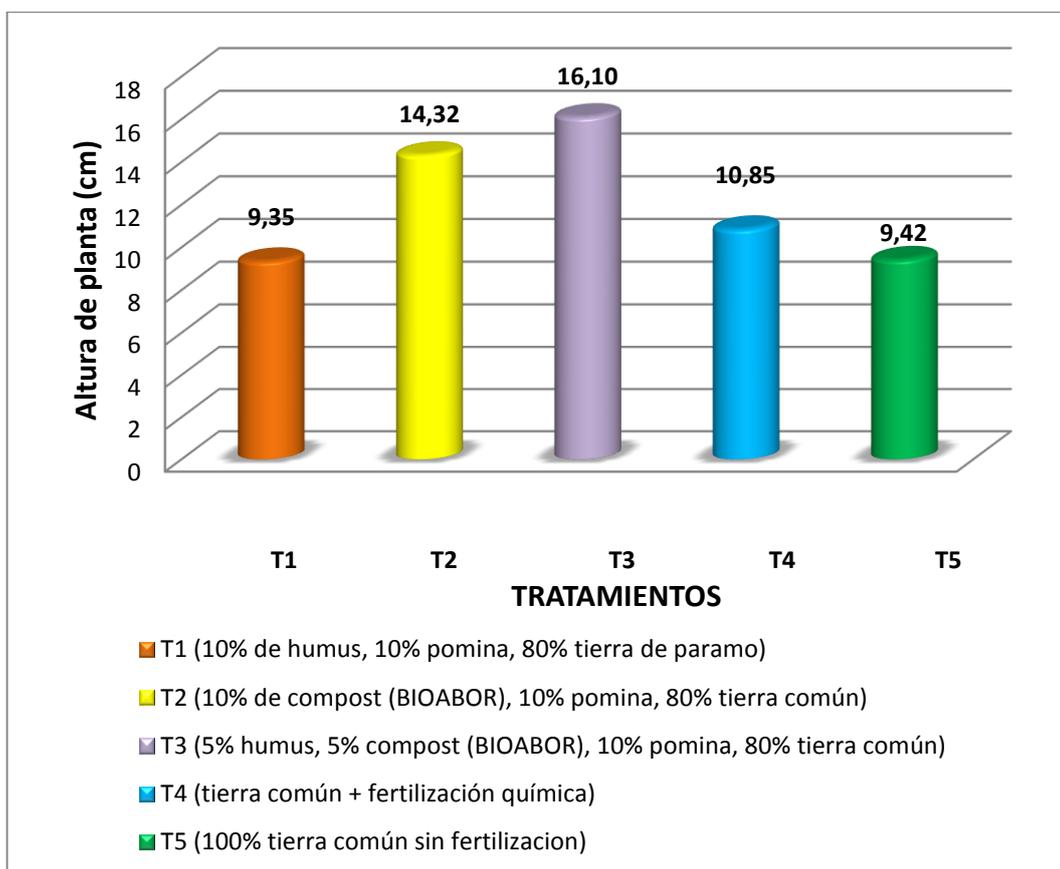


Figura 3. Altura promedio de planta de lechuga a los 40 días después del trasplante

De igual forma en relación a los tratamientos, fue posible comprobar que existe respuesta al tipo de sustrato empleado y a la combinación de los mismos, la que se puede observar al establecer una relación del sustrato empleado y la altura promedio alcanzada (Figura 3).

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable altura de planta del cultivo de lechuga.

N°	Tratamientos	Promedios (cm)	Rangos
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	16,10	A
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	14,32	A
T4	tierra común + fertilización química	10,85	B
T5	100% tierra común (testigo)	9,42	B
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo	9,35	B

Una vez efectuado la prueba Tukey al 5% para tratamientos (Tabla 11), se detecta la presencia de dos rangos bien definidos; en donde los tratamientos T3 y T2, con valores de 16,10 cm y 14,32 cm respectivamente, obtienen los promedios más altos en cuanto a la altura de la planta a los 40 días después del trasplante. De igual manera se determina que los tratamientos T4, T5 y T1, estadísticamente no difieren.

Sobre la base de las consideraciones anteriores se deduce que los tratamientos donde se empleó sustratos compuestos por compost y humus son los que obtuvieron una respuesta superior en el cultivo de lechuga, en este mismo orden y dirección Suquilanda (1996), indica que el compost a base de estiércol bovino contiene un alto porcentaje de nitrógeno, promoviendo la actividad fisiológica de las plantas y estimulando un mayor crecimiento y desarrollo.

Cabe agregar que, aun cuando estadísticamente los tratamientos T3 y T2 son iguales, matemáticamente el tratamiento T3 (compost + humus) es superior, de igual forma Bartholomew, M. (2006), afirma que para obtener mejores resultados los abonos utilizados no deben ser del mismo tipo si no que se debe conseguir una buena mezcla de varios de ellos, puesto que de no hacerlo representaría una desventaja para los horticultores, debido a que cada abono contiene un ingrediente diferente.

4.2 Rendimiento g/planta

Tabla 12. Análisis de varianza para rendimiento en lechuga, Ibarra, Ecuador. 2014.

F de V	SC	gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	118185,08	19				
Bloques	5866,68	3	1955,56	0,78 ns	3,49	5,95
Tratamientos	82044,96	4	20511,24	8,13 **	3,26	5,41
Tsvs Resto	22899,53	1	22899,53	9,077*	4,75	9,33
Error Experimental	30273,44	12	2522,79			

Ns = No significativo

** = Significativo al 1%

CV= 9,60%

Media= 523,13 g/planta

El análisis de varianza (Tabla 12), detectó diferencias significativas al 1% para tratamientos, en cuanto a bloques no se encontró diferencia significativa.

El coeficiente de variación fue de 9,60% valor adecuado para este tipo de experimentos. El promedio general fue de 523,13 g/planta.

La comparación ortogonal entre el Testigo (T5) vs Resto (T3, T4, T2, T1), demuestra que existe diferencia significativa, indicando la eficiencia de estos frente al testigo. Por lo que se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alternativa (Ha).

Con respecto a los tratamientos aplicados se establece que el rendimiento se eleva cuando se incorpora 5% compost y 5% humus al suelo, con referencia a lo anterior, Terán (2011), considera que el compost proporciona nutrientes para el crecimiento de las plantas, sus ácidos orgánicos hacen a los nutrientes más disponibles y a su vez el aprovechamiento de los fertilizantes químicos mejora con su presencia.

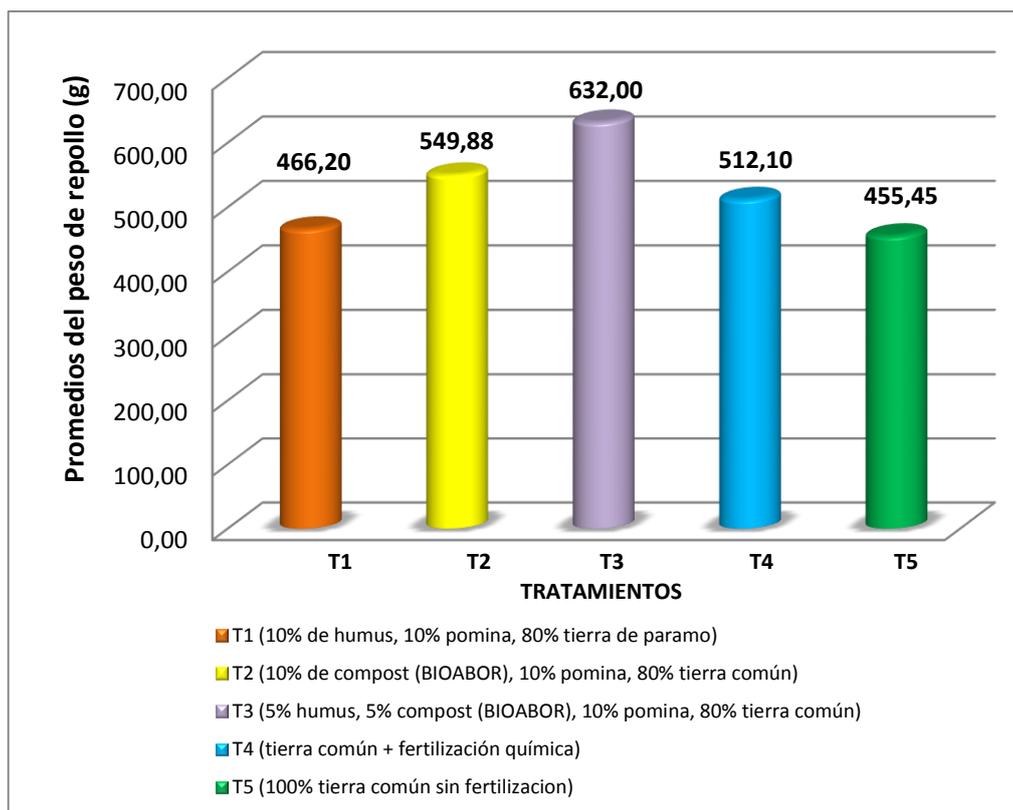


Figura 4. Rendimientos promedios de lechuga en g/repollo

La figura 4, nos permite observar que el peso promedio del repollo de lechuga, se encuentra dentro del rango de peso obtenido en campo, los que se encuentran entre los 400 a 700g. Esto se debe a la característica de la especie en la que, la parte aprovechable está constituida por su follaje, cuyo desarrollo se ve favorecido por la incorporación de altas cantidades de materia orgánica, rica en nitrógeno.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable rendimiento del cultivo de lechuga.

N°	Tratamientos	Promedios (g)	Rangos
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	632,00	A
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	549,88	A B
T4	tierra común + fertilización química	512,10	B
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de páramo	466,20	B
T5	100% tierra común (testigo)	455,45	B

La prueba Tukey al 5% de significancia (Tabla 13), determinó la presencia de dos rangos; siendo el tratamiento T3 el que matemáticamente presenta un mayor promedio en relación a esta variable con un valor de 632,0 g/parcela neta. Sin embargo, estadísticamente se recomienda cualquiera de los tratamientos (T3, T2).

En relación a lo anterior, se observa claramente que los tratamientos en los que se empleó compost y humus mejoran las características agronómicas de los cultivos de manera escalonada y paulatina debido a que sus elementos tienen lenta disponibilidad. En este sentido el PPI (1978), afirma que, a medida que la materia orgánica se descompone, estos nutrientes pasan a ser disponibles para la planta. Además Geisel & Seaver (2009), recalcan que el uso de compost añade nutrientes y microorganismos benéficos, retiene el agua, mejora el crecimiento y rendimiento de las plantas, puesto que provee de cantidades suplementarias de nutrientes de liberación lenta, reduciendo la necesidad de fertilizantes comerciales.

Por su parte Calderón, F. (2003), aclara este resultado al exponer que en su estudio de respuesta del cultivo de lechuga a diferentes dosis de abono orgánico, los estudios estadísticos realizados reflejaron que el mayor rendimiento significativo en altura y diámetro de la cabeza se presentó en el tratamiento donde se aplicó 8 ton de humus/ha, superando inclusive al testigo fertilizante químico.

Esto explica por que los tratamientos T3 y T4, constituido por humus y compost, alcanzaron los mejores resultados ocupando el primer rango en relación al peso de repollo de lechuga; pues, en el ensayo se aplicó 240 ton/ha.

De igual forma, la explicación de que el rendimiento de lechuga obtenido con la fertilización química (T4), no se encuentre en el primer rango la proporciona Espinoza, (2001), en su estudio sobre la “Respuestas de la lechuga y del repollo a la fertilización química y orgánica” señalando que el rendimiento máximo se alcanzó con dosis entre 158 y 167 Kg de N, 85kg de P₂O₅ y 130kg de K₂O por ha. Mientras que la dosis recomendada para el ensayo de 55 kg de N/ha, 23kg de P₂O₅/ha, y 18kg de K₂O/ha según el análisis de laboratorio, no iguala en el caso del nitrógeno a la dosis usada por Espinoza a nivel de campo, y en el caso del fósforo no representa ni la mitad de la dosis sugerida por el mismo autor.

Tambien es importante recalcar que el rendimiento obtenido al aplicar 80% de tierra de páramo (T1), ocupa el último rango y la penúltima posición, por lo queda claro su ineficacia como sustrato, permitiendo realizar un fuerte llamado al cese de uso para producción agrícola.

4.3 Días a la cosecha

4.3 Días a la cosecha

Tabla 14. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha en lechuga, Ibarra, Ecuador. 2014.

F de V	SC	gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	87,75	19				
Bloques	5,35	3	1,78	0,49 ns	3,49	5,95
Tratamientos	39	4	9,75	2,69 ns	3,26	5,41
Error Experimental	43,4	12	3,62			

Ns= No Significativo

CV= 2,18%

Media = 87,25 días

Realizado el análisis de varianza para días a la cosecha (Tabla 14), se detectó que no existe diferencia significativa para bloques y tratamientos. Indicando que ningún sustratos reduce significativamente el índice de días a la cosecha con respecto al resto. El coeficiente de variación fue de 2,18%, y el promedio general fue de 87,25 días.

Tambien es importante recalcar que el rendimiento obtenido al aplicar 80% de tierra de paramo correspondiente al tratamiento T1, ocupa el ultimo rango y la penultima posicion, por lo queda claro su ineficacia como sustrato, permitiendo realizar un fuerte llamado al cese de uso para produccion agricola.

BRÓCOLI (*Brassica oleracea L.*).

4.4 Altura de planta a los 80 días.

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable altura de planta en brócoli a los 80 días, Ibarra, Ecuador. 2014.

F de V	SC	gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	1848,27	19				
Bloques	108,82	3	36,27	3,12 ns	3,49	5,95
Tratamientos	1600,1	4	400,03	34,46 **	3,26	5,41
Error Experimental	139,35	12	11,61			

Ns= No Significativo

** = Significativo al 1%

CV= 8,01%

Media= 42,54 cm

El análisis de varianza para altura de la planta a los 80 días después del trasplante (Tabla 15), determina diferencias altamente significativas entre tratamientos, en cambio para bloques no existe diferencia significativa. El coeficiente de variación fue de 8,01%, y el promedio general fue 42,54 cm.

En la Figura 5, se observa que existe respuesta a la combinación de sustratos: tierra de páramo, compost y humus en el crecimiento de las plantas, presentando un mayor promedio en altura, ya que el nitrógeno procedente de estas fuentes proporciona la cantidad adecuada de este elemento para el óptimo crecimiento de las plantas, mientras que la materia orgánica que posee el sustrato mejora las características físicas del suelo. Del mismo modo ABCAGRO (2011), señala que, el brócoli requiere un alto nivel de materia orgánica, que se incorpora un mes o dos antes de la plantación a razón de 3 kg por metro cuadrado de estiércol bien fermentado.

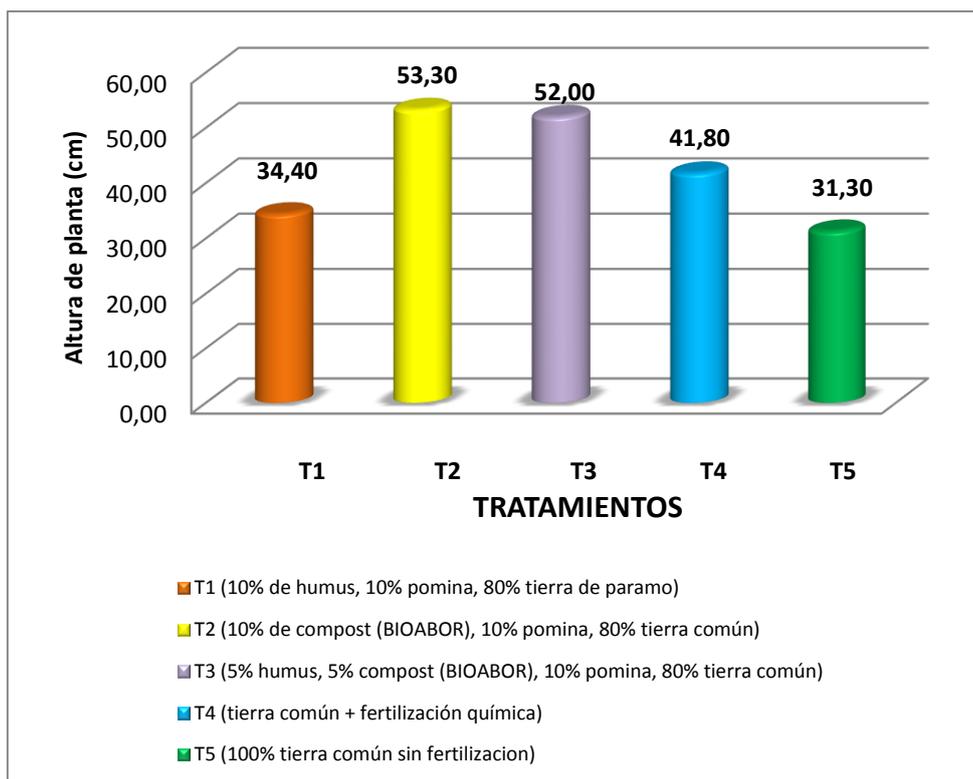


Figura 5. Alturas promedio de brócoli a los 80 días después del trasplante

De igual forma en relación a los tratamientos, fue posible comprobar que existe respuesta al tipo de sustrato empleado y a la combinación de los mismos, la que se puede observar al establecer una relación del sustrato empleado y la altura promedio alcanzada (Figura 5).

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable altura de planta del cultivo de brócoli.

N°	Tratamientos	Promedios(cm)	Rangos
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	53,30	A
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	52,00	A
T4	tierra común + fertilización química	41,80	B
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo	34,40	B C
T5	100% tierra común (testigo)	31,30	C

Luego de haber realizado la prueba de Tukey al 5% para tratamientos (Tabla 16), se observa la presencia de 3 rangos, siendo el T2 y T3 los que ocupan el primer rango en crecimiento, alcanzando promedios de 53,30cm y 52,00cm respectivamente, mientras que T4, T1, T5 estadísticamente no difieren.

Estos resultados demuestran el efecto de la aplicación de humus y compost, y su influencia en el crecimiento de las plantas; lo cual corrobora lo observado por Atiyeh & Brown (2000), quienes argumentan que el humus de lombriz favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas.

4.5 Rendimiento g/planta

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable rendimiento en brócoli, Ibarra, Ecuador. 2014.

F de V	SC	gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	352315,21	19				
Bloques	38785,94	3	12928,65	5,09 *	3,49	5,95
Tratamientos	283063,27	4	70765,82	27,87 **	3,26	5,41
Testigo vs Resto	215873,03	1	215873,03	85,03**	4,75	9,33
Error Experimental	30466	12	2538,83			

*= Significativo al 5%

**= Significativo al 1%

ns= No significativo

CV= 15,68%

Media= 321,44 g

En el análisis de la varianza (Tabla 17), se determina que existe significancia al 5% para bloques, mientras que es significativo al 1% para tratamientos.

El coeficiente de variación fue de 15,68%, y el rendimiento promedio fue de 321,44 g/planta.

La comparación ortogonal (Tabla 17), presenta diferencias altamente significativas al 1% entre el efecto combinado de las medias de los tratamientos T3, T4, T2, T1, con respecto a la media del tratamiento T5 (testigo), indicando que son diferentes entre sí.

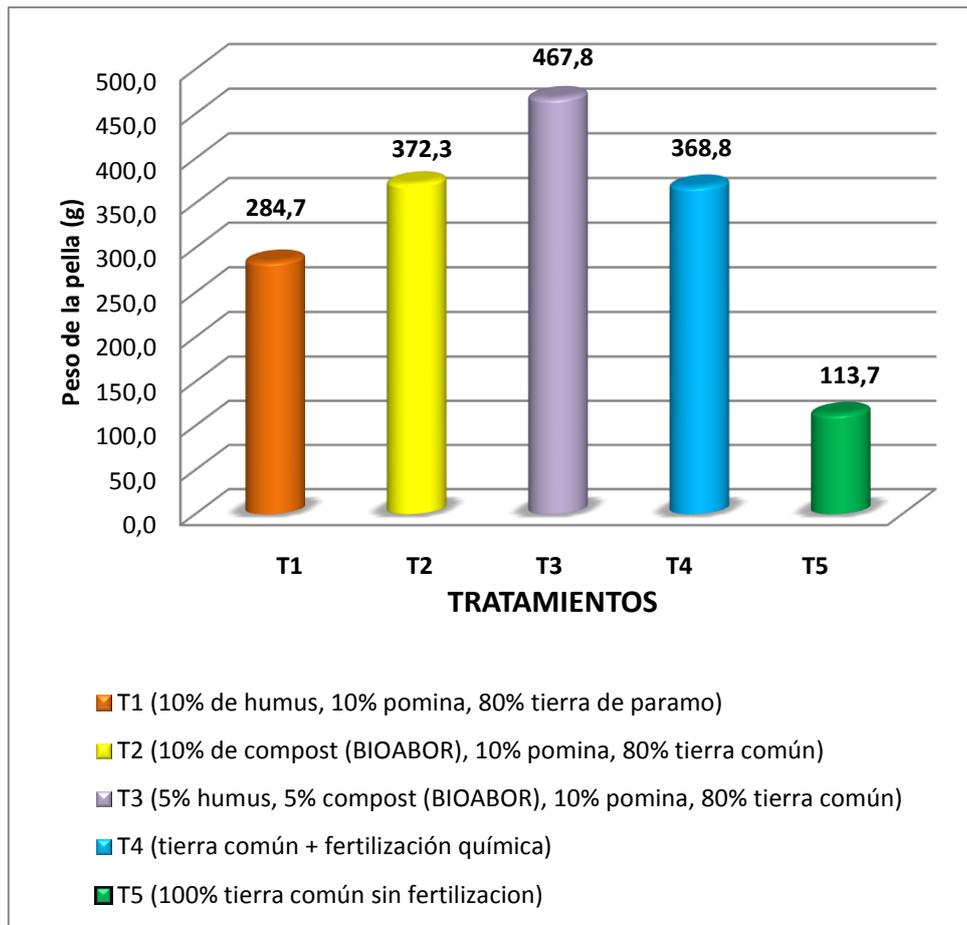


Figura 6. Pesos promedios de la pella de brócoli en g/planta

La figura 6 nos permite observar que los valores del peso promedio de la pella obtenidos en el ensayo son inferiores a los obtenidos a nivel de campo. Esto se debe a lenta liberación del nitrógeno (N) y potasio (K) presentes en el humus y compost, los cuales son esenciales en la etapa de formación de la pella, tal como lo manifiesta VALENZUELA, C. E. (2009), al señalar que en el caso de brócoli las cantidades extraídas por hectárea son 559 kg de nitrógeno, 723 kg de potasio y 23 kg.

Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable rendimiento en el cultivo de brócoli.

N°	Tratamientos	Promedios g/planta	Rangos
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	467,80	A
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	372,25	A B
T4	tierra común + fertilización química	368,75	A B
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de páramo	284,73	B
T5	100% tierra común (testigo)	113,65	C

En la (Tabla 18), la prueba Tukey al 5% para tratamientos, establece la presencia de 3 rangos, siendo el T3, T2 y T4, los que ocupan el primer rango con promedios de 467.80, 372.25 y 368.75 g/planta respectivamente, los mismos que no difieren estadísticamente. El último rango corresponde al tratamiento T5 (tierra común sin la aplicación de fertilizante) con un rendimiento promedio de 113,65 g/planta.

Mediante estos resultados se establece que, el emplear compost y humus en combinación, favorece el rendimiento, lo que concuerda con BIOECO (2005), para quien el compost (BIOABOR) es un fertilizante orgánico, natural, balanceado, biodegradable y asimilable para todo tipo de suelo, que incide en el rendimiento de las pellas y al mezclarse con un sustrato rico en materia orgánica y microorganismos se vuelven disponibles para las plantas en menor tiempo.

Para Vera, M. R. (2009), la razón lógica y técnica de los resultados obtenidos, en los que los tratamientos compuestos por humus y compost alcanzan los mayores rendimientos, incluso superando al fertilizante químico se encuentra en que la aplicación de abonos orgánicos de origen natural son en la práctica los que mejor garantizan su fertilidad. Y debido a que son portadores de nutrientes en bajas concentraciones es necesario aplicar grandes dosis para suministrar los nutrientes suficientes, en ocasiones los rendimientos pueden resultar superiores a los químicos por la forma regular de suministrarlos a la planta.

Además proporcionan mayor variedad de nutrientes en un estado en que las raíces los pueden tomar, aumentando el grueso de los tallos y tamaño de los frutos.

La aplicación de materia orgánica y su mezcla con el suelo, debe ser mayor a 10kg/m^2 ($> 100\text{ t/ha}$). De igual forma al describir la importancia del uso de humus señala que las excretas de las lombrices aumentan de 3 a 11 veces el nivel de fósforo, potasio y magnesio, elevan de 5 a 10 veces el nivel de nitratos y calcio en el abono orgánico (Vera, M. R. 2009).

Por su parte Mejía, (2007), al hablar de fertilización orgánica, menciona que el nivel de materia orgánica mínimo para mantener el suelo en condiciones óptimas de fertilidad, y cubrir las necesidades de las especies puede cifrarse en el 2%.

Un 2% de materia orgánica supone, en toneladas de humus por hectárea.

$$\text{M.O} = 10^4 \times \text{da} \times \text{p} \times \text{mo} = 10^4 \times 1,2 \times 0,2 \times (2/100) = 48\text{t MO/ha}$$

Siendo:

M.O. = cantidad de humus en el suelo (t humus/ha)

da = densidad aparente del suelo (asumiendo $1,2\text{kg/dm}^3$)

p = profundidad de la muestra (0,20 m)

mo = porcentaje de materia orgánica en el suelo (%)

Tomando estos cálculos es posible determinar la razón por la cual el tratamiento T3 en el que se aplicó 5% de humus + 5% de compost ocupa el primer rango. Puesto que si realizamos las transformaciones necesarias y las comparamos con las dosis recomendadas, se puede observar claramente que las dosis aplicadas en el ensayo superan en gran medida a las sugeridas a nivel de campo.

La explicación es que a nivel de campo se recomienda incorporar 2% de M.O. al suelo lo cual equivale a 48 t humus/ha ($4,8\text{ kg/m}^2$), mientras que la dosis aplicada en el ensayo fue de 120 t/ha (12 kg/m^2) tomando en cuenta el 5% de humus, y si a esto le sumamos el 5% de compost se obtiene una dosis de 240 t/ha equivalente a 24 kg/m^2 , o sea 4 veces más que la dosis recomendada a nivel de campo.

Por otra parte la explicación del bajo rendimiento de brócoli obtenido con la fertilización química del tratamiento T4 la proporciona Cartagena, (1998), citado por QUINTANA, (2010), quien afirma que el brócoli responde a la aplicación de nitrógeno en dosis de 120 a 240 kg/ha, principalmente cuando se aplica también fósforo de 50 a 210 kg/ha. Sólo durante el primer mes de trasplante se asimila entre el 5 y 10% del total de nutrientes y la asimilación máxima tiene lugar durante la formación de la cabeza. El brócoli es muy sensible a las deficiencias de nutrientes minerales principalmente. En este sentido la dosis recomendada para el ensayo de 100 kg de N/ha, 23kg de P₂O₅/ha, y 39kg de K₂O/ha según el análisis de laboratorio, no iguala en el caso del nitrógeno a la dosis mínima usada por Cartagena a nivel de campo, y en el caso del fósforo no representa ni la mitad de la dosis sugerida por el mismo autor.

Al igual que en la lechuga se puede evidenciar que el uso de tierra de páramo para producción hortícola es innecesario, puesto que en el ensayo el rendimiento obtenido con el tratamiento T1 (80% de tierra de páramo), se ubica en el penúltimo rango, ratificándose su ineficacia como sustrato.

4.6 Días a la cosecha

Tabla 19. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha en brócoli, Ibarra, Ecuador. 2014.

F de V	SC	gl	CM	F. cal	F. Tab	
					5%	1%
Total	184,55	19				
Bloques	6,55	3	2,18	3,21 ns	3,49	5,95
Tratamientos	169,8	4	42,45	62,43 **	3,26	5,41
Error Experimental	8,2	12	0,68			

ns= No significativo

**= Significativo al 1%

CV= 0,83%

Media= 98,85 días

Realizado el análisis de varianza (Tabla 19), presenta diferencia significativa al 1% de probabilidad estadística para tratamientos, en cambio no existe diferencia significativa para bloques. El promedio general fue de 98,85 días y el coeficiente de variación de 0,83%.

En este sentido se reconoce que, al aplicar una combinación de sustratos: humus, compost, pomina se obtiene un menor índice de días a la cosecha (figura 7). Con respecto a esto, Suquilanda (2005), señala que los abonos orgánicos proporcionan los nutrientes necesarios para una eficiente producción, hasta tal punto que pueden reducir la etapa fenológica del cultivo.

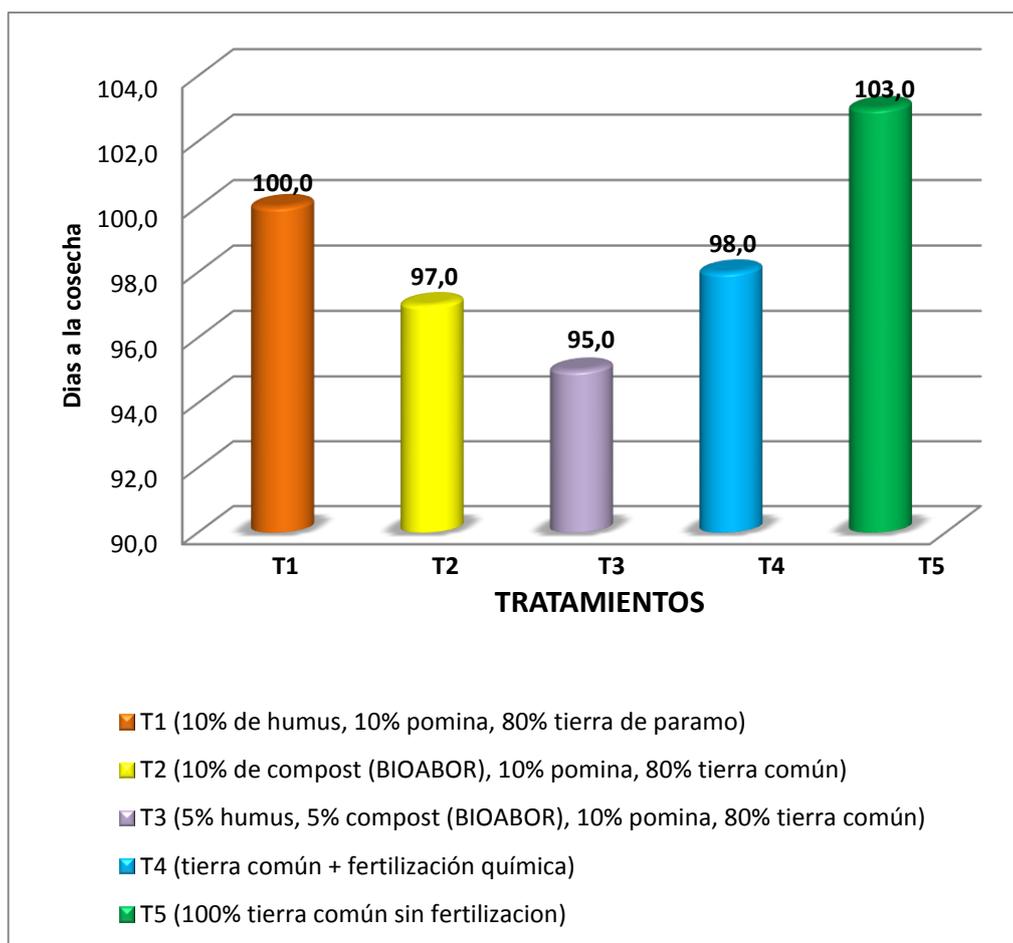


Figura7. Promedios de días a la cosecha en brócoli

De igual forma en relación a los tratamientos, fue posible comprobar que existe respuesta al tipo de sustrato empleado y a la combinación de los mismos, la que se puede observar al establecer una relación del sustrato empleado y los días promedios a la cosecha alcanzados (Figura 7).

Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable días a la cosecha en el cultivo de brócoli.

N°	Tratamientos	Promedios (días)	Rangos
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	95	A
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	97	B
T4	tierra común + fertilización química	98	C
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de páramo	100	C
T5	100% tierra común (testigo)	103	D

La prueba de Tukey al 5%, (Tabla 20), detectó la presencia de cuatro rangos, siendo el T3 el que ocupa el primer lugar con un promedio de 95 días, el mismo que pertenece a la combinación (humus + compost + tierra común + pomina), estadísticamente es el mejor en relación a esta variable. Seguido por T2 con un promedio de 97 días, que pertenece a la combinación (compost + tierra común + pomina), en el último rango y por más tardío a la cosecha es T5 (tierra común sin emplear fertilizante) con un promedio de 103 días.

Esto se debe a que, la composición química de compost (BIOABOR®) y humus, son enriquecidos con Fósforo, Calcio y Silicio proveniente de fuentes naturales; en tanto que una de las propiedades que posee el humus es anticipar y prolongar los periodos de floración y fructificación de las plantas, concordando con lo mencionado por Suquilanda (1996), al señalar que el fósforo acelera la maduración de la cosecha y permite un buen desarrollo de flores, frutos y semillas.

4.7 Relación beneficio/costo

Tabla 21. Relación Beneficio/costo

Tratamientos	Beneficio USD	Costo USD	Relación B/C (USD)
T1	55,00	47,56	1,16
T2	64,00	47,01	1,36
T3	72,00	44,91	1,60
T4	63,00	41,53	1,52
T5	38,00	37,61	1,01

La tabla 21 ilustra que, cuando la relación B/C es mayor que 1, el excedente representa la ganancia y, cuando es menor que uno, el resultado nos indica la cantidad recuperada por cada dólar invertido (Anexo 5).

El análisis de la relación beneficio/costo (Tabla 21), muestra que en el tratamiento T1 se ganó 0.16 dólares por cada dólar invertido, mientras que con el T2, 0.36usd, con el T3 0.60usd, con el T4 0.52usd, y con el T5 0.01 dólares.

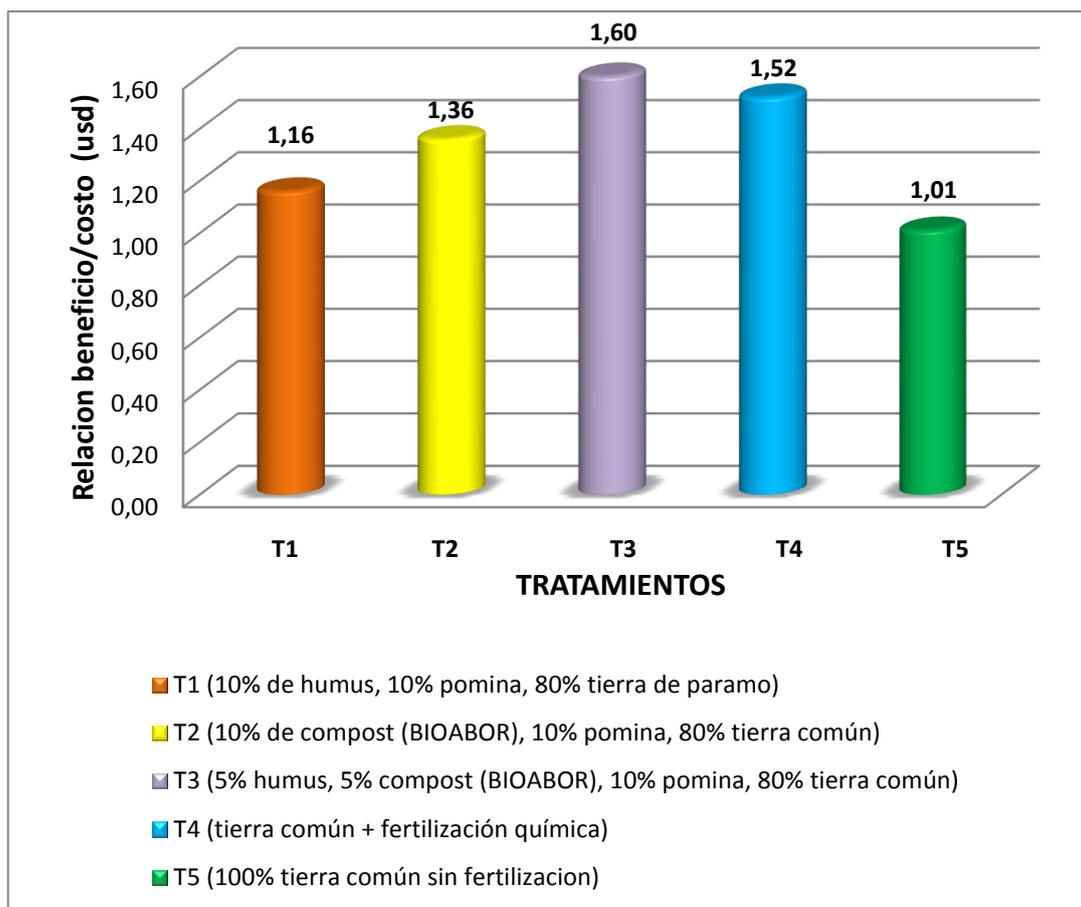


Figura 8. Análisis económico de la relación beneficio/costo.

En la (Figura 8), se observa que el tratamiento T3 (5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común) alcanzó la mayor rentabilidad alcanzando una ganancia de 0,60 dólares por cada dólar invertido, debido al alto rendimiento obtenido en las cuatro unidades experimentales. Mientras que T5 (100% tierra común sin fertilización) aparece con el menor promedio de rentabilidad.

Es necesario recalcar que si se amortiza los costos de los materiales según su vida útil, para otros ciclos de cultivo, el valor de los ingresos subiría notablemente, y que además la calidad de las hortalizas producidas bajo este modelo es superior a las ofertadas en el mercado local.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio a través de los objetivos trazados, se concluye:

- El sustrato T3 (5% humus, 5% compost, 10% pomina, 80% tierra común) que contiene materia orgánica incrementó el rendimiento y calidad de la lechuga y brócoli producidas bajo la técnica del pie cuadrado. Por lo que se acepta como válida la hipótesis alternativa.
- La utilización de la tierra de paramo como sustrato para la producción hortícola es innecesaria e ineficaz, pues los rendimientos obtenidos, tanto en lechuga como en brócoli son semejante a los de la tierra común.
- Al evaluar la relación beneficio/costo de cada tratamiento se verifico que, la mejor corresponde al tratamiento T3 (5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común) con 0.60 USD de ganancia por cada dólar invertido.
- Al analizar la importancia de la agricultura urbana como mecanismo de una cultura de seguridad alimentaria, se verifico, que la misma se encuentra como eje principal del desarrollo sustentable dentro del plan nacional del buen vivir y de las áreas temáticas prioritarias de la FAO.
- La agricultura urbana es una alternativa para alcanzar la seguridad alimentaria, la cual es un objetivo prioritario dentro del Plan nacional del buen vivir y de las áreas temáticas prioritarias de la FAO.

Lechuga:

- Para altura de planta a los 40 días después del trasplante, el tratamiento que alcanzó mayor crecimiento fue T3 (5% humus, 5% compost, 10% pomina, 80% tierra común) con 16,10cm.
- El mejor rendimiento se distinguió en el tratamiento T3 (5% humus, 5% compost, 10% pomina, 80% tierra común) con 632 g/planta.
- En los días a la cosecha, los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas.

Brócoli:

- Se identificaron como los mejores tratamientos para altura de planta a los 80 días después del trasplante a T2 y T3 con promedios de 53,30cm y 52,00cm respectivamente.
- El mayor rendimiento fue para el tratamiento T3 (5% humus, 5% compost, 10% pomina, 80% tierra común) con 467,80g/planta.
- Para la variable días a la cosecha el mejor tratamiento fue T3 con un promedio de 95 días.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se recomienda:

- Continuar la investigación de agricultura urbana bajo la técnica del pie cuadrado, combinando e integrando varias especies vegetales y haciendo uso de nuevas tecnologías.
- Utilizar los sustratos T3 (5% humus, 5% compost, 10% pomina, 80% tierra común) y T4 (tierra común + fertilización química), para obtener la mayor rentabilidad en la producción de brócoli y lechuga bajo la técnica del pie cuadrado.
- Cesar la práctica indiscriminada del uso de tierra de páramo y pomina como sustratos par la producción agrícola.
- Probar dosis reales de abono orgánico de la combinación (humus, compost, pomina y tierra común), diferentes a los utilizados en esta investigación.
- Promover la implementación de agricultura urbana, como estrategia para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria, a nivel provincial y nacional a través de las instituciones públicas y medios de comunicación.

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

6.1 Introducción.

La presente investigación constituye una actividad innovadora dirigida al sector urbano, por lo que es necesario realizar un estudio de impactos ambientales, para identificar y evaluar los impactos provocados al ambiente.

6.2 Objetivos:

6.2.1 General.

Evaluar la respuesta del ambiente a la implementación de agricultura urbana con la técnica del pie cuadrado y su productividad con cinco sustratos.

6.2.2 Específicos.

- Determinar el área de influencia directa.
- Determinar el área de influencia indirecta.
- Caracterizar los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos.
- Evaluar los impactos positivos y negativos.
- Proponer las medidas de mitigación de los impactos negativos.

6.3 Caracterización Ambiental.

6.3.1. Ubicación.

El ensayo se realizó en la región Administrativa 1, provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia El sagrario, en la Granja experimental “Yuyucocha” de propiedad de la Universidad Técnica del Norte, ubicado geográficamente en las coordenadas: 00°21’53’’ latitud Norte y 78°06’32’’ latitud Oeste; con una altitud de 2228 m.s.n.m.

Fuente:(TRABAJO DE CAMPO, 2012).

6.3.2 Componentes Abióticos.

6.3.2.1 Clima.

En la zona la temperatura promedio anual es de 18.4°C, con una precipitación de 589,3 mm/año y humedad relativa de 65% (Estación INAMHI Granja Experimental Yuyucocha Ibarra 2012).

6.3.2.2. Agua.

El agua para riego que se utiliza en la granja de Yuyucocha proviene de los tanques de EMAPA.

6.3.2.3. Aire.

El aire presenta alteraciones en su estado normal cuando los agricultores del sector aplican productos químicos para el control de plagas y enfermedades en sus cultivos y cuando realizan el abonado del suelo con estiércoles de animales como la gallinaza y bovinaza.

6.3.2.4. Suelo.

Posee las siguientes características: es de topografía plana, textura franco arenoso. Su pH es 6.9, sin toxicidad y sin ningún grado de erosión.

6.3.3. Componente biótico.

6.3.3.1. Flora.

En el sector donde se llevó a cabo el ensayo se pudo observar una flora muy variada, destacándose las siguientes especies vegetales: Arbóreas (nogal, guaba, porotón); frutales (limón, mandarina); cultivo de ciclo largo (moras).

6.3.3.2. Fauna.

Se clasifica en dos grupos, domésticos y silvestres. Animales domésticos como: ovinos y caninos; mientras que en los silvestres se pudo identificar aves (picaflores, biracchuros, tórtolas, etc.); reptiles lagartijas y una gran variedad de insectos.

6.4. Descripción del proyecto.

Las actividades desarrolladas en el trabajo de investigación se detallan en el capítulo III, en el literal 3.6. Manejo del experimento, por esta razón solo serán enumerados:

- Delimitación del área del experimento
- Toma de muestra de suelo
- Preparación del lote
- Parcelación del área de estudio
- Sustratos empleados
- Siembra
- Construcción del modelo del pie cuadrado
- Combinación de sustratos
- Fertilización química
- Trasplante
- Labores Culturales:
 - Riego
 - Deshierba
 - Control fitosanitario
 - Cosecha

6.5. Áreas de influencia.

6.5.1. Áreas de influencia directa.

El área de influencia directa, se consideró al lugar donde se encontraron las 20 unidades experimentales del ensayo, que corresponde a 254,80 m².

6.5.2 Áreas de influencia indirecta.

Para el área de influencia indirecta se tomó como referencia el sector y todos los alrededores del terreno, en un radio de 100 metros, tomando como centro la ubicación del ensayo.

6.6. Marco legal.

6.6.1 Constitución Política del Ecuador.

El artículo 66 de la Constitución Política de la República del Ecuador, en su numeral 27 menciona que todos los ecuatorianos tienen derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Además que se asegure una vida decente y saludable para las futuras generaciones.

De la misma manera el artículo 83 se refiere a la responsabilidad que poseen los ecuatorianos y ecuatorianas a defender, conservar y preservar el ambiente, respetando sus derechos y haciendo uso de sus bondades de una manera racional, sostenible y sustentable.

6.6.2 Ley de Gestión Ambiental.

Según los artículos 6, 19, 20, 21, 23, 24,39 contenidos en el capítulo II relativo a evaluación de impacto ambiental y al control ambiental, indican que:

Todo tipo de obra, proyecto o actividad de carácter público o privado que pueda causar impacto al ambiente, debe ser calificado previa a su ejecución de acuerdo al Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA). Son motivo de evaluación de impacto, todos los efectos que se ocasionen a los componentes abióticos, bióticos y antrópicos del ambiente.

6.6.3 Texto unificado de la legislación ambiental secundaria (TULAS).

En el libro VI de la Calidad ambiental se describen las directrices nacionales sobre el proceso de evaluación de impacto ambiental a través del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA), que establece todas las condiciones y pasos a cumplirse para obtener la licencia ambiental. Además en este libro existen contenidos que se refieren a la prevención y control de la contaminación y que se apoyan en parámetros técnicos permisibles, estipulados en los siguientes anexos:

Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes, que tiene como objetivo principal proteger la calidad del recurso agua para preservar la integridad de las personas, el ambiente y sus interrelaciones.

Anexo 4: Norma de calidad del aire ambiente, que busca preservar la salud de las personas y el bienestar del ambiente, para ello esta norma establece límites máximos permisibles de contaminantes del aire del suelo y del aire ambiente.

Anexo 6. Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, que tiene como objetivo la prevención y control de la contaminación ambiental por efecto de este tipo de residuos, en lo referente a los recursos aire, agua y suelo.

Anexo 7. Listados nacional de productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso severamente restringido que se utilicen en el Ecuador.

6.7. Declaratoria de efectos

6.7.1. Paisaje.

El paisaje se ve afectado por la presencia de elementos ajenos a la naturaleza del sitio, como la delimitación e identificación de las parcelas con estacas, rótulos y construcción de cajas.

6.7.2. Aire.

La contaminación del aire se atribuye principalmente a las aspersiones de pesticidas en los controles fitosanitarios.

6.7.3. Suelo.

Mejora sus características físicas, químicas y contenido de microorganismos, debido a la incorporación de la materia orgánica, el cual se refleja en el aumento de su fertilidad y productividad. Es necesario mencionar que la aplicación de fertilizante químico tiene un efecto negativo leve y momentáneo en los microorganismos del suelo.

6.7.4 Social.

El efecto social se puede manifestar en el conocimiento adquirido por las familias del sector, para quienes el trabajo de investigación representa una alternativa de producción urbana.

6.8. Evaluación de impactos.

6.8.1. Metodología.

Para ejecutar la evaluación del impacto ambiental se utilizó la matriz de Leopold, que es un método evaluativo de alto nivel cuantitativo y cualitativo, el cual consiste en una matriz con columnas representando varias actividades que ejerce un proyecto, y en las filas se representan varios factores ambientales que son considerados (aire, agua, geología). Las intersecciones entre ambas se numeran con dos valores, uno indica la magnitud (de -10 a +10) y el segundo la importancia (de 1 a 10) del impacto de la actividad respecto a cada factor ambiental (García, 2006).

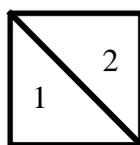
Magnitud (M).- del 1 al 3 para los impactos positivos y del -1 al -3 para los impactos negativos, se ubica en la parte superior de la casilla.

Importancia (I).- del 1 al 3, se ubica en la parte inferior de la casilla.

Calificación:

Baja	1
Media	2
Alta	3

Leyenda:



Importancia del Impacto
Magnitud del Impacto

6.8.2 Evaluación.

Los impactos producidos se evaluaron en las siguientes matrices:

ACCIONES		FASE 1								FASE 2			FASE 3				
		DELIMITACIÓN DEL TERRENO	TOMA DE MUESTRA DEL SUELO	PREPARACIÓN DEL SUELO	ARADA	RASTRADA	ELABORACIÓN DEL MODELO DE PIE CUADRADO	APLICACIÓN DE HUMUS	APLICACIÓN DE COMPOST (BIOABOR)	QUÍMICO	INSTALACIÓN DEL ENSAYO	TRASPLANTE	TOMA DE VARIABLES	MANEJO DEL CULTIVO	RIEGO	DESHIERRAS	CONTROLES FITOSANITARIOS
ABIÓTICO	SUELO			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	AGUA			X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
	AIRE			X		X		X	X	X						X	
BIÓTICO	FLORA				X	X		X	X	X			X	X	X	X	
	FAUNA				X	X		X	X	X				X	X	X	
	MICROFLORA				X	X		X	X	X	X		X	X		X	
	MICROFAUNA		X	X	X			X	X	X		X		X	X		X
	CULTIVO DE LECHUGA			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CULTIVO DE BRÓCOLI			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SOCIOECONÓMICO	SALUD							X	X	X						X	
	EMPLEO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X
	CALIDAD DE PRODUCCIÓN			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
	EDUCACIÓN			X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	INGRESOS ECONÓMICOS	X					X	X	X							X	X
	SATISFACCIÓN PERSONAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 9. Matriz de identificación de impactos.

Tabla 22. Matriz de evaluación de impactos ambientales por el método de Leopold.

ACCIONES		FASE 1									FASE 2			FASE 3							
		DELIMITACIÓN DEL TERRENO	TOMA DE MUESTRA DEL SUELO	PREPARACIÓN DEL SUELO	ARADA	RASTRADA	ELABORACION DEL MODELO DE PIE CUADRADO	APLICACIÓN DE HUMUS	APLICACIÓN DE COMPOST (BIOABOR)	QUÍMICO	INSTALACIÓN DEL ENSAYO	TRASPLANTE	TOMA DE VARIABLES	MANEJO DEL CULTIVO	RIEGO	DESHIERBAS	CONTROLES FITOSANITARIOS	COSECHA	AFECCIONES POSITIVAS	AFECCIONES NEGATIVAS	AGREGACIÓN DE IMPACTOS
ABIÓTICO	SUELO			-3 1	2 -2	2 -2	1 1	3 3	3 3	3 -1	1 1	3 3		2 2	2 -1	-1 2	2 3	2 -1	7	7	19
	AGUA			2 -2		2 -2	1 1	3 3	3 3	3 -1	2 2	3 3		2 2	2 -1	2 -1	2 -2		6	6	17
	AIRE			1 -1		2 -2		1 -2	1 -2	1 -2							2 -2		0	6	-15
BIÓTICO	FLORA				2 2	1 -1		2 2	2 2	1 -1				2 2	2 1	2 1	2 -2		6	3	14
	FAUNA				2 -2	1 -1		2 -2	2 -2	1 -1				2 1	2 1	2 -2		2	6	-14	
	MICROFLORA				2 -2	2 -2		3 3	3 3	1 -1		3 3		2 2	2 2		2 -2		5	4	22
	MICROFAUNA		3 3	-1 4	2 -2			3 3	3 3	1 -1		3 3		2 2	2 2		2 -2		6	4	31
	CULTIVO DE LECHUGA			-3 3	2 2	2 2	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	2 2	3 3	14	1	102
	CULTIVO DE BRÓCOLI			-3 3	2 2	2 2	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	2 2	3 3	14	1	102
SOCIOECONÓMICO	SALUD							1 -1	1 -1	1 -1						2 -3		0	4	-9	
	EMPLEO	3 -2	3 3	3 2	3 3	3 3	3 3	1 1	1 1	2 2	3 3	2 2	2 2	3 3		2 2		3 3	14	1	81
	CALIDAD DE PRODUCCIÓN			2 2	2 2	2 2	3 3	3 3	3 3	2 2		3 3	3 3	2 2	2 2	3 2	2 -2		12	1	71
	EDUCACIÓN			2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 3	2 2	3 3	3 3	3 3						10	0	59
	INGRESOS ECONÓMICOS	2 3					2 2	3 3	3 3							2 -1	3 3	5	1	35	
	SATISFACCIÓN PERSONAL	2 2	2 2	3 3	3 3	1 1	2 2	3 3	3 3	1 1	1 1	3 3	2 2	2 2	2 2	2 2	2 3	3 3	17	0	89
AFECCIONES POSITIVAS		2	3	4	7	6	9	12	12	6	7	10	6	10	8	7	4	5	COMPROBACIÓN		
AFECCIONES NEGATIVAS		1	0	6	4	6	0	3	3	8	0	0	0	0	2	2	9	1			
AGREGACIÓN DE IMPACTOS		4	22	-7	22	8	50	85	85	18	42	85	44	55	34	32	-18	43	604		

Tabla 23. Jerarquización de impactos

Impactos positivos		Impactos negativos	
Elementos ambientales	Agregación de impactos	Elementos ambientales	Agregación de impactos
Cultivo de lechuga	102	Aire	-15
Cultivo de brócoli	102	Fauna	-14
Satisfacción personal	89	Salud	-9
Empleo	81		
Calidad de producción	71		
Educación	59		
Ingresos económicos	35		
Microfauna	31		
Microflora	22		
Suelo	19		
Agua	17		
Flora	14		

6.8.3 Interpretación de los resultados.

Al analizar la evaluación de impactos se puede apreciar que el 72,39% son impactos positivos, inclusive la puntuación más alta también es positiva, lo que demuestra que el trabajo investigativo es ambientalmente viable.

6.9. Medidas correctivas.

Las aspersiones de agroquímicos en los controles fitosanitarios es la única puntuación negativa observada y para mitigar su impacto se recomienda las siguientes medidas correctivas:

1. Realizar las aspersiones en las primeras horas del día para que exista menor dispersión de los productos por el viento.
2. Al efectuar los controles fitosanitarios, utilizar el equipo de protección como: gorra, gafas, mascarilla, guantes, botas, pantalón y saco impermeable; como una medida de seguridad.
3. Utilizar productos agroquímicos específicos y de clase toxicológica IV (etiqueta verde) alternando con productos biológicos.

6.10. Conclusiones.

- El componente aire resultó el más afectado ya que tiene una valoración resumida en la matriz de Leopold de -15, por efecto de la aplicación de pesticidas.
- Los componentes más beneficiados son la microflora y microfauna, que a nivel de suelo se mejoró y de una manera especial influyó en los cultivos de lechuga y brócoli, aprovechando de mejor manera los nutrientes orgánicos resumida en la valoración de 102 en la matriz de Leopold.
- El componente calidad de producción fue mejorado con un valor de 71, razón por el cual incrementó los ingresos económicos y la satisfacción personal resumida en la valoración de 89 en la matriz de Leopold.

BIBLIOGRAFÍA

- ABCAGRO. (2002). El cultivo de bròcoli. Recuperado el 31 de Octubre de 2012, de <http://www.abcagro.com/hortalizas/brocoli.asp>
- Aguirre, Z. (1996). Manual de prácticas agroecológicas de los Andes Ecuatorianos. Quito: Abya Yala.
- Alviar, C. (2004). Manual agricultura alternativa. En C. Alviar. Bogotá: San Pablo.
- Atiyeh, & Brown. (2000). Revista Internacional de Botanica Experimental. Recuperado el 12 de Abril de 2014, de Efecto de cuatro lombricompuestos en el crecimiento de plantas de *Digitaria eriantha*: http://www.revistaphyton.fundromuloraggio.org.ar/vol77/GIULIETTI_AL_OM_RUIZ_HE_PEDRANZANI_O_TERENTI.pdf
- Barragán, R. (2010). Métodos estadísticos aplicados al diseño de experimentos en la investigación. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Bartholomew, M. (2006). All new square foot gardening. California: Cool Springs Press.
- BIOAGROTECSA CIA.LTDA. (2011). Humus de lombriz: Lombricultura en Ecuador. Recuperado el 12 de Abril de 2014, de <http://www.bioagrotecsa.com.ec/lombricultura/humus-de-lombriz.html>
- BIOECO. (2013). Abono orgánico tipo compost. Comprometidos con el ambiente. Recuperado el 31 de Octubre de 2012, de <http://www.bioeco.co.cr/lista-productos/abonos-organicos/bioabor>
- Calderón, F. (2003). Respuesta del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Coolguard) con diferentes dosis de abono orgánico en Palmar de Bravo, Puebla. Mexico: Universidad Autonoma de Puebla.

- Canovas, A. (1993). Tratado de Agricultura Ecológica. Recuperado el 24 de Noviembre de 2011, de <http://www.ecologicosi.com/que-es-compostaje/88.html>
- Chávez, N. (2008). Desinfección de suelos y sustratos en la agricultura: métodos y equipos. México.
- CIP. (2004). Centro Internacional de la papa. Memoria y Declaración “La integración de la agricultura urbana en el desarrollo sostenible de las municipalidades”. Lima: International Potato Center.
- Erazo, N. (2012). Erazo, N. (2012). Agricultura urbana como alternativa de planificación sostenible del medio ambiente urbano de la ciudad de Loja. Loja.
- Escobar, H. (2003). Análisis de costos para hortalizas ecológicas. Bogotá.
- Espinoza, B. A. (2001). Respuestas de la lechuga y del repollo a la fertilización química y orgánica. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Estrada, C., & Montemayor, M. (2008). Modelos de municipalidad al norte de México. Recuperado el 23 de Noviembre de 2012, de <http://www.eumed.net/libros/2008a/356/AGRICULTURA%20URBANA%2Y%20PERIURBANA.htm>
- FAO. (2005). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 23 de Noviembre de 2011, de La agricultura urbana impulsa la seguridad alimentaria. : <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2005/102877/index.html>
- FAO. (2007). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 23 de Noviembre de 2011, de Agricultura urbana contra el hambre: <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2007/1000484/index.html>

FAO. (2008). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 21 de Noviembre de 2012, de Huertos familiares Ecológicos:
<http://www.fao.org/docrep/V5290S/v5290s06.htm#TopOfPage>

FAO, SAG, AECL. (2005). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. Agencia Ejecutiva de Competitividad e Innovación. Recuperado el 19 de Noviembre de 2011, de Huerto familiar integrado. Proyecto Especial para la seguridad alimentaria.:
<http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-hon-feb/huerto.pdf>

Gallardo, C. (2003). Sustratos para plantas, tipos y principales características. Recuperado el 6 de Marzo de 2014, de
http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/ENTRE_RIOS/58/macronutrientes%20en%20sustratos%20para%20plantas.pdf

García, J. (2006). Algebra lineal: Sus aplicaciones en economía, ingenierías y otras ciencias. Madrid.

Geisel, P., & Seaver, D. (2009). Division of Agriculture and Natural Resources. Recuperado el 12 de Abril de 2014, de El compostaje es bueno para su jardín y medio ambiente:
<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8367s.pdf>

Giaconi, V. (1994). Cultivo de hortalizas. Universitaria.

HARVESTFARM. (2010). Square foot gardening. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de
<http://www.suwanee.com/pdfs/Square%20Foot%20Gardening%20PP%20031610.pdf>

Hill, D. (2003). Square foot/meter gardening: Micro-production of food and herbs for underserved populations. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de
<http://www2.ca.uky.edu/gogreen/displays/SquareFootGardeningDBH.pdf>

IICA. (2009). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de La seguridad alimentaria:

http://www.iica.int/Esp/Programas/SeguridadAlimentaria/Documents/SeguridadAlimentarias_Quees_Esp.pdf

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO. (1978). Manual internacional de fertilidad de suelos. Quito.

Llurba, M. (1997). Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. *Revista Horticultura*, 125.

Lok, R. (1998). Introducción a los huertos caseros tradicionales tropicales. Turrialba.

Mejía, P. J. (2007). Abonos. Santacruz de los ríos, España.

Méndez, J., & Lojo, M. (2009). Humus. Universidad de Salamanca.

Mougeot, L. (2001). Agricultura Urbana: Definición, Presencia, Potencialidades y Riesgos. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://www.ippur.ufrrj.br/cadernos/peter.pdf>

Narváez, F. (2004). Humus de lombriz. Recuperado el 5 de Marzo de 2014, de <http://www.feriasaraucania.cl/UserFiles/File/humus.pdf>

Pinzón, H., & Isshiki, M. (2001). El cultivo de algunas hortalizas promisorias en Colombia. Bogotá.

Programa Huertos Educativos Cochabamba. (2007). El huerto del pie cuadrado. Recuperado el 15 de Marzo de 2014, de <http://www.nmemundial.org/pdf/swisscontact-huerto-del-pie-cuadrado.pdf>

Prudencio, J. (2008). Agricultura urbana en América Latina: memoria. Texas: J. Prudencio Böhr.

QUINTANA, A. N. (2010). Utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*) y solubilizadoras de fósforo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Legacy*) en Otavalo. Otavalo.

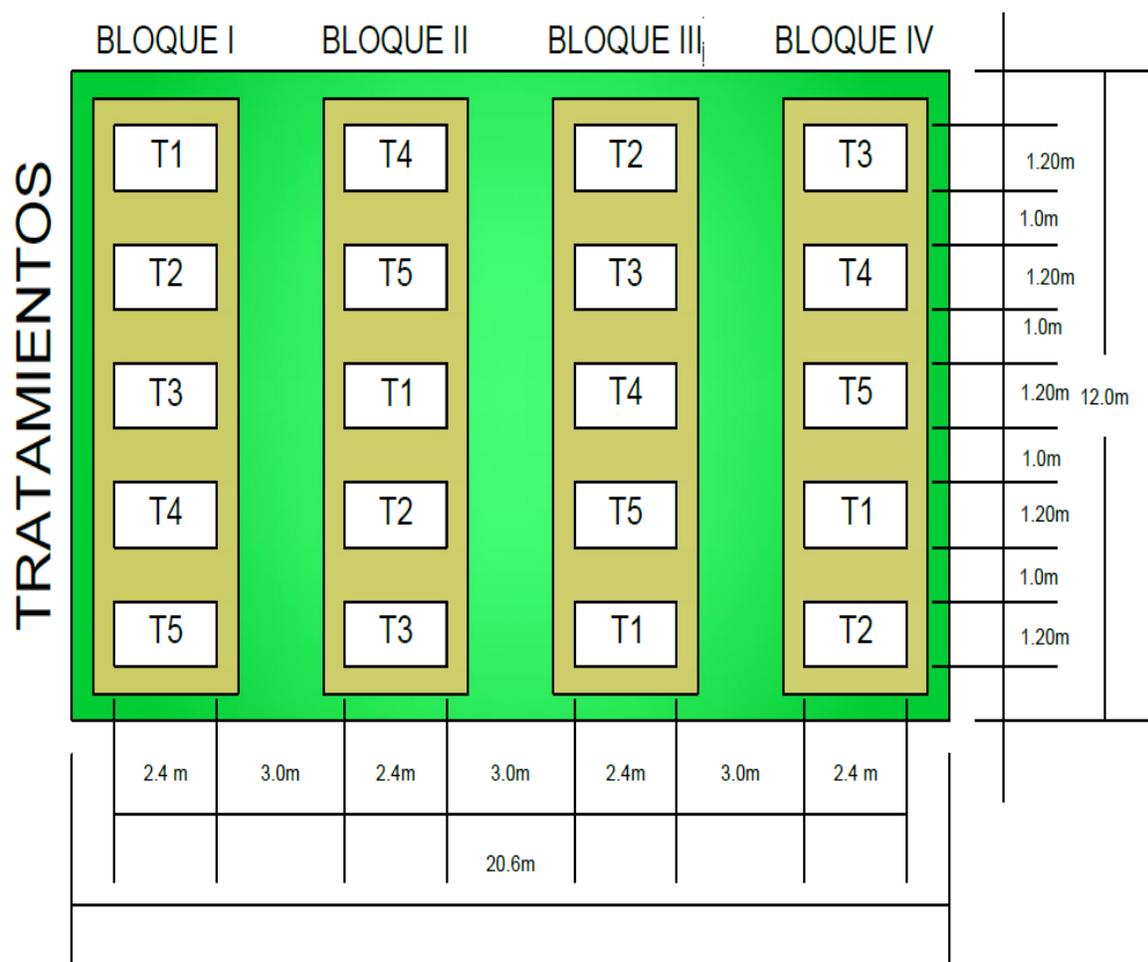
Raeburn, J. (1987). Agricultura: bases, principios y desarrollo. Barcelona: Reverté S.A.

- Ramirez. (2001). Agricultura Orgánica.
- Rodriguez, J. (2010). El uso de biocidas botánicos para el control de plagas en agricultura urbana (I parte). Recuperado el 24 de Noviembre de 2011, de <http://go.galegroup.com/>
- Rojas, R. (2005). Planeación Urbana y Regional: Un Enfoque Hacia la Sustentabilidad. California: Edicion Ilustrada.
- Sanchez, C. (2004). Bio huertos el cultivo en casa. Lima: Ripalme.
- Sasson, A. (1993). La alimentación del hombre del mañana. Barcelona: Reverté.
- Sauca, E., & Urabayen, D. (2005). Monográficos Ekonekazaritza. Recuperado el 12 de Abril de 2014, de Rotaciones y Asociaciones de cultivos:
<http://www.eneek.org/descargas/dteknikoak/ROTACIONES.pdf>
- Serrano, J. (2009). Agricultura ecológica: Manual y guía didáctica. Madrid: Mundi-Prensa Libros.
- Soler, M. (2002). Agricultura Urbana, sostenibilidad y soberanía alimentaria: hacia una propuesta de indicadores desde la agroecología. Recuperado el 15 de Marzo de 2014, de <http://www.fes-web.org/uploads/files/modules/congress/10/grupos->
- Stoffella, P., & Kahn, B. (2005). Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Madrid: Mundi-Prensa.
- Suquilanda, M. (1995). Hortalizas “Manual para la producción orgánica”. Quito: FUNDAGRO.
- Suquilanda, M. (1996). Agricultura Orgánica (UPS ed.). Quito: Abya.
- Terán, G. (2011). Manual de horticultura “Aprender haciendo y produciendo”. Ibarra: Creadores Gráficos.
- The Food Project. (2007). Aprovechar de su jardín elevado. Recuperado el 7 de Marzo de 2014, de <http://thefoodproject.org/sites/default/files/BaGManualSpanish.pdf>

- Tiscornia. (1983). Hortalizas de hojas. Buenos Aires: Albatros, SACL.
- TULAS. (2003). Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Capítulo I, Normas Generales. Decreto Ejecutivo No. 3516. RO/ Sup 2 de 31 de Marzo del 2003. Recuperado el 25 de Noviembre de 2012, de http://www.cig.org.ec/.../_reglamento_a_le
- Vaca, M. (2011). Diseño e implantación de cuatro modelos de huertos urbanos sustentables en Ibarra, Imbabura. Tesis. Universidad Técnica del Norte, 13-14.
- Valenzuela, C. E. (2009). Estudio de caracterización física, química y nutricional de dos diferentes ecotipos de brócoli . Quito.
- Vallejo, F., & Estrada , E. (2004). Producción de hortalizas de clima cálido. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- VAN DER BERG. (2007). La integración de la agricultura urbana en el desarrollo sostenible de las municipalidades. Recuperado el 21 de Noviembre de 2012, de <http://cipotato.org/publications/pdf/003439.pdf>
- Vera, M. R. (2009). Revista Desarrollo Local Sostenible. DELOS, 17.

ANEXOS

Anexo 1. Esquema del experimento en el campo



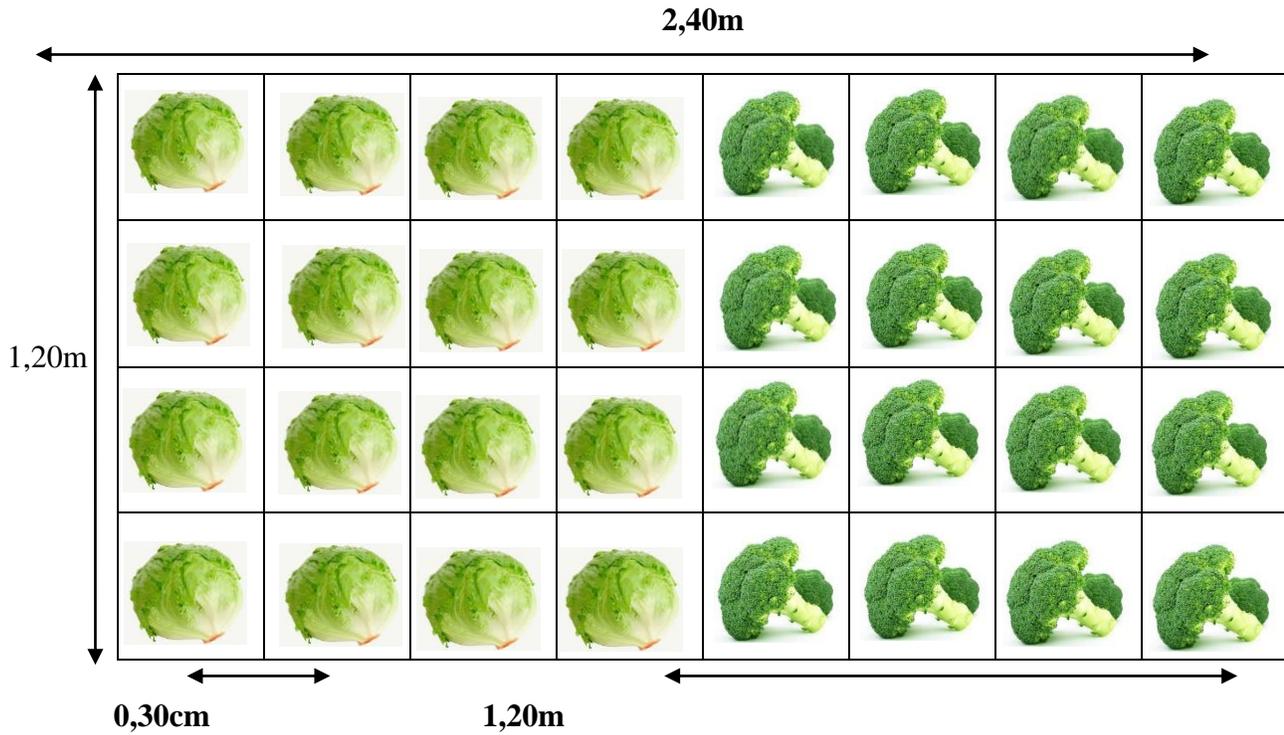
ÁREA TOTAL = 254,80m²

DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO	SUSTRATOS
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común
T4	tierra común + fertilización química
T5	100% tierra común (testigo)

Anexo 2. Gráfico de la distribución de los cultivos a implementarse dentro del modelo del pie cuadrado

UNIDAD EXPERIMENTAL PROPUESTA



Símbolos:

Lechuga



Brócoli



Anexo 3. Análisis químico de humus.



LABORIOS NORTE

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador Telefax. 2547097 cel. 099591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS			
DATOS DE PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre: CRISTIAN FABIAN GUAMÁN MUGMAL		Provincia: Imbabura	
Ciudad: Ibarra		Cantón: Ibarra	
Teléfono:		Parroquia: Caranqui	
Fax:		Sitio: Granja Exp. Yuyucocha	
DATOS DEL LOTE		DATOS DE LABORATORIO	
Sitio: Granja Exp. Yuyucocha		Nro Reporte.: 4360	
Superficie:		Tipo de Análisis: Elemental	
Número de Campo: M 1		Muestra: Humus	
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso: 2012-03-26	
A Cultivar: Humus		Fecha de Reporte: 2012-03-29	
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	97.19	ppm	
P	341.0	ppm	
S	136.38	ppm	
K	4.44	meq/100 ml	
Ca	30.60	meq/100 ml	
Mg	8.58	meq/100 ml	
			BAJO MEDIO ALTO
Zn		ppm	
Cu		ppm	
Fe		ppm	
Mn		ppm	
			BAJO MEDIO ALTO
B	3.94	ppm	
			BAJO MEDIO ALTO TOXICO
			0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0
pH	7.88		
			Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
			BAJO MEDIO ALTO
Ce	1.578	mS/cm	
			No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino
MO	23.54	%	
			BAJO MEDIO ALTO
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%
Mg	K	K	Sum Bases
3.57	1.93	8.82	43.62
			NTot
			Cl
			Arena
			Limo
			Arcilla
			Clase Textural
Dr. Quim. Edison M. Miño M. <i>Edison Miño</i>			
Responsable Laboratorio			



Anexo 4. Análisis del suelo.



L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador Telefax. 2547097 cel. 099591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																											
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD																						
Nombre: CRISTIAN FABIAN GUAMÁN MUGMAL					Provincia: Imbabura																						
Ciudad: Ibarra					Cantón: Ibarra																						
Teléfono: 0991438633					Parroquia: El Sagrario																						
Fax:					Sitio: Granja Exp. Yuyucocha																						
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO																						
Sitio: Granja Exp. Yuyucocha					Nro Reporte.: 4332																						
Superficie:					Tipo de Análisis: Elemental																						
Número de Campo: M 1					Muestra: Suelo M 1																						
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2012-03-26																						
A Cultivar: Brocoli y Lechuga					Fecha de Reporte: 2012-03-29																						
Nutriente		Valor	Unidad	INTERPRETACION																							
N		60.16	ppm	<table border="1" style="width:100%; height: 40px;"> <tr><td style="width:33%;"></td><td style="width:33%;"></td><td style="width:33%;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">BAJO</td><td style="text-align: center;">MEDIO</td><td style="text-align: center;">ALTO</td></tr> </table>									BAJO	MEDIO	ALTO												
BAJO	MEDIO	ALTO																									
P		61.37	ppm																								
S			ppm																								
K		0.47	meq/100 ml																								
Ca		15.17	meq/100 ml																								
Mg		2.87	meq/100 ml																								
Zn			ppm	<table border="1" style="width:100%; height: 40px;"> <tr><td style="width:33%;"></td><td style="width:33%;"></td><td style="width:33%;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">BAJO</td><td style="text-align: center;">MEDIO</td><td style="text-align: center;">ALTO</td></tr> </table>									BAJO	MEDIO	ALTO												
BAJO	MEDIO	ALTO																									
Cu			ppm																								
Fe			ppm																								
Mn			ppm																								
B			ppm	<table border="1" style="width:100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width:25%;"></td> <td style="width:25%;"></td> <td style="width:25%;"></td> <td style="width:25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> <td style="text-align: center;">TOXICO</td> </tr> </table>										BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO										
BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO																								
pH		6.93		<table border="1" style="width:100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width:20%;"></td> <td style="width:20%;"></td> <td style="width:20%;"></td> <td style="width:20%;"></td> <td style="width:20%;"></td> <td style="width:20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">5.5</td> <td style="text-align: center;">6.5</td> <td style="text-align: center;">7.0</td> <td style="text-align: center;">7.5</td> <td style="text-align: center;">8.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Acido</td> <td style="text-align: center;">Lig. Acido</td> <td style="text-align: center;">Pract. Neutro</td> <td style="text-align: center;">Lig. Alcalino</td> <td style="text-align: center;">Alcalino</td> <td></td> </tr> </table>												0	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0	Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino	
0	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0																						
Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino																							
Acidez Int. (Al+H)			meq/100 ml	<table border="1" style="width:100%; height: 40px;"> <tr><td style="width:33%;"></td><td style="width:33%;"></td><td style="width:33%;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">BAJO</td><td style="text-align: center;">MEDIO</td><td style="text-align: center;">ALTO</td></tr> </table>									BAJO	MEDIO	ALTO												
BAJO	MEDIO	ALTO																									
Al			meq/100 ml																								
Na			meq/100 ml																								
Ce		0.277	mS/cm	<table border="1" style="width:100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width:25%;"></td> <td style="width:25%;"></td> <td style="width:25%;"></td> <td style="width:25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">No Salino</td> <td style="text-align: center;">Lig. Salino</td> <td style="text-align: center;">Salino</td> <td style="text-align: center;">Muy Salino</td> </tr> </table>										No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino										
No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino																								
MO			%	<table border="1" style="width:100%; height: 20px;"> <tr><td style="width:33%;"></td><td style="width:33%;"></td><td style="width:33%;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">BAJO</td><td style="text-align: center;">MEDIO</td><td style="text-align: center;">ALTO</td></tr> </table>									BAJO	MEDIO	ALTO												
BAJO	MEDIO	ALTO																									
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)																						
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural																		
5.29	6.11	38.38	18.51																								
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio																											



Anexo 5. Costos de producción

Tabla 24. Costos de producción Tratamiento I

TRATAMIENTO I					
10% Humus, 10% Pomina, 80% Tierra de Paramo					
COSTOS DE PRODUCCIÓN (USD)					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR AMORTIZADO
A. COSTOS DIRECTOS (CD)					
1. Mano de obra					
Siembra	Horas/jornal	1	2,5	2,50	2,50
Labores culturales:					
Riego	Jornal	1	5,0	5,00	5,00
Deshierbas/aporque	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Control fitosanitario	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Cosecha/poscosecha	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Subtotal mano de obra				15,00	15,00
2. Análisis de humus					
Análisis del contenido nutricional del humus	Contrato	1	25,0	25,00	0,00
Subtotal análisis de humus				25,00	0,00
3. Insumos					
Plántulas de brócoli	Unidad	128	0,01	1,28	1,28
plántulas de lechuga	Unidad	128	0,01	1,28	1,28
Humus de lombriz	Sacos	4	4,0	16,00	4,00
Pomina	m3	0,5	5,0	2,50	0,60
Tierra de paramo	m3	3	3,0	9,00	2,25
Pesticidas orgánicos	20ml	1	2,0	2,00	2,00
Subtotal insumos				32,06	11,41
4. Equipos y Herramientas					
Bomba de mochila	Unidad	1	15,0	15,00	0,00
tabla de encofrado	Unidad	12	1,5	18,00	4,50
Piola	Rollo	1	3,5	3,50	0,85
Palancón	Unidad	1	6,0	6,00	0,00
Clavos	Libras	1	1,0	1,00	0,25
Flexometro	Unidad	1	1,5	1,50	0,00
Segueta	Unidad	1	4,0	4,00	0,00
Martillo	Unidad	1	3,0	3,00	0,00
Subtotal equipo y herramientas				52,00	5,60
5. Transporte					
Sustratos(humus, pomina)	Flete	1	2,5	2,50	0,60
Tierra de paramo	Flete	1	10,0	10,00	2,50
Tablas de encofrado	Flete	1	2,5	2,50	0,60
Subtotal transporte				15,00	3,70
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				139,06	35,71
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)					
Administración				8,85	8,85
Arriendo por ciclo				3,00	3,00
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS				11,85	11,85
TOTAL COSTOS (CD+CI)/MI				150,91	47,56
INGRESO TOTAL				55,00	55,00
UTILIDAD				-95,91	7,44
RELACION BENEFICIO/COSTO (C/B)				0,36	1,16

Nota: En el caso de algunos materiales e insumos, el costo total ha sido amortizado según el tiempo de utilidad de los mismos.

Tabla 25. Costos de producción Tratamiento II

TRATAMIENTO II					
10% compost (BIOABOR), 10% pomina, 80% tierra común					
COSTOS DE PRODUCCIÓN (USD)					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR AMORTIZADO
A. COSTOS DIRECTOS (CD)					
1. Mano de obra					
Siembra	Horas/jornal	1	2,5	2,50	2,50
Labores culturales:					
Riego	Jornal	1	5,0	5,00	5,00
Deshierbas/aporque	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Control fitosanitario	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Cosecha/poscosecha	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Subtotal mano de obra				15,00	15,00
2. Insumos					
Plántulas de brócoli	unidad	128	0,01	1,28	1,28
plántulas de lechuga	unidad	128	0,01	1,28	1,28
Pomina	m3	0,5	5,0	2,50	0,60
Pesticidas orgánicos	20ml	1	2,0	2,00	2,00
Compost (bioabort)	sacos	4	8,2	32,80	8,20
Subtotal insumos				39,86	13,36
3. Equipos y Herramientas					
Bomba de mochila	unidad	1	15,0	15,00	0,00
tabla de encofrado	unidad	12	1,5	18,00	4,50
Pirola	rollo	1	3,5	3,50	0,85
Palancón	unidad	1	6,0	6,00	0,00
Clavos	libras	1	1,0	1,00	0,25
Flexometro	unidad	1	1,5	1,50	0,00
Segueta	Unidad	1	4,0	4,00	0,00
Martillo	Unidad	1	3,0	3,00	0,00
Subtotal equipo y herramientas				52,00	5,60
4. Transporte					
Sustratos(compost, pomina)	flete	1	2,5	2,50	0,60
Tablas de encofrado	flete	1	2,5	2,50	0,60
Subtotal transporte				5,00	1,20
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				111,86	35,16
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)					
Administración				8,85	8,850
Arriendo por ciclo				3,00	3,00
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS				11,85	11,85
TOTAL COSTOS (CD+CI)/MI				123,71	47,01
INGRESO TOTAL				64,00	64,00
UTILIDAD				-59,71	16,99
RELACION BENEFICIO/COSTO (C/B)				0,52	1,36

Nota: En el caso de algunos materiales e insumos, el costo total ha sido amortizado según el tiempo de utilidad de los mismos.

Tabla 26. Costos de producción Tratamiento III

TRATAMIENTO III					
5% humus, 5% compost (BIOABOR), 10% pomina, 80% tierra común					
COSTOS DE PRODUCCIÓN (USD)					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR AMORTIZADO
A. COSTOS DIRECTOS (CD)					
1. Mano de obra					
Siembra	Horas/jornal	1	2,5	2,50	2,50
Labores culturales.-					
Riego	Jornal	1	5,0	5,00	5,00
Deshierbas/aporque	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Control fitosanitario	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Cosecha/poscosecha	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Subtotal mano de obra				15,00	15,00
2. Análisis de humus					
Análisis del contenido nutricional del humus	Contrato	1	25,0	25,00	0,00
Subtotal análisis de humus				25,00	0,00
3. Insumos					
Plántulas de brócoli	Unidad	128	0,01	1,28	1,28
Plántulas de lechuga	Unidad	128	0,01	1,28	1,28
Humus de lombriz	Sacos	2	4,0	8,00	2,00
Pomina	m ³	0,5	5,0	2,50	0,60
Compost (bioabor)	Sacos	2	8,2	16,40	4,10
Pesticidas orgánicos	20ml	1	2,0	2,00	2,00
Subtotal insumos				31,46	11,26
4. Equipos y Herramientas					
Bomba de mochila	Unidad	1	15,0	15,00	0,00
Tabla de encofrado	Unidad	12	1,5	18,00	4,50
Piola	Rollo	1	3,5	3,50	0,85
Palancón	Unidad	1	6,0	6,00	0,00
Clavos	Libras	1	1,0	1,00	0,25
Flexometro	Unidad	1	1,5	1,50	0,00
Segueta	Unidad	1	4,0	4,00	0,00
Martillo	Unidad	1	3,0	3,00	0,00
Subtotal equipo y herramientas				52,00	5,60
5. Transporte					
Sustratos(humus, pomina, compost)	Flete	1	2,5	2,50	0,60
Tablas de encofrado	Flete	1	2,5	2,50	0,60
Subtotal transporte				5,00	1,20
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				128,46	33,06
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)					
Administración				8,85	8,85
Arriendo por ciclo				3,00	3,00
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS				11,85	11,85
TOTAL COSTOS (CD+CI)/MI				140,31	44,91
INGRESO TOTAL					
				72,00	72,00
UTILIDAD					
				-68,31	27,09
RELACION BENEFICIO/COSTO (C/B)					
				0,51	1,60

Nota: En el caso de algunos materiales e insumos, el costo total ha sido amortizado según el tiempo de utilidad de los mismos.

Tabla 27. Costos de producción Tratamiento IV

TRATAMIENTO IV tierra común + fertilización química COSTOS DE PRODUCCIÓN (USD)					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	V.UNITARIO	V.TOTAL	VALOR AMORTIZADO
A. COSTOS DIRECTOS (CD)					
1. Mano de obra					
Siembra	Horas/jornal	1	2,5	2,50	2,50
Labores culturales.-					
Riego	Jornal	1	5,0	5,00	5,00
Deshierbas/aporque	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Control fitosanitario	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Cosecha/poscosecha	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Subtotal mano de obra				15,00	15,00
2. Insumos					
Plántulas de brócoli	Unidad	128	0,01	1,28	1,28
plántulas de lechuga	Unidad	128	0,01	1,28	1,28
Fertilizantes	kilogramos	8	0,98	7,84	3,92
Pesticidas orgánicos	20ml	1	2,00	2,00	2,00
Subtotal insumos				12,40	8,48
3. Equipos y Herramientas					
Bomba de mochila	Unidad	1	15,0	15,00	0,00
tabla de encofrado	Unidad	12	1,5	18,00	4,50
Piola	Rollo	1	3,5	3,50	0,85
Palancón	Unidad	1	6,0	6,00	0,00
Clavos	Libras	1	1,0	1,00	0,25
Flexometro	Unidad	1	1,5	1,50	0,00
Segueta	Unidad	1	4,0	4,00	0,00
Martillo	Unidad	1	3,0	3,00	0,00
Subtotal equipo y herramientas				52,00	5,60
4. Transporte					
Tablas de encofrado	Flete	1	2,5	2,50	0,60
Subtotal transporte				2,50	0,60
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				81,90	29,68
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)					
Administración				8,85	8,85
Arriendo por ciclo				3,00	3,00
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS				11,85	11,85
TOTAL COSTOS (CD+CI)/MI				93,75	41,53
INGRESO TOTAL				63,00	63,00
UTILIDAD				-30,75	21,47
RELACION BENEFICIO/COSTO (C/B)				0,67	1,52

Nota: En el caso de algunos materiales e insumos, el costo total ha sido amortizado según el tiempo de utilidad de los mismos.

Tabla 28. Costos de producción Tratamiento V

TRATAMIENTO V					
100% tierra común (testigo)					
COSTOS DE PRODUCCIÓN (USD)					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR AMORTIZADO
A. COSTOS DIRECTOS (CD)					
1. Mano de obra					
Siembra	Horas/jornal	1	2,5	2,50	2,50
Labores culturales.-					
Riego	Jornal	1	5,0	5,00	5,00
Deshierbas/aporque	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Control fitosanitario	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Cosecha/poscosecha	Jornal	1	2,5	2,50	2,50
Subtotal mano de obra				15,00	15,00
2. Insumos					
Plántulas de brócoli	Unidad	128	0,01	1,28	1,28
Plántulas de lechuga	Unidad	128	0,01	1,28	1,28
Pesticidas orgánicos	20ml	1	2,00	2,00	2,00
Subtotal insumos				4,56	4,56
3. Equipos y Herramientas					
Bomba de mochila	Unidad	1	15,0	15,00	0,00
tabla de encofrado	Unidad	12	1,5	18,00	4,50
Pirola	Rollo	1	3,5	3,50	0,85
Palancón	unidad	1	6,0	6,00	0,00
Clavos	libras	1	1,0	1,00	0,25
Flexómetro	unidad	1	1,5	1,50	0,00
Segueta	Unidad	1	4,0	4,00	0,00
Martillo	Unidad	1	3,0	3,00	0,00
Subtotal equipo y herramientas				52,00	5,60
4. Transporte					
Tablas de encofrado	flete	1	2,5	2,50	0,60
Subtotal transporte				2,50	0,60
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				74,06	25,76
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)					
Administración				8,85	8,85
Arriendo por ciclo				3,00	3,00
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS				11,85	11,85
TOTAL COSTOS (CD+CI)/MI				85,91	37,61
INGRESO TOTAL				38,00	38,00
UTILIDAD				-47,91	0,39
RELACION BENEFICIO/COSTO (C/B)				0,44	1,01

Nota: En el caso de algunos materiales e insumos, el costo total ha sido amortizado según el tiempo de utilidad de los mismos.

Anexo 6. Datos de campo.

LECHUGA

Tabla 29. Datos de campo para la variable altura de planta a los 40 días después del trasplante en lechuga.

Altura de planta en cm							
N°	TRATAMIENTOS	RI	RII	RIII	RIV	SUMA	PROMEDIO
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo	10,2	10,4	8,0	8,8	37,4	9,35
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	13,8	14,0	14,5	15,0	57,3	14,33
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	14,0	16,4	16,8	17,2	64,4	16,10
T4	tierra común + fertilización química	11,3	10,4	10,3	11,4	43,4	10,85
T5	100% tierra común (testigo)	10,1	8,8	9,7	9,1	37,7	9,43
	SUMA	59,4	60,0	59,3	61,5	240,2	60,05
	PROMEDIO	11,88	12,0	11,86	12,3	12,01	12,01

Tabla 30. Datos de campo para la variable rendimiento g/planta en lechuga.

Peso del repollo g/planta							
N°	TRATAMIENTOS	RI	RII	RIII	RIV	SUMA	PROMEDIO
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo	423,5	500,6	460,4	480,3	1864,8	466,20
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	526,7	498,6	610,3	563,9	2199,5	549,88
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	630,2	647,1	590,3	660,4	2528,0	632,00
T4	tierra común + fertilización química	504,6	534,8	410,7	598,3	2048,4	512,10
T5	100% tierra común (testigo)	450,4	408,3	506,2	456,9	1821,8	455,45
	SUMA	2535,4	2589,4	2577,9	2759,8	10462,5	2615,63
	PROMEDIO	507,08	517,88	515,58	551,96	523,13	523,13

Tabla 31. Datos de campo para la variable días a la cosecha en lechuga.

Días a la cosecha							
N°	TRATAMIENTOS	RI	RII	RIII	RIV	SUMA	PROMEDIO
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo	84,0	84,0	89,0	91,0	348,0	87,00
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	88,0	88,0	86,0	86,0	348,0	87,00
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	86,0	85,0	84,0	85,0	340,0	85,00
T4	tierra común + fertilización química	89,0	88,0	87,0	88,0	352,0	88,00
T5	100% tierra común (testigo)	90,0	88,0	89,0	90,0	357,0	89,25
	SUMA	437,0	433,0	435,0	440,0	1745,0	436,25
	PROMEDIO	87,4	86,6	87,0	88,0	87,3	87,25

BRÓCOLI

Tabla 32. Datos de campo para la variable altura de planta a los 80 días después del trasplante en brócoli.

N°	TRATAMIENTOS	RI	RII	RIII	RIV	SUMA	PROMEDIO
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo	30,0	34,5	38,0	35,0	137,5	34,38
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	50,2	52,0	56,5	54,5	213,2	53,30
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	43,5	53,5	60,5	50,5	208,0	52,00
T4	tierra común + fertilización química	38,5	41,0	45,5	42,0	167,0	41,75
T5	100% tierra común (testigo)	34,0	30,0	28,5	32,5	125,0	31,25
	SUMA	196,2	211,0	229,0	214,5	850,7	212,68
	PROMEDIO	39,24	42,2	45,8	42,9	42,54	42,54

Tabla 33. Datos de campo para la variable rendimiento g/planta en brócoli.

Peso de la pella en g/planta							
N°	TRATAMIENTOS	RI	RII	RIII	RIV	SUMA	PROMEDIO
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo	227,3	338,3	262,9	310,4	1138,9	284,73
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	222,5	443,4	412,8	410,3	1489,0	372,25
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	339,5	530,4	495,6	505,7	1871,2	467,80
T4	tierra común + fertilización química	336,7	445,2	332,6	360,5	1475,0	368,75
T5	100% tierra común (testigo)	130,4	98,3	110,1	115,8	454,6	113,65
	SUMA	1256,4	1855,6	1614,0	1702,7	6428,7	1607,18
	PROMEDIO	251,28	371,12	322,8	340,54	321,44	321,44

Tabla 34. Datos de campo para la variable días a la cosecha en brócoli.

Días a la cosecha							
N°	TRATAMIENTOS	RI	RII	RIII	RIV	SUMA	PROMEDIO
T1	10% de humus, 10% pomina, 80% tierra de paramo	101,0	101,0	99,0	101,0	402,0	100,50
T2	10% de compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	98,0	98,0	97,0	96,0	389,0	97,25
T3	5% humus, 5% compost (BIOABOR®), 10% pomina, 80% tierra común	96,0	95,0	94,0	95,0	380,0	95,00
T4	tierra común + fertilización química	99,0	98,0	97,0	98,0	392,0	98,00
T5	100% tierra común (testigo)	104,0	102,0	103,0	105,0	414,0	103,50
	SUMA	498,0	494,0	490,0	495,0	1977,0	494,25
	PROMEDIO	99,6	98,8	98,0	99,0	98,85	98,85

Anexo 7. Fotografías

CONSTRUCCIÓN DE MODELO DEL PIE CUADRADO



Construcción de cajas 1.20m x 1.20m
(Unidad Experimental)



Division en cuadros de 30cmx30cm
(Tecnica del pie cuadrado)

COMBINACIÓN DE SUSTRATOS



Combinacion T3



Combinacion T2



Combinacion T1



Incorporacion de compos



Combinacion T5



Combinacion T4

TRASPLANTE



Trasplante plántulas de lechuga



Trasplante plántulas de brócoli



Riego cultivo de lechuga



Riego cultivo de brócoli

VARIABLES EVALUADAS

1. ALTURA DE LA PLANTA



Lechuga a los 40 días después del trasplante



Brócoli a los 80 días después del trasplante

2. RENDIMIENTO



Peso en gramos del repollo



Peso de la pella de Brócoli de T3

3. DÍAS A LA COSECHA



Lechuga de T2 a los 87 días



Pella de brócoli a los 97 días

FOTOGRAFÍAS VARIAS



Modelo del pie cuadrado



Lechuga y brócoli sembrados en el modelo del pie cuadrado



Hortalizas que se pueden sembrar utilizando la técnica del pie cuadrado



Vista panorámica del ensayo



Lechuga y brócoli cultivados en la técnica del pie cuadrado