

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Los materiales utilizados en la investigación se detallan en el Cuadro 3.1

Cuadro 3.1 Materiales utilizados

MATERIAL	EQUIPOS	MATERIALES	INSUMOS
Experimental		Composta biointensiva Camas de cultivo doble excavadas y de excavación simple Semillas de fréjol Semillas de acelga	
De campo	Cámara digital Filmadora GPS	Rastrillos Regaderas Juegos de jardín Martillos Bieldos Pala Recta Piola Flexómetro Balanza	Material vegetal seco y verde Almácigos
De laboratorio	Balanza Analítica Estufa Desecadora	Barreno Fundas plásticas Tarrinas	Alcohol industrial Agua destilada
De oficina	Computadora	Accesorios de oficina Carta topográfica de Ibarra Carta topográfica de Pimampiro	Arc View 9.2 (Software)

3.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área motivo del estudio se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, en la parroquia de Ambuquí, comunidad Los Lavanderos. Sus coordenadas son: 17 N 0832248, UTM 0043070. Se encuentra a una altitud de 2086 m.s.n.m., tiene una precipitación media anual de 500 mm y una temperatura media anual de 19.5° C, en la zona de vida bosque espinoso Sub-Tropical (be – ST) entre los 1600 – 2400 m.s.n.m. (Anexo 1; Mapa 1)

3.3 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del trabajo y el cumplimiento de los objetivos propuestos se realizó el diagnóstico de la comunidad, aplicación del método de agricultura biointensiva, evaluación de rendimientos, análisis beneficio/costo y socialización de resultados.

3.3.1 Diagnóstico de la comunidad

Para contar con un diagnóstico de la comunidad, se recopiló información bibliográfica de temas referentes al área de estudio acudiendo a instituciones públicas y privadas como MACRENA (Manejo Comunitario de Recursos Naturales), AGRECO (Agricultura y Ecología) e INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), posteriormente el objetivo fue el de analizar y constatar la información recopilada y crear una nueva base de datos de la comunidad utilizando las técnicas de recolección de información: entrevistas, encuestas y observación directa durante las visitas de campo.

3.3.1.1 Aspectos físicos

Para caracterizar los aspectos físicos se realizaron entrevistas, visitas de campo, revisión bibliográfica y trabajo de laboratorio, se recopiló información de las condiciones abióticas de la comunidad. Con la información obtenida en campo y laboratorio se procedió a definir los componentes climatológicos, geológicos, geomorfológicos, edáficos e hidrológicos. Se elaboró los mapas temáticos: de pendientes, uso del suelo (Anexo 1; Mapa 2,3).

3.3.1.2 Aspectos bióticos

Para la caracterización biológica se realizaron inventarios, visitas de campo y entrevistas a la comunidad, mediante la técnica de la evaluación ecológica rápida, a fin de conocer las especies de flora y fauna representativa del lugar (Anexo 2; Formato 1-A, 1-B; Parte 1 y 2). Para el muestreo de insectos en la superficie del suelo se utilizó la técnica de caída o Pitfall descrita por Andrews y Caballero (1989). (Anexo 5; Fotos 3.1).

3.3.1.3 Aspectos socioeconómicos

Para realizar el diagnóstico de la parte socio económica se levantó información sobre los siguientes aspectos: educación, servicios básicos, estructura familiar, campo ocupacional y los hábitos agrarios, mediante entrevistas y encuestas dirigidas a los miembros de la comunidad (Anexo 2; Formato 2).

3.3.2 Aplicación del Método

El proceso utilizado inició con un período de información y promoción del proyecto de investigación en la comunidad Los Lavanderos (Anexo2; Formato 3),

seguido de un taller teórico de agricultura orgánica biointensiva, dirigido a los padres de familia de la escuela Luis Cabezas Borja (Anexo 5; Fotos 3.2).

La aplicación del método biointensivo en la comunidad tuvo como eje principal el transferir conocimientos a través de la práctica de tal manera que sus miembros desarrollen destrezas técnicas en la instalación y mantenimiento de un huerto biointensivo.

La primera actividad realizada en la fase experimental fue la elaboración de composta biointensiva. Como materia verde, se utilizaron desechos orgánicos del mercado mayorista de la ciudad de Ibarra, recolectando y almacenando por un máximo de 72 horas (para evitar la descomposición). La materia seca, se recolectó de lugares aledaños a la comunidad, como restos de cosechas de varias gramíneas y cereales sin uso y en calidad de basura dando una mala imagen a la población (Anexo 5; Fotos 3.3).

3.3.2.1 Composta biointensiva

Para alcanzar el volumen de composta requerido para el experimento se construyó siete composteras de tres metros cúbicos cada una, dando un total de 21 m³ de composta (Anexo 5; Fotos 3.4). Una vez conformadas las composteras, se realizó un monitoreo para controlar el proceso de descomposición de la materia orgánica, reponiendo la pérdida excesiva de humedad debido a la gran incidencia de sol y las altas temperaturas que se registran en el lugar. A los cinco meses de elaborada y madura la composta, se procedió a cernir y abonar el suelo en cada una de las camas, según lo requerido en cada uno de los tratamientos del experimento.

La elaboración de la pila de composta demandó el uso de cuatro materiales: fuente de nitrógeno como materia verde, fuente de carbono como materia seca, agua y suelo. La fórmula utilizada fue 1/3 de vegetación seca, 1/3 de vegetación verde y 1/3 de suelo.

- Se trazaron siete rectángulos de un metro de ancho por 3 metros de largo para sostener un metro de alto del material a compostar.
- El piso de los siete rectángulos fue aflojado mediante el uso de un bieldo en los primeros 30 cm de profundidad.
- Se elaboró una empalizada con de rastrojo y materia orgánica seca gruesa sobre la superficie del suelo aflojada, con la finalidad facilitar la actividad biológica y de la circulación de aire entre la pila de composta y el suelo.
- Sobre la empalizada se colocó encima una capa de 10 cm de materia orgánica seca (rica en carbono).
- Se continuó con una capa similar de materia verde (rica en nitrógeno).
- La materia orgánica se cubrió con una delgada capa de suelo de unos dos centímetros de espesor.
- Luego de cada capa se agregó agua.
- Se continuó, alternando las capas, hasta alcanzar aproximadamente un metro de altura.

Durante el monitoreo de las pilas de composta se realizó un solo volteó, luego de que la temperatura empezó a descender. El volteo consistió en virar o invertir las capas de la pila de composta de manera que la última capa pase a ser la primera, evitando mezclar una capa con la otra.

3.3.2.2 Preparación de las camas de cultivo

Las labores se realizaron de acuerdo con las características de la combinación de los tres factores: Especies, Niveles de Composta y Sistemas de intervención del suelo. (Anexo 3; Croquis, 1).

a. *Diseño y trazado de las camas*

Para el diseño del huerto y el trazado de las camas se tomó en cuenta la topografía del lugar y las curvas de nivel, a fin de disminuir la pérdida de suelo por la gradiente que presenta el terreno. Seguidamente, se procedió a realizar la doble excavación (a 60 cm de profundidad) que es el principio básico del método biointensivo y la preparación de camas con un excavado sencillo (laboreo simple a 30 cm), utilizado en otros sistemas de cultivo, es decir, el laboreo de agricultor (Anexo 5; Fotos 3.5).

b. *Ejecución del doble excavado*

Se realizó la técnica del doble excavado, diseñada para lograr el máximo desempeño, con el mínimo esfuerzo, bajo un procedimiento sencillo (Anexo 5; Fotos 3.6).

- Se trazó la cama y se dejaron estacas permanentes en las cuatro esquinas; previamente se humedeció el terreno para facilitar la excavación.
- Se inició excavando una zanja de 30 centímetros a lo ancho de la cama y de 30 centímetros de profundidad. El suelo extraído de la primera zanja se depositó en 6 cubetas de 50 gal.
- Seguidamente se aflojó el subsuelo de la zanja a 30 centímetros, sin removerlo.
- Se continuó con los siguientes 30 centímetros de la cama se excavó otra zanja, depositando el suelo para tapar la anterior.
- Se repitió los pasos anteriores hasta terminar la totalidad de la cama.
- Con un rastrillo se niveló la cama en forma paulatina durante la excavación.

c. Abonado del suelo

En las 36 camas preparadas, con los dos sistemas de intervención del suelo se incorporó tres niveles de composta, según el orden generado por la randomización.

d. Siembra

Para el experimento se utilizaron los cultivos de acelga y fréjol, ambas especies fueron iniciadas por siembra directa en las camas, separadas de acuerdo con el arreglo del tres bolillo (Anexo 5; Fotos 3.7). La distancia de siembra fue de 30 cm para el fréjol y 25 cm para la acelga.

3.3.2.3 Monitoreo del experimento

Establecido el experimento, con las tres repeticiones de doce camas cada una, se realizó el control biológico de plagas, la toma de datos de campo, la recolección de muestras de suelo y de macro invertebrados (Anexo 5; Fotos 3.1).

a. Deshierbes

El primer deshierbe se realizó a los 42 días a partir de la emergencia de las plántulas de frejol y acelga; posteriormente se repitió la labor conforme fueron creciendo las plantas.

b. Control fitosanitario

Se hizo control biológico con trampas amarillas para la captura de insectos, a los 42 días de haberse producido la emergencia, se realizaron aspersiones con extracto de guanto; al no haber resultado positivo para el fréjol, se perdió el cultivo y fue necesario establecerlo nuevamente y se hizo control biológico periódico con *Bacillus turingensis* para contrarrestar el ataque por larvas de lepidópteros y coleópteros (Anexo 5; Foto 3.8).

c. Riego

Se realizaron riegos por aspersión, a través de nueve aspersores ubicados de tal manera que cubran el área del experimento. Se realizó un riego diario con un tiempo promedio de 30 minutos utilizando un volumen promedio de 1324.56 litros de agua (Anexo 5; Foto 3.9).

3.3.3 Evaluación de rendimientos

Para la evaluación de rendimientos, se utilizó indicadores que determinaron la eficiencia de los niveles de composta y sistemas de labranza y permitieron conocer la influencia que tiene el método de agricultura biointensiva, como alternativa de manejo, para la conservación del suelo y la optimización del uso del agua.

3.3.3.1 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con Arreglo Trifactorial A x B x C con tres repeticiones, para las variables: materia orgánica, pH en el suelo, macronutrientes (nitrógeno, fosforo, potasio), micronutrientes

(zinc, hierro), densidad aparente y contenido de humedad y el Diseño Bloques Completos al Azar (DBCA) en la variable, altura de planta.

3.3.3.2 Factores en estudio

Los factores en estudio fueron: dos especies, Acelga (*Beta vulgaris*) y Fréjol (*Phaseolus vulgaris*); tres niveles de composta (*Sin composta, 2 Cubetas de 5 galones, 4 Cubetas de 5 galones*) y dos sistemas de intervención del suelo (*Doble excavado biointensivo, Labranza de agricultor o Laboreo Simple*).

3.3.3.3 Tratamientos y características del experimento

Cada uno de los tratamientos son resultado de la combinación de los factores en estudio, ocuparon una cama de cultivo, cada parcela tuvo una superficie de 10 m² (1.25 m de ancho x 8 m de largo), con una superficie de 219.3 m² por bloque, ocupando todo el experimento un total de 658.00 m² incluyendo caminos (Cuadro 3.2)

Cuadro 3.2 Descripción de los factores en estudio

FACTORES	DESCRIPCIÓN	NIVELES/ DESCRIPCIÓN		TRATAMIENTOS
A	Especies (E)	E1	Frejol	1 E ₁ C ₀ S ₁
		E2	Acelga	2 E ₁ C ₀ S ₂
B	Niveles de Composta (C)	C0	Sin compost	3 E ₁ C ₁ S ₁
		C1	2 Cubetas de 5 G.	4 E ₁ C ₁ S ₂
		C2	4 Cubetas de 5 G.	5 E ₁ C ₂ S ₁
C	Sistemas de intervención del suelo (S)	S1	Doble excavado (Biointensivo)	6 E ₁ C ₂ S ₂
		S2	Labranza de agricultor (laboreo simple)	7 E ₂ C ₀ S ₁
				8 E ₂ C ₀ S ₂
				9 E ₂ C ₁ S ₁
				10 E ₂ C ₁ S ₂
				11 E ₂ C ₂ S ₁
				12 E ₂ C ₂ S ₂

Para la distribución de los tratamientos sobre las camas preparadas, se realizó un sorteo al azar, donde cada una de las 36 camas tuvo la probabilidad de ser seleccionada.

3.3.3.4 Determinación de la muestra

Para la toma de datos se procedió a asignar un número a cada planta para luego sortear y determinar mediante las tablas de números aleatorios. Para contrarrestar el efecto de borde, se evaluaron los individuos centrales eliminando las plantas de la periferie, para la toma de datos en todas las variables.

3.3.3.5 Análisis estadístico

El análisis de varianza se realizó en todas las variables. Los modelos estadísticos se calificaron con el coeficiente de variación.

3.3.3.6 Análisis de varianza

Para el análisis de varianza se consideró aplicar DBCA (A x B x C) en las características del suelo y DBCA en la influencia del cultivo

I. Características del suelo DBCA (A x B x C)

Se aplicó Diseño de Bloques Completos al Azar en arreglo trifactorial A x B x C, para las variables: materia orgánica, pH en el suelo, nitrógeno, fosforo, potasio, zinc, hierro, densidad aparente y contenido de humedad.

Cuadro 3.3 Esquema del ADEVA (DBCA con arreglo trifactorial A x B x C)

F de V	gl
Total	35
Especies (E)	1
Composta (C)	2
Labranza (S)	1
E x C	2
E x S	1
C x S	2
E x C x S	2
Error Experimental	24

CV : Coeficiente de variación
PROMEDIO

II. Influencia del cultivo DBCA

Diseño de Bloques Completos al Azar para la variable altura de la planta.

Cuadro 3.4 Esquema del ADEVA (DBCA)

F de V	gl
Total	17
Repeticiones	2
Tratamientos	5
Error	
Experimental	10

CV : Coeficiente de variación
PROMEDIO

3.3.3.7 Prueba de significación

Cuando se detectaron diferencias entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey al 5%.

3.3.3.8 Procedimiento y toma de datos para cada una de las variables

Los datos fueron recolectados durante el desarrollo del experimento y el trabajo de campo así como la recolección de insectos, toma de muestras de suelo para su posterior análisis en el laboratorio y la toma de las alturas de las plantas (Anexo 5; Fotos 3.1).

a. Contenido de materia orgánica

Para conocer la variación del contenido de materia orgánica en el suelo se realizaron pruebas de laboratorio, antes y después de la aplicación de los tratamientos niveles de composta y sistemas de labranza.

b. Determinación del pH del suelo

Partiendo de las mismas muestras de suelo tomadas para análisis materia orgánica del suelo, se analizó en laboratorio el nivel de pH antes de la fase experimental y después de la fase experimental.

c. Macro y micronutrientes

Para conocer la variación de macro y micronutrientes en el suelo se realizó el análisis de laboratorio antes y después de la fase experimental, se analizaron los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, zinc, hierro siendo los que mayor repercusión tuvieron.

d. Densidad aparente

Para conocer la relación que existe entre la masa del sólido y el volumen total ocupado por el sólido y por el espacio poroso, se determinó según la metodología de (Soto *et al*, 2004) que se basa en pesar una muestra a 105°C y el volumen total se deduce del cilindro utilizado para la toma de muestras.

e. Contenido de humedad

Para determinar la humedad del suelo se pesó las muestras de suelo húmedo y se lo sometió al calor a 105 °C para luego volver a pesarlas y obtener el porcentaje de humedad antes y después de probar los tratamientos (Soto, *et al*. 2004).

f. Altura de la planta

Se procedió a medir la altura que alcanzaron las plantas en centímetros a los 60 días de la siembra desde la base del tallo hasta el ápice. Los datos se expresaron en centímetros.

h. Características biológicas del suelo

Para el muestreo de insectos en la superficie del suelo se utilizó la técnica de caída o Pitfall, (Andrews y Caballero 1989). Posteriormente se realizó el conteo de las poblaciones de macro invertebrados presentes en 1 m² de suelo, antes y después de probar los tratamientos (Anexo 5; Fotos 3.1).

3.3.4 Análisis beneficio/costo del método de agricultura biointensiva

Para conocer la rentabilidad y rendimiento se ejecutó una comparación expresada en kg/m² de la producción entre el método de agricultura biointensiva y el método de agricultura convencional. Se tomó en cuenta los costos de producción y las actividades desarrolladas durante el proceso de mantenimiento del cultivo.

3.3.5 Socialización de los resultados

El proceso de socialización a los pobladores de la comunidad se realizó desde el inicio del experimento hasta su conclusión, a través de charlas, talleres y experiencias sobre agricultura orgánica.