

T  
519.5  
CRD  
C.2  
D-36419



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Instituto de Ciencias Matemáticas**

“Aplicación de métodos estadísticos multivariados en el estudio de calidad de enmiendas orgánicas sólidas y líquidas preparadas en las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro”.

### **TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

Presentada por:

**Pamela Vanessa Crow Santos**

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2006

---

## AGRADECIMIENTO

A DIOS, pues sin Él no hubiese podido afrontar este reto. A mis padres que con su apoyo y amor, han sabido inculcarme a buscar ser mejor cada día. A mis hermanas por motivarme siempre a luchar por mis sueños. También agradezco a mi director y amigo el Ing. Omar Ruiz y a la Ing, Maria Isabel Jiménez quienes me han brindado tiempo, ayuda, apoyo y comprensión en forma incondicional durante todo este tiempo. A mis amigos con quienes compartí no solo horas de clases sino también momentos de diversión y compañerismo, finalmente agradezco a todo el personal del CIBE quienes siempre me han hecho sentir como parte de ellos. A todos ellos muchas gracias.

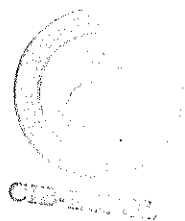


CIB



D-36419

## DEDICATORIA



A DIOS,  
Elsa Santos Piilozo,  
Nelson Crow Sánchez.

---

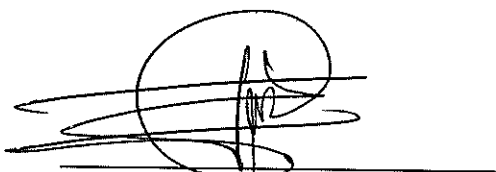
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



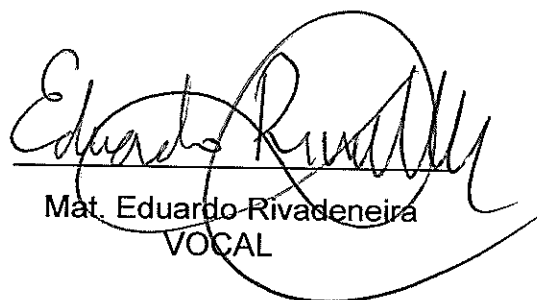
Ing. Robert Toledo.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Omar Ruiz.  
DIRECTOR DE TESIS



Mat. Jorge Medina  
VOCAL

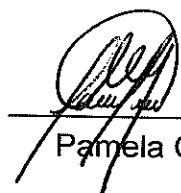


Mat. Eduardo Rivadeneira  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



---

Pamela Crow Santos

## RESUMEN

El fin de la presente tesis, fue desarrollar un estudio referencial de las técnicas estadísticas, posibles de utilizar para la valoración de la calidad de productos orgánicos sólidos o líquidos elaborados en fincas bananeras del Litoral Ecuatoriano.

Los datos utilizados corresponden a índices químicos, físicos y microbiológicos, de las enmiendas orgánicas tanto sólidas como líquidas. Estos elementos naturales fueron evaluados estadísticamente para luego determinar cual o cuales de ellos están influenciando en la calidad del producto final obtenido. Para evaluar la calidad de las enmiendas orgánicas, se tomo como referencia rangos internacionales. Las muestras para este estudio fueron recolectadas en diferentes haciendas ubicadas en las provincias de: Los Ríos, El Oro y Guayas.

El primer capítulo muestra una clara explicación de lo que es la agricultura orgánica y su sostenibilidad; la importancia y fertilidad del suelo; la deficiencia de nutrientes, especialmente en el cultivo del banano; así como la importancia de la materia orgánica en la agricultura. Asimismo se puntualiza en la importancia de las enmiendas orgánicas, su tipo, clasificación y sus beneficios como nutriente del suelo. Finalmente, la calidad del suelo y sus indicadores especialmente en el caso particular del cultivo del banano

---

El segundo capítulo detalla, la estadística descriptiva y los métodos estadísticos multivariados que se utilizaron en este estudio. Dentro de los métodos estadísticos multivariados descritos están: (1) el análisis de componentes principales, (2) el análisis de clusters y como último método se tiene (3) el análisis discriminante.

El capítulo tres, da una explicación de la población objetivo y cómo fueron los datos levantados por parte del CIBE. Luego, describe los diferentes tipos, tratamientos de enmiendas orgánicas (sólidas y líquidas) y las variables (químicas, físicas y microbiológicas) que intervienen dentro de la investigación.

El capítulo cuatro contiene el desarrollo del análisis estadístico, el cual se divide en análisis univariado, bivariado y multivariado. Finalmente en el capítulo cinco se estableció las conclusiones y recomendaciones.

---

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	XI
SIMBOLOGÍA.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL CULTIVO DEL BANANO.....	2
1.1. Generalidades .....	3
1.2. Agricultura Orgánica .....	4
1.2.1. Que es la agricultura orgánica.....	5
1.2.2. Los planteamientos de la agricultura orgánica.....	6
1.2.3. Sostenibilidad de la agricultura orgánica.....	7
1.3. Importancia del suelo.....	9
1.3.1. Fertilidad del suelo.....	9
1.4. Nutrientes del suelo.....	10
1.4.1. Problemas de nutrientes del suelo.....	10
1.4.2. Deficiencia de nutrientes en el cultivo del banano.....	11

---



1.4.3. Deficiencia de micronutrientes.....	12
1.5. Materia orgánica.....	13
1.5.1. Beneficios del uso de la materia orgánica.....	15
1.5.2. Suelos con poca vida y poca materia orgánica.....	16
1.6. Requerimiento de nutrientes minerales en el cultivo del banano...	17
1.7. Abonos orgánicos.....	17
1.7.1. Tipos de abonos orgánicos.....	18
1.7.2. Usos y beneficios.....	19
1.8. Enmiendas orgánicas.....	20
1.8.1. Enmiendas orgánicas sólidas.....	20
1.8.1.1. Compost.....	20
1.8.1.2. Bocashi.....	21
1.8.1.3. Lombricultura.....	21
1.8.1.4. Enmiendas orgánicas líquidas.....	22
1.8.1.5. El té orgánico y sus tipos de sistemas de extracción....	22
1.8.1.6. Sistema pasivos.....	24
1.8.1.7. Sistemas activos.....	24
1.9. Calidad del suelo.....	25
1.9.1. Condiciones que deben cumplir los indicadores de calidad del suelo.....	27
1.9.1.1. Indicadores físicos.....	28
1.9.1.2. Indicadores químicos.....	29

---

1.9.1.3. Indicadores biológicos.....	29
1.9.2. Calidad y salud del suelo a través del uso de indicadores en el cultivo del banano.....	32
1.9.3. Caracterización química, física y microbiológica de las enmiendas orgánicas sólidas y líquidas.....	33

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LOS MÉTODOS

ESTADÍSTICOS.....	36
2.1. Estadística descriptiva.....	37
2.2. Estadística Multivariada.....	39
2.2.1. Introducción.....	39
2.2.2. Matriz de datos multivariados.....	40
2.3. Análisis de componentes principales.....	41
2.3.1. Características y Objetivos.....	42
2.3.2. Matriz de varianza - covarianza.....	43
2.3.3. Autovalores y autovectores de la matriz de varianza - covarianza.....	43
2.3.4. Proporción de la varianza poblacional total.....	44
2.3.5. Obtención de las componentes principales.....	44
2.4. Análisis de conglomerado.....	45
2.4.1. Objetivo del análisis de conglomerado.....	45
2.4.2. Medidas de semejanza.....	46
2.4.3. Distancias.....	46
2.4.4. Algoritmo de agrupamiento.....	48

---

2.4.4.1.	Técnicas de agrupamiento jerárquico.....	49
2.4.4.1.1.	Encadenamiento simple.....	51
2.4.4.1.2.	Encadenamiento completo.....	52
2.4.4.1.3.	Encadenamiento promedio.....	53
2.4.4.1.4.	Otros procedimientos de agrupamiento jerárquicos.....	53
2.4.4.2.	Procedimientos no - jerárquicos .....	53
2.4.4.2.1.	K- jeans.....	54
2.5.	Análisis discriminante.....	54
2.5.1.	Obtención de las funciones discriminantes.....	55
2.5.2.	Análisis discriminante de Fisher.....	57
2.5.3.	Análisis discriminante canónico.....	58
CAPITULO III		
3.	METODOLOGÍA Y DESCRIPCION DE LAS VARIABLES.....	60
3.1.	Antecedente.....	61
3.2.	Población objetivo.....	62
3.3.	Descripción de variables.....	63
3.3.1.	Enmienda orgánica sólida.....	63
3.3.1.1.	Parámetros de control y afectación del proceso.....	65
3.3.2.	Enmiendas orgánicas líquidas.....	68
CAPÍTULO IV		
4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	71

---

4.1. Análisis Univariado.....	72
4.1.1. Enmienda orgánica sólida: compost.....	73
4.1.1.1. Macronutrientes.....	73
4.1.1.2. Micronutrientes.....	78
4.1.1.3. Otros químicos.....	84
4.1.1.4. Físicos.....	89
4.1.1.5. Microbiológicos.....	92
4.1.2. Enmiendas orgánicas sólidas: bocashi.....	98
4.1.2.1. Macronutrientes.....	99
4.1.2.2. Micronutrientes.....	104
4.1.2.3. Otros químicos.....	109
4.1.2.4. Físicos.....	114
4.1.2.5. Microbiológicos.....	117
4.1.3. Enmiendas orgánicas líquidas : locales.....	123
4.1.3.1. Macronutrientes.....	123
4.1.3.2. Micronutrientes.....	129
4.1.3.3. Otros químicos.....	132
4.1.3.4. Físicos.....	136
4.1.3.5. Microbiológicos.....	139
4.1.4. Enmiendas orgánicas líquidas: eficientes.....	143
4.1.4.1. Macronutrientes.....	144
4.1.4.2. Micronutrientes.....	149

---

4.1.4.3.	Otros químicos.....	152
4.1.4.4.	Físicos.....	156
4.1.4.5.	Microbiológicos.....	159
4.2.	Análisis Bivariado.....	164
4.2.1.	Análisis de Correlación.....	164
4.2.1.1.	Enmiendas orgánicas sólidas.....	164
4.2.1.2.	Enmiendas orgánicas líquidas.....	167
4.3.	Análisis Multivariado.....	169
4.3.1.	Análisis de componentes principales.....	169
4.3.1.1.	Enmiendas orgánicas sólidas.....	170
4.3.1.2.	Enmiendas orgánicas líquidas.....	170
4.3.1.2.1.	Ubicación - fuente de microorganismos.....	170
4.3.1.2.2.	Ubicación - meses de preparación.....	176
4.3.1.3.	Representación gráfica utilizando componentes principales.....	187
4.3.2.	Análisis de Conglomerados.....	194
4.3.2.1.	Enmienda orgánica sólida.....	195
4.3.2.1.1.	Ubicación - tipo de enmienda orgánica sólida.....	195
4.3.2.2.	Enmienda orgánica líquida.....	208
4.3.2.2.1.	Ubicación - fuente de microorganismos.....	208
4.3.2.2.2.	Ubicación - meses de preparación.....	218

---

4.3.2.2.3. Ubicación - microorganismos - meses de preparación.....	231
4.3.3. Análisis Discriminante.....	241
4.3.3.1. Enmiendas orgánicas sólidas.....	245
4.3.3.1.1. Fuente de materia orgánica.....	245
4.3.3.1.2. Enmienda orgánica líquida.....	248
4.3.3.1.3. Microorganismos.....	248
4.3.3.1.4. Meses de preparación.....	251
4.3.3.1.5. Ubicación por provincias.....	261

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

#### 5.2. Recomendaciones

## BIBLIOGRAFIA

## ANEXOS

---

## ABREVIATURAS

k	Potasio
P	Fósforo
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
N	Nitrógeno
Zn	Zinc
Cu	Cobre
Mn	Manganeso
B	Boro
Si	Silicio
Fe	Hierro
C	Carbono
pH	Nivel de hidrogeno
K-S	Kolmogorov Smirnov
ppm	Partes por millón
UFC/g	Unidades formadoras de colonias por gramos
UFC/ml	Unidades formadoras de colonias por mililitros
g/ml	Gramos por mililitros
Q1	Cuartil 1
Q2	Cuartil 2
Q3	Cuartil 3

---

## SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
%	Porcentaje
X	Variable independiente
Y	Variable dependiente
n	Número de observaciones
$Y_i$	Observación dependiente i-ésima
$X_i$	Observación independiente i-ésima
$H_0$	Hipótesis nula
$H_1$	Hipótesis Alternativa

---

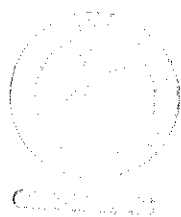


## ÍNDICE DE GRÁFICOS

			Pag.
		Compost - análisis químico:	
Gráfico	4. 1	macronutrientes	75
Gráfico	4. 2	Compost - análisis químico: micronutrientes	81
Gráfico	4. 3	Compost - variables químicos	86
Gráfico	4. 4	Compost - variables físicos	90
Gráfico	4. 5	Compost - variables microbiológicas	94
Gráfico	4. 6	Bocashi - análisis químico: macronutrientes	101
Gráfico	4. 7	Bocashi - análisis químico: micronutrientes	106
Gráfico	4. 8	Bocashi - variables químicos	111
Gráfico	4. 9	Bocashi - variables físicos	115
Gráfico	4. 10	Bocashi - variables microbiológicos	120
Gráfico	4. 11	Locales - análisis químico: macronutrientes	126
Gráfico	4. 12	Locales - análisis químico: micronutrientes	130
Gráfico	4. 13	Locales - indicadores químicas	134
Gráfico	4. 14	Locales - indicadores físicas	137
Gráfico	4. 15	Locales - indicadores microbiológicas	141
		Eficientes - análisis químico:	
Gráfico	4. 16	macronutrientes	146
		Eficientes - análisis químico:	
Gráfico	4. 17	micronutrientes	150
Gráfico	4. 18	Eficientes - variables químicas	154
Gráfico	4. 19	Eficientes - variables físicas	157
Gráfico	4. 20	Eficientes - variables microbiológicas	161
		Gráfico de sedimentación: ubicación -	
		fuelle de microorganismos (químicos y	
Gráfico	4. 21	físicos)	174
		Gráfico de sedimentación: ubicación -	
Gráfico	4. 22	meses de preparación (nutrientes)	178
		Gráfico de sedimentación: ubicación -	
Gráfico	4. 23	meses de preparación (micronutrientes)	182
		Gráfico de sedimentación: ubicación -	
Gráfico	4. 24	meses de preparación (químicos y físicos)	185
Gráfico	4. 25	Biplot: ubicación - fuente de	189

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 2. 1 Diagrama de caja	38
Figura 2. 2 Organización de datos multivariados	40
Figura 2. 3 Dendograma construido por un procedimiento jerárquico aglomerativo de clasificación	50



		microorganismos (químicos y físicos)	
Gráfico	4. 26	Biplot: ubicación - meses de preparación (nutrientes)	191
Gráfico	4. 27	Biplot: ubicación - meses de preparación (químicos y físicos)	193
Gráfico	4. 28	Dendograma: ubicación - tipo de E.O.S (nutrientes)	196
Gráfico	4. 29	Dendograma: ubicación - tipo de E.O.S (macronutrientes)	199
Gráfico	4. 30	Dendograma: ubicación - tipo de E.O.S (micronutrientes)	201
Gráfico	4. 31	Dendograma: ubicación - tipo de E.O.S (químicos)	203
Gráfico	4. 32	Dendograma: ubicación - tipo de E.O.S (físicos)	205
Gráfico	4. 33	Dendograma: ubicación - tipo de E.O.S (microbiológicos)	207
Gráfico	4. 34	Dendograma: ubicación - fuente de microorganismos (nutrientes)	209
Gráfico	4. 35	Dendograma: ubicación - fuente de microorganismos (macronutrientes)	212
Gráfico	4. 36	Dendograma: ubicación - fuente de microorganismos (micronutrientes)	214
Gráfico	4. 37	Dendograma: ubicación - fuente de microorganismos (químicos y físicos)	216
Gráfico	4. 38	Dendograma: ubicación - fuente de microorganismos (microbiológicos)	218
Gráfico	4. 39	Dendograma: ubicación - meses de preparación (nutrientes)	220
Gráfico	4. 40	Dendograma: ubicación - meses de preparación (macronutrientes)	223
Gráfico	4. 41	Dendograma: ubicación - meses de preparación (micronutrientes)	225
Gráfico	4. 42	Dendograma: ubicación - meses de preparación (químicos y físicos)	228
Gráfico	4. 43	Dendograma: ubicación - meses de preparación (microbiológico)	230
Gráfico	4. 44	Dendograma: ubicación - microorganismos - meses de preparación (nutrientes)	232
Gráfico	4. 45	Dendograma: ubicación - microorganismos - meses de preparación (macronutrientes)	234
Gráfico	4. 46	Dendograma: ubicación - microorganismos - meses de preparación (micronutrientes)	236
Gráfico	4. 47	Dendograma: ubicación - microorganismos	238

		- meses de preparación (químicos y físicos)	
Gráfico	4. 48	Dendograma: ubicación - microorganismos - meses de preparación (microbiológicos)	240
Gráfico	4. 49	Gráfico de dispersión de las funciones canónicas: meses de preparación	255
Gráfico	4. 50	Simulación de la función canónica: meses de preparación	260
Gráfico	4. 51	Gráfico de dispersión de las funciones canónicas: ubicación por provincias	264
Gráfico	4. 52	Simulación de la función canónica: ubicación por provincias	269

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.	
TABLA 1. 1	Diferentes tipos de abonos orgánicos	18
TABLA 1. 2	Rango de macronutrientes en diferentes fuentes de materia orgánica	20
TABLA 1. 3	Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos propuestos	30
TABLA 1. 4	Estándares internacionales de calidad de E.O.S.	34
TABLA 1. 5	Estándares internacionales de calidad de E.O.L.	35
TABLA 3. 1	Enmienda orgánica sólida: metodología	64
TABLA 3. 2	Enmienda orgánica líquida: metodología	70
TABLA 4. 1	Codificación de variables: compost (E.O.S)	73
TABLA 4. 2	Compost - resumen univariado de los macronutrientes	74
TABLA 4. 3	Compost - prueba K-S para los macronutrientes	78
TABLA 4. 4	Compost - resumen univariado de los micronutrientes	79
TABLA 4. 5	Compost - prueba K-S para los micronutrientes	83
TABLA 4. 6	Compost - resumen univariado de las variables químicas	84
TABLA 4. 7	Compost - prueba K-S para las variables químicas	88
TABLA 4. 8	Compost - resumen univariado de las variables físicas	89
TABLA 4. 9	Compost - prueba K-S para las variables físicas	92
TABLA 4. 10	Compost - resumen univariado de las variables microbiológicas	93
TABLA 4. 11	Compost - prueba K-S para las variables microbiológicas	97
TABLA 4. 12	Codificación de variables: bocashi (E.O.S)	98
TABLA 4. 13	Bocashi - resumen univariado de los macronutrientes	99

TABLA 4. 14	Bocashi - prueba K-S para los macronutrientes	103
TABLA 4. 15	Bocashi - resumen univariado de los micronutrientes	104
TABLA 4. 16	Bocashi - prueba K-S para los micronutrientes	108
TABLA 4. 17	Bocashi - resumen univariado de las variables químicas	109
TABLA 4. 18	Bocashi - prueba K-S para las variables químicas	113
TABLA 4. 19	Bocashi - resumen univariado de las variables físicas	114
TABLA 4. 20	Bocashi - prueba K-S para las variables físicas	117
TABLA 4. 21	Bocashi - resumen univariado de las variables microbiológicas	118
TABLA 4. 22	Bocashi - prueba K-S para las variables microbiológicas	122
TABLA 4. 23	Codificación de variables: Locales (E.O.L)	123
TABLA 4. 24	Locales - resumen univariado de los macronutrientes	124
TABLA 4. 25	Locales - prueba K-S para los macronutrientes	128
TABLA 4. 26	Locales - resumen univariado de los micronutrientes	129
TABLA 4. 27	Locales - prueba K-S para los micronutrientes	132
TABLA 4. 28	Locales - resumen univariado de las variables químicas	133
TABLA 4. 29	Local - prueba K-S para las variables químicas	136
TABLA 4. 30	Locales - resumen univariado de las variables físicas	136
TABLA 4. 31	Locales - prueba K-S para las variables físicas	139
TABLA 4. 32	Locales - resumen univariado de las variables microbiológicas	139
TABLA 4. 33	Locales - prueba K-S para las variables microbiológicas	142
TABLA 4. 34	Codificación de variables: Eficientes (E.O.L)	143
TABLA 4. 35	Eficientes - resumen univariado de los macronutrientes	144
TABLA 4. 36	Eficientes - prueba K-S para los macronutrientes	148
TABLA 4. 37	Eficientes - resumen univariado de los micronutrientes	149
TABLA 4. 38	Eficientes - prueba K-S para los micronutrientes	152
TABLA 4. 39	Eficientes - resumen univariado de las	153

- TABLA 4. 85 Lambda de Wilks: microorganismos  
Prueba de igualdad de la media de los grupos:
- TABLA 4. 86 meses de preparación
- TABLA 4. 87 Lambda de Wilks: meses de preparación  
Coeficiente de la función discriminante
- TABLA 4. 88 canónica: meses de preparación  
Valores propuestos para la simulación para los
- TABLA 4. 89 tres diferentes meses de preparación  
Coordenadas de las simulaciones: meses de
- TABLA 4. 90 preparación  
Prueba de igualdad de la media de los grupos:
- TABLA 4. 91 ubicación de las provincias
- TABLA 4. 92 Valores propios: ubicación de las provincias
- TABLA 4. 93 Lambda de Wilks: ubicación de las provincias  
Coeficiente de la función discriminante
- TABLA 4. 94 canónica: ubicación de las provincias  
Valores propuestos para la simulación para los
- TABLA 4. 95 tres diferentes provincias  
Coordenadas de las simulaciones: ubicación
- TABLA 4. 96 de las provincias  
Matriz de estructura: ubicación de las
- TABLA 4. 97 provincias  
Comparación de medias entre los grupos
- TABLA 4. 98 Guayas y El Oro: ubicación de las provincias
-

TABLA 4. 62	Coeficientes del ACP: ubicación - meses de preparación (químicos y físicos)	186
TABLA 4. 63	Prueba de Bartlett:: ubicación - meses de preparación (microbiológicos)	187
TABLA 4. 64	Matriz de proximidades: ubicación - tipo E.O.S. (nutrientes)	195
TABLA 4. 65	Matriz de proximidades: ubicación - tipo E.O.S. (macronutrientes)	198
TABLA 4. 66	Matriz de proximidades: ubicación - tipo E.O.S. (micronutrientes)	200
TABLA 4. 67	Matriz de proximidades: ubicación - tipo E.O.S. (químicos)	202
TABLA 4. 68	Matriz de proximidades: ubicación - tipo E.O.S. (físicos)	204
TABLA 4. 69	Matriz de proximidades: ubicación - tipo E.O.S. (microbiológicos)	206
TABLA 4. 70	Matriz de proximidades: ubicación - fuente de microorganismos (nutrientes)	208
TABLA 4. 71	Matriz de proximidades: ubicación - fuente de microorganismos (macronutrientes)	211
TABLA 4. 72	Matriz de proximidades: ubicación - fuente de microorganismos (micronutrientes)	213
TABLA 4. 73	Matriz de proximidades: ubicación - fuente de microorganismos (químicos y físicos)	215
TABLA 4. 74	Matriz de proximidades: ubicación - fuente de microorganismos (microbiológicos)	217
TABLA 4. 75	Matriz de proximidades: ubicación - meses de preparación (nutrientes)	220
TABLA 4. 76	Matriz de proximidades: ubicación - meses de preparación (macronutrientes)	222
TABLA 4. 77	Matriz de proximidades: ubicación - meses de preparación (micronutrientes)	224
TABLA 4. 78	Matriz de proximidades: ubicación - meses de preparación (químicos y físicos)	227
TABLA 4. 79	Matriz de proximidades: ubicación - meses de preparación (microbiológico)	229
TABLA 4. 80	Prueba de igualdad de la media de los grupos: fuente de materia orgánica	246
TABLA 4. 81	Valores propios: fuente de materia orgánica	
TABLA 4. 82	Lambda de Wilks: fuente de materia orgánica	
TABLA 4. 83	Prueba de igualdad de la media de los grupos: microorganismos	
TABLA 4. 84	Valores propios: microorganismos	

---



	variables químicas	
TABLA 4. 40	Eficientes - prueba K-S para las variables químicas	155
TABLA 4. 41	Eficientes - resumen univariado de las variables físicas	156
TABLA 4. 42	Eficientes - prueba K-S para las variables físicas	159
TABLA 4. 43	Eficientes - resumen univariado de las variables microbiológicas	159
TABLA 4. 44	Eficientes - prueba K-S para las variables microbiológicas	163
TABLA 4. 45	Enmiendas orgánicas sólidas	165
TABLA 4. 46	Enmiendas orgánicas líquidas	167
TABLA 4. 47	Prueba de Bartlett: ubicación - fuente de microorganismos (macronutrientes)	171
TABLA 4. 48	Prueba de Bartlett: ubicación - fuente de microorganismos (micronutrientes)	172
TABLA 4. 49	Prueba de Bartlett: ubicación - fuente de microorganismos (químicos y físicos)	173
TABLA 4. 50	Varianza explicada del ACP: ubicación - fuente de microorganismos (químicos y físicos)	173
TABLA 4. 51	Coefficientes del ACP: ubicación - fuente de microorganismos (químicos y físicos)	175
TABLA 4. 52	Prueba de Bartlett: ubicación - fuente de microorganismos (microbiológicos)	176
TABLA 4. 53	Prueba de Bartlett: ubicación - meses de preparación (nutrientes)	176
TABLA 4. 54	Varianza explicada del ACP: ubicación - meses de preparación (nutrientes)	177
TABLA 4. 55	Coefficientes del ACP: ubicación - meses de preparación (nutrientes)	179
TABLA 4. 56	Prueba de Bartlett: ubicación - meses de preparación (macronutrientes)	180
TABLA 4. 57	Prueba de Bartlett: ubicación - meses de preparación (micronutrientes)	181
TABLA 4. 58	Varianza explicada del ACP: ubicación - meses de preparación (micronutrientes)	181
TABLA 4. 59	Coefficientes del ACP: ubicación - meses de preparación (micronutrientes)	183
TABLA 4. 60	Prueba de Bartlett: ubicación - meses de preparación (químicos y físicos)	184
TABLA 4. 61	Varianza explicada del ACP: ubicación - meses de preparación (químicos y físicos)	184

---

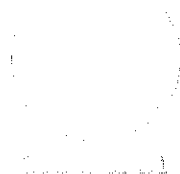
## INTRODUCCIÓN

Debido al uso constante, los suelos de las haciendas con actividad agrícola van perdiendo nutrientes. Con la aplicación de las enmiendas orgánicas se trata de recuperar dichos nutrientes para mejorar los suelos.

Por otro lado existen algunas provincias del país en donde las haciendas bananeras orgánicas y convencionales están produciendo y realizando aplicaciones de compuestos naturales denominados “enmiendas orgánicas”.

Existen varios elementos utilizados para la composición de las enmiendas. Estas enmiendas orgánicas, ya sean sólidas o líquidas que son elaboradas y utilizadas en diferentes provincias fueron evaluadas de manera química, física y microbiológica, para determinar la calidad del producto final obtenido.

El uso de la estadística multivariada en los resultados químicos, físicos y microbiológicos obtenidos de las enmiendas orgánicas utilizadas en las diferentes provincias, dará al CIBE una referencia de cual de esos elementos o grupos de elementos, son los que se encuentran en las enmiendas orgánicas que adquieren o preparan los bananeros. Y si estos están aportando a la mejora de la calidad del suelo para los cultivos.



# **CAPITULO I**

## **1. ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL CULTIVO DEL BANANO**

### **Introducción**

En el presente capítulo se explica lo referente a: que es la agricultura orgánica y su sostenibilidad; la importancia y fertilidad del suelo; la deficiencia de nutrientes, especialmente en el cultivo del banano; que es la materia orgánica y el uso que se le da en la agricultura. Asimismo se detalla lo que son las enmiendas orgánicas, su tipo, clasificación y sus beneficios como nutriente del suelo. Finalmente se tratará también acerca de la calidad del suelo y sus indicadores especialmente en el caso particular del cultivo del banano.

## **1.1. Generalidades**

El fundamento de la producción agrícola radica principalmente en el suelo, por lo que un manejo adecuado de esta plataforma debe incluir prácticas de principios edafológicos que deben desarrollarse en relación a la naturaleza y propiedades de este componente primario.

La producción de banano, no es la excepción, y esta fuertemente correlacionada con el estatus nutricional del suelo debido a que grandes cantidades de nutrientes son requeridas para la producción del fruto. Por otro lado, el monocultivo e incremento de los rendimientos por unidad de producción se ha basado en el uso de grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas.

Prácticas agrícolas, que sin ser negativas, con el aumento de los años, causan modificación en la estructura del suelo, deterioro de la capa vegetal, reducción de la microfauna entre otros, merecen la atención de cada uno de los aspectos que ayudarían a contrarrestar su efecto, siendo uno de los mas importantes la salud del suelo. En este objetivo, es importante dirigir la atención a actividades que permitan recuperar o mantener apropiadamente los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados en la sostenibilidad de la producción bananera.

Una de estas actividades es la adición de enmiendas o mejoradores de suelo, los cuales por su origen y proceso pueden ofrecer productos muy

variables, lo que fundamenta todo tipo de investigación dirigida a mejorar su desarrollo.

## **1.2. Agricultura Orgánica**

El uso indiscriminado de agroquímicos en la agricultura, especialmente de los plaguicidas, cuya acción es cada vez más cuestionada por la resistencia que presentan las plagas ha recibido en estos últimos años serios cuestionamientos, en vista de que la acción de estos productos ha causado graves trastornos al medio ambiente y a la salud de los seres humanos. Varias investigaciones han dado alerta sobre este peligro. Esto ha hecho que en la actualidad aumente la importancia de la Agricultura Orgánica.

En Ecuador no existen mecanismos que permitan tener un control adecuado al uso de agroquímicos en la agricultura, motivo por el cual se han denunciado evidentes deterioros del medio ambiente. Este hecho ha determinado que muchos productores vegetales no tradicionales hayan sido rechazados en los mercados internacionales, con pérdidas de millones de dólares.

### **1.2.1. Que es la Agricultura Orgánica**

La agricultura Orgánica, se define como una visión sistemática de la producción agrícola que usa como guía los procesos biológicos de los ecosistemas naturales. (Suquilanda Manuel B.,1996).

De acuerdo a la definición propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la agricultura orgánica es un sistema global de gestión de la producción que fomenta y realza la salud de los agro ecosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. (Comisión del Codex Alimentarius, 2004)

La agricultura orgánica también puede definirse como la agricultura apropiada a las particularidades de los ecosistemas en los que se desarrolla y con los cuales guarda relaciones armoniosas. (Grupo Latino Ltda., 2004).

Sintetizando los diferentes conceptos hasta aquí enunciadas, se puede decir que la Agricultura Orgánica, es una forma por la que el hombre puede practicar la agricultura acercándose en lo posible a los procesos que se desencadenan de manera espontánea en la Naturaleza. Este acercamiento presupone el uso adecuado de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos, sin alterar su armonía.

### **1.2.2. Los Planteamientos de la Agricultura Orgánica**

La Agricultura Orgánica, aparece como una propuesta alternativa a la Agricultura Convencional:

Mientras que la Agricultura Convencional, propone alimentar a las plantas mediante el suministro de fertilizantes y compuestos hormonales sintéticos que aplicados al suelo van a ser absorbido inmediatamente para nutrir el organismo de los vegetales y de igual manera plantea el control de los insectos y nematodos plagas, las enfermedades, las malezas y otras pestes, mediante el uso de agrotóxicos (insecticidas, fungicidas, herbicidas, raticidas, rodenticidas).

La Agricultura Orgánica, por su parte, propone alimentar los microorganismos del suelo, para que estos a su vez de manera indirecta alimenten a las plantas. Esta alimentación se hará mediante la adición del suelo de desechos vegetales reciclados, abonos verdes con énfasis en las leguminosas inoculadas con bacterias fijadoras de nitrógeno, estiércol de animales, desechos orgánicos urbanos compostados, conjuntamente con polvo de rocas minerales, etc.

Por otra parte la agricultura Orgánica propone tanto para el mantenimiento de la vida del suelo, como para el manejo de plagas y enfermedades: la conservación del principio de la biodiversidad a través de la implementación

de agroecosistemas altamente diversificados, el uso de plantas compañeras y/o repelentes, la asociación y rotación de cultivos, el uso de insectos benéficos (predadores y parasitoides), nematodos, entomopatógenos (hongos virus, bacterias, rickettsias), hongos antagonistas, insecticidas y fungicidas de origen botánico, permitiendo la utilización de algunos elementos químicos puros como: azufre, cobre, cal y oligoelementos, de manera que ello contribuya a conservar el equilibrio ecológico, manteniendo la actividad biológica del suelo, fortaleciendo los tejidos de las plantas para que soporten los ataques de los insectos plagas para que se mantengan en niveles que no hagan daño a los cultivos.

En resumen, el planeamiento de la Agricultura Orgánica se propone observar las leyes que regulan la estructura y el funcionamiento de la naturaleza y no en contra de ella. (Suquilanda Manuel B., 1996).

### **1.2.3. Sostenibilidad de la Agricultura Orgánica**

En las últimas décadas del presente siglo, el uso irracional de los recursos renovables naturales ha provocado alteraciones graves a los ecosistemas, poniendo en peligro la sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria y forestal y como es lógico la seguridad alimentaria de las naciones.



Estas condiciones unidas a la presión sobre la tierra y el crecimiento demográfico han favorecido la expansión de la frontera agrícola a ambientes frágiles ecológicamente. Las prácticas intensivas de producción involucran el uso de grandes cantidades de insumo (laboreo, agroquímicos, fertilizantes, entre otros) y han impactado negativamente sobre la sanidad y conservación de sistema agrícola y del medio ambiente.

El abuso del uso de estas prácticas ha traído como consecuencia la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con agroquímicos, fertilizantes y sedimentos, reducción en los niveles productivos de los sistemas agrícolas asociados al aumento en la magnitud de la degradación de los recursos, especialmente la erosión y la pérdida de nutrientes por lixiviación ; han aumentado los requerimientos de laboreo y han propiciado la destrucción de hábitats naturales, eliminando la “estructura biológica” del sistema y en consecuencia las posibilidades de control natural de organismos dañinos al cultivo.

La “Agricultura sostenible” entendida como la generación de agricultura “estable” es un término genérico que supone tanto una filosofía, valores y concepción del mundo en la relación sociedad-naturaleza, como de prácticas y sistemas agrícolas. Visto de una manera holística, la sostenibilidad abarca aspectos ecológicos, económicos y culturales en cuyo examen se deben emplear las herramientas conceptuales y los aportes derivados de la

investigación en las ciencias agronómicas y sociales. (Suquilanda Manuel B.,1996).

### **1.3. Importancia del Suelo**

El suelo es un recurso natural renovable de importancia básica para la vida sobre la tierra. Es la fuente de vida para las plantas, los animales y la especie humana. (Grupo Latino LTDA, 2004)

#### **1.3.1. Fertilidad del Suelo**

La fertilidad del suelo esta representada por la cantidad adecuada de nutrientes, agua y aire que este es capaz de suministrar a las plantas para permitirles crecer y producir bien. De la vida que hay en el suelo, de los miles de seres vivos que en el habitan provienen en gran parte su fertilidad, es decir la capacidad de producir alimentos en forma abundante, sana y permanente.

La base de la fertilidad de los suelos, esta representada por el "humus". Esta proviene de la materia Orgánica de origen vegetal y animal, que al ser atacada por los microorganismos del suelo, se transforma en humus. Este humus después de complejos procesos llega al estado de humus permanente en que las sustancias nutritivas se han mineralizado para ser de esta manera asimiladas por las raíces de las plantas. (Grupo Latino LTDA, 2004)

## **1.4. Nutrientes del Suelo**

Para que las plantas crezcan sanas y produzcan bien, es necesario que el suelo posea suficientes nutrientes. Para satisfacer adecuadamente las necesidades individuales de los cultivos es importante que los nutrientes se mantengan balanceados en el suelo. La escasez de solo uno de ellos puede mermar seriamente los rendimientos y utilidades en la agricultura.

De los 17 elementos químicos que son necesarios para el desarrollo de las plantas, 13 son nutrientes derivados de la tierra, debido a que normalmente entran a la planta a través de las raíces.

Según las cantidades que las plantas necesitan para su desarrollo, los nutrientes se clasifican en macroelementos o elementos mayores y microelementos o elementos menores. Los macroelementos se dividen a su vez en elementos primarios y secundarios. (Suquilanda Manuel B., 1996)

### **1.4.1. Problemas de Nutrientes en el Suelo**

Las plantas dependen de los nutrientes del suelo para crecer. Ellas combinan el aire con productos que sintetizan la energía del sol y con los elementos que el suelo provee. Los elementos que necesitan son numerosos, los más importantes son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Estos son elementos primarios.

El suelo requiere muchos más elementos para poder ser saludable. Muchos

otros nutrientes son importantes, pero son usados en cantidades menores por las plantas y otros organismos del suelo, como ejemplo de ellos tenemos al Boro (B), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Molibdeno (Mo). La cantidad y la forma de la liberación de estos elementos menores, en la disponibilidad de nutrientes a la planta, es lo que diferencia a un suelo bueno de uno pobre.

Un factor importante que debe considerarse es que los nutrientes del suelo deben estar en cantidades balanceadas y en una forma química para que puedan ser aprovechados de forma efectiva por las plantas.

Usualmente los suelos no pueden proveer los nutrientes necesarios para una u otra clase de plantas. Estos problemas son denominados deficiencias nutricionales. Las principales deficiencias son:

- *Deficiencia de Nitrógeno (N)*
- *Deficiencia del Fósforo (P)*
- *Deficiencia de micronutrientes*

#### **1.4.2. Deficiencia de Nutrientes en el Cultivo del Banano**

- *Deficiencia de N (Nitrógeno):* clorosis general en hojas mas viejas, por lo que retrasa el crecimiento y desarrollo de la planta.
- *Deficiencia de K (Potasio):* clorosis general en las puntas de las hojas más viejas, enrollan y mueren; retrasa el crecimiento, deformación de

racimos y ruptura de caquis, con el debilitamiento del pseudotallo, es más susceptible al ataque de plagas y enfermedades.

- *Deficiencia de P (Fósforo)*: se manifiesta con necrosis en los bordes de hojas viejas, pobre en raíces y disminuye la vida útil de la cepa; además de disminuir maduración y forma del racimo.

#### **1.4.3. Deficiencia en Micronutrientes**

- *Deficiencia del Zinc*: interviene en la síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento y como activador de enzimas necesarias para su metabolismo. La deficiencia se manifiesta como rayas cloróticas blanquecinas perpendicular a la vena central que se alterna con rayas verdes, se encuentra en suelos arenosos y con altos contenidos de Ca. En suelos arcillosos es retenido fuertemente en el suelo, por lo que el banano no lo puede obtener.
- *Deficiencia de Boro*: Esta relacionado con la movilización del K y por lo que al faltarle ocurre que el peso de los racimos es pobre, y se presenta con rayas cloróticas paralelas a la vena central, y disminuye la cantidad de hijuelos por lo que la vida útil de la planta es menor. Además en casos severos deforma el racimo.
- *Deficiencia de Cobre (Cu)*: El borde de las hojas presenta quemaduras. Reacción severa con algunos herbicidas. Bronceamiento de las puntas de las hojas. Puede causar esterilidad y bajo peso en frutales.

- *Deficiencia del Hierro (Fe)*: La deficiencia de este elemento provoca un crecimiento lento, amarillamiento en frutales.
- *Deficiencia del Molibdeno (Mo)*: Reduce el crecimiento, produce amarillamiento, marchites, caída de hojas.

### **1.5. Materia Orgánica**

La Materia Orgánica es la suma de todo lo orgánico en o encima del suelo, incluyendo organismos vivos y muertos, en cualquier estado de descomposición. El suelo es un recurso natural renovable de importancia básica para la vida sobre la tierra. Es la fuente de vida para las plantas, los animales y la especie humana. Los niveles deseables de materia orgánica en los suelos de cultivo varían desde el 2% en zonas áridas, al 5% y más en los valles fértiles.

En los suelos agrícolas la materia orgánica procede prácticamente de los residuos de las cosechas, abonos verdes, aportaciones de estiércol y/o abonos orgánicos. La mayor parte de estas aportaciones (del 60% al 70%) desaparece en una fase de mineralización activa que puede durar dos años, aproximadamente; el resto queda como humus, el cual se mineraliza lentamente en una proporción variable que depende de las condiciones del clima y suelo.

El contenido de materia orgánica en los suelos varían en función de las condiciones climáticas, prácticas culturales, rotación de los cultivos y la adición de los abonos frescos: estiércoles de animales, residuos de cosecha y otros materiales orgánicos. Cuando se añade fertilizantes al suelo sin la adición de componentes carbonados orgánicos, frecuentemente la tierra se deteriora. (Duicela G. Luis Alberto, et. al., 2003)

Hay varios tipos de materia orgánica. El suelo puede contener como primer tipo de materia orgánica, la que ha sido descompuesta. Ésta ayuda a mejorar la estructura del suelo y la capacidad de retención del agua, esta materia Orgánica ha estado en el suelo por muchos años y no contiene suficientes nutrientes.

El segundo tipo de materia orgánica es la parcialmente descompuesta. Esta sustenta la mayoría de la vida existente en el suelo, ya que provee los nutrientes para los organismos vivientes del suelo. Compost, abonos viejos y materia orgánica verde que ha estado en el suelo por dos semanas, son partes de este tipo de materia orgánica. Un suelo debe ser abastecido regularmente con este tipo de materia para que funcione bien.

Un tercer tipo de materia orgánica es la fresca. Ejemplos de ésta son las partes de plantas incorporadas en el suelo, o materia orgánica fresca de los desperdicios de la casa. Este tipo de materia orgánica está llena de azúcares que pueden ser fácilmente usados como fuentes con alto valor energético, el cual es usado por muchos organismos primarios. Debido a

la intensa actividad biológica, este tipo de materia orgánica es peligrosa para las plantas ya que puede quemar las raíces.

### **1.5.1. Beneficios del uso de la Materia Orgánica**

La materia orgánica no debe valorarse únicamente por su contenido de nutrientes, sino también por su benéfico efecto en el suelo. A continuación se indican algunos beneficios de la materia orgánica:

- Mejora la estructura
- Mejora la aireación y la penetración del agua
- Favorece la retención de la humedad
- Induce a un mayor desarrollo radicular
- Constituye un agente regulador de pH en los suelos
- Suministra carbono, fuente de energía para los microorganismos del suelo
- Actúa como regulador de la temperatura edáfica
- Activa los procesos Microbiales
- Promueve la diversidad microbial del suelo
- Provee energía a los microorganismos del suelo
- Actúa como granuladores de las partículas minerales del suelo
- Aumenta el contenido de macro nutrientes N, P, K y micro nutrientes
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)



- Es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos
- Retarda la fijación del ácido fosfórico mineral
- Suministra productos de descomposición orgánica

La evolución de los microorganismos de la materia orgánica en el suelo depende de muchos factores, tales como: clima (temperatura y humedad), suelo (textura, estructura y origen), y clases de residuos. Algunos de estos factores activan la mineralización, en tanto que otros favorecen la Humificación.

La influencia de la materia orgánica en las propiedades del suelo es bastante grande e incluso mayor de los que se podría creer, si se toma en cuenta que su contenido en el suelo es relativamente bajo y sin esta no habría actividad biológica. (Duicela G. Luis Alberto, et. al., 2003)

### **1.5.2. Suelos con poca Vida y poca Materia Orgánica**

La base para lograr un suelo sano es el suministro continuo de suficiente materia orgánica, la cual, al descomponerse por la acción alimenticia de las lombrices, bacterias, hongos, insectos, mil pies y nematodos, entre otros, la transforman en humus. Este último libera minerales, brindando nutrientes a las plantas y buenas condiciones ecológicas y de alimento para los organismos vivos del suelo. Un buen suelo usualmente contiene de 3 a 8% de materia orgánica.

## **1.6. Requerimiento de Nutrientes Minerales en el Cultivo del Banano**

Cuando en el suelo no existen limitantes nutricionales el rendimiento potencial del banano está estrechamente relacionado con la disponibilidad de agua y con la densidad de plantación. Según estudios realizados en años anteriores sobre los nutrientes minerales en el cultivo del banano se demostró que con el aporte de N y K en plantaciones densas con suelos irrigados y naturalmente bien provistos de Mg, Ca y P; los rendimientos alcanzan las 100 tn/ha/año.

Como en todos los cultivos se ha demostrado la importancia de la correcta nutrición durante el desarrollo de la planta, haciendo particular énfasis en el K, cuyos síntomas de deficiencias son más evidentes antes de la floración.

## **1.7. Abonos Orgánicos**

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Los abonos orgánicos pueden ser residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos verdes (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados; etc.

### 1.7.1. Tipos de Abonos Orgánicos

Los abonos orgánicos pueden categorizarse según su fuente principal de nutrientes, los cuales se liberan gracias a la actividad microbiana. Los abonos orgánicos a su vez se subdividen en abonos orgánicos procesados (materia orgánica estabilizada) y no procesados (aplicación directa sin previa descomposición). Véase **Tabla 1.1**.

Tabla 1.1 Diferentes tipos de Abonos Orgánicos según la fuente de aporte de Nutrientes y el grado de Procesamiento			
Fuente de nutrientes	Grado de procesamiento	Sólidos	Líquido
Materia orgánica	Sin procesar	<b>Desechos vegetales:</b> Pulpa de café, de naranja, etc. <b>Desechos animales:</b> gallinaza, estiércol fresco. <b>Coberturas/abonos verdes:</b> Arachis sp., Mucuna sp.	<b>Efluentes:</b> de pulpa de café, etc
	Procesados	<b>Compost</b> <b>Lombricompost</b> <b>Bocashi</b> <b>Ácidos Húmicos</b>	<b>Biofermentos</b> <b>Té de estiércol</b> <b>Té de compost</b> <b>Ácidos Húmicos</b> <b>Extractos de algas</b>
Microorganismos		<b>Biofertilizantes:</b> Inoculante en turba de Rhizobium para leguminosas, micorrizas, Bacillus subtilis.	<b>Biofertilizantes líquidos:</b> ME <sub>2</sub> o microorganismos benéficos, etc.

Fuente: Soto, (2003) Autor: Pamela Crow

### **1.7.2. Usos y Beneficios**

Los abonos orgánicos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los efectos de los abonos orgánicos sobre las propiedades físicas van dirigidos hacia dos objetivos concretos: el mejoramiento de la estabilidad estructural y la regulación del balance hídrico del suelo. En las propiedades químicas, los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste. Estos aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que se aumenta la fertilidad. En las propiedades biológicas, los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. Así, se constituyen en una fuente de energía para los microorganismos, los cuales se multiplican más rápidamente (García y Monje, 1995 ; Kolmans y Vásquez, 1996).

La materia orgánica es uno de los principales factores que contribuyen a la fertilidad y productividad de los suelos, ya que su influencia determina grandemente la mayoría de los procesos biológicos, químicos y físicos que rigen el sistema suelo-planta.

## 1.8. Enmiendas Orgánicas

### 1.8.1. Enmiendas Orgánicas Sólidas

Dentro de los principales Abonos Orgánicos sólidos procesados que se dispone en nuestro país, tenemos en el siguiente cuadro el rango de macronutrientes en tres de las principales fuentes de materia orgánica para este estudio.

<b>Tabla 1.2</b>					
<b>Rango de Macronutrientes en diferentes Fuentes de Materia Orgánica</b>					
<b>Fuentes</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<i>Compost</i>	1,44%	0,69%	1,57%	4,72%	45,00%
<i>Lombricompost</i>	2,90%	0,57%	0,14%	1,72%	38,00%
<i>Bocashi</i>	0,90%	2,00%	1,00%		

Fuente: Soto, (2003) Autor: Pamela Crow

#### 1.8.1.1. Compost

El compost es un producto natural resultante de la Humificación de los materiales de origen vegetal y/o animal, que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad y estructura del suelo, ayuda a reducir la erosión, facilita la absorción del agua y nutrientes por parte de las plantas; pues contiene elementos como: Calcio, Hierro, Magnesio, Cobre, Zinc, Magnesio, Boro, entre otros. El compostaje es un proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia biodegradable (restos de cosecha, excremento de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener excelente abono para la agricultura.

El compost es el estado mas avanzado en la descomposición de la materia orgánica, se obtiene por fermentación mediante una técnica especial, que da lugar a un producto similar al Humus natural, Este proceso de maduración y fermentación de los residuos orgánicos comportados duras aproximadamente 6 meses, periodo en el cual el producto esta listo para ser utilizado. (Duicela G. Luis Alberto, et. al., 2003).

#### **1.8.1.2. Bocashi**

Los abonos orgánicos fermentados son fertilizantes que se elaboran empleando como materia prima los desechos de origen vegetal y animal que salen de las fincas o de las agroindustrias (como las plantas de procesamiento de alimentos y de las viviendas).

La palabra “bocashi” es de origen japonés y significa materia orgánica fermentada. Este abono es muy rico en nutrientes y en microorganismos benéficos, favorece la aireación del suelo e incorpora materia orgánica.

#### **1.8.1.3. Lombricompost**

La aplicación del abono de lombriz al suelo (lombricomposta o vermicomposta) tiene como objetivo mantener o incrementar la flora microbiana, la cual actúa directamente en los ciclos de carbono, nitrógeno y fósforo. También el abono adiciona vitaminas, fitohormonas y enzimas.

Estas tienen relación directa con la disponibilidad de los nutrientes a las plantas.

El proceso mediante el cual las lombrices transforman los desechos orgánicos en abono orgánico, se conoce como lombricomposteo y da como resultado la lombricomposta o abono de lombriz. La lombriz tiene la capacidad de transformar todo los desechos orgánicos en abono, entre estos se encuentran los desechos agroindustriales (pulpa de café, bagazo y cachaza), agropecuarios (estiércoles, rastrojos) y urbanos (domésticos, de mercado) entre otros. El contenido de nutrientes que este producto presenta esta en función del desecho que consume la lombriz, por tanto puede ser un producto muy rico en nutrientes como puede no serlo (Martinez C. Claudia y Ramirez F. Leonel, 2000).

## **1.8.2. Enmiendas Orgánicas Líquidas**

### **1.8.2.1. El Té Orgánico y sus tipos de Sistemas de Extracción**

El Té Orgánicos es una preparación que convierte la materia orgánica sólida en un abono líquido. En el proceso de hacerse Té, la materia orgánica suelta sus nutrientes al agua y así se hace disponible para las plantas.

Los sistemas de Té Orgánico a través del tiempo se los ha conocido como sistemas “anaeróbica o aeróbicos”<sup>1</sup>, dependiendo del grado de aireación dado del sistema. Como resultado de varias observaciones y experimentos se ha encontrado estas distinciones bastantes engañosas, ya que todo

sistema de Té Orgánico diseñado correctamente puede ser completamente aeróbico. La real distinción es el grado de aeración dado al sistema a fin de que permita esta extraerse durante un periodo de tiempo prolongado. También estos sistemas de Té Orgánico son conocidos con los términos de “pasivo” (una mezcla contenida o empaquetada al cual simplemente se deja empapando en agua) y “activo” o aireado (un sistema de Té Orgánico que recibe un aumento de oxígeno con el uso de mezcladoras mecánicas, columna empaquetada o aire forzado).

En recientes años, se ha dado más atención a la preparación de Tés en sistemas aireados. Los dispositivos de Té aireados amplían el tiempo de extracción de modo que una cantidad más alta y calidad una cantidad mas alta y calidad de sustancias nutritivas y de microbios alta y calidad de de sustancias nutritivas y de microbios pueden ser descritas en la materia prima (materia orgánica).

---

<sup>1</sup>*Aerobico/ Anaeróbico* es usado para describir organismos que utilizan oxígeno en su metabolismo (aeróbico o “con aire”) y (anaeróbico o “sin aire”).



### **1.8.2.2. Sistema Pasivo (“Anaeróbico”)**

Llamamos sistemas de extracción de Té Pasivo a una mezcla contenida o empaquetada de materia orgánica, la cual simplemente se deja remojando en agua. Después de pocos días, el sistema pasivo se convertirá en anaeróbico y como resultado comenzara a producirse varios ácidos orgánicos tales como butírico, propiónico y acético más los olores de reducida forma de nitrógeno ( $\text{NH}_4$ ) y el Azufre ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Existen algunas evidencias que indican que los subproductos de decaimiento anaeróbico pueden dañar raíces de planta.

### **1.8.2.3. Sistema Activo (“Aeróbico”)**

El problema con los métodos pasivos de extracción es que estos muy rápidamente se hacen anaeróbicos. Cuando se remoja Materiales Orgánicos en agua por no mas de pocos días, los microbios aeróbicos que se encuentran dentro de la mezcla empaquetada arrastran todo el oxígeno que hay dentro de esta hacia fuera del agua. Este cambio sobre la producción de Té evita la oxigenación de microbios (anaeróbico), lo cual hace producir un Té inferior con muy poca disponibilidad de nutrientes y ácidos orgánicos bastante perjudiciales para el crecimiento de la planta. En investigaciones pasadas se indica que en estas circunstancias es usualmente suficiente disolver oxígeno en agua limpia así que los microbios anaeróbicos no son dominantes por al menos las ultimas 24 - 48 horas bajo mayores condiciones.

Luego de esto la calidad del Te empieza a deteriorarse. Todo tipo de sistema de Te podría ser aeróbico. La principal variable es la longitud de tiempo en la que toma lugar la extracción aeróbica.

Hay muchas pruebas para indicar que la agregación del aire (oxígeno) a una mezcla de té orgánica mejora la calidad del té extraído. Esto parece ser debido al hecho que la aireación amplía el tiempo de extracción antes de varios días, que permite el retiro de compuestos de microbios beneficiosos como vitaminas, enzimas, quelatos orgánicos<sup>2</sup>, más un grupo de microbios beneficiosos. (Merrill, R., and McKeon, J., 1998).

### **1.9. Calidad de Suelo**

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos (Doran y Parkin, 1994). La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter et al., 1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (Romig et al., 1995).

---

<sup>2</sup>*Los Quelatos* son compuestos orgánicos que tienen la habilidad de atrapar iones que están disueltos en el agua convirtiéndolos en sustancias solubles.

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo (Arshad y Coen, 1992). Para hacer operativo este concepto, es preciso contar con variables que puedan servir para evaluar la condición del suelo. Estas variables se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Dumanski et al., 1998). Según Adriaanse (1993) los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos. Tales indicadores se aplican en muchos campos del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc). Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él (SQI, 1996). Para Dumanski et al. (1998) dichos indicadores, no podrían ser un grupo seleccionado para cada situación particular, sino que deben ser los mismos en todos los casos. Esto con el propósito de facilitar y hacer válidas las comparaciones a nivel nacional e internacional.

### **1.9.1. Condiciones que deben cumplir los Indicadores de Calidad del Suelo**

Para que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores de calidad deben cubrir las siguientes condiciones (Doran y Parkin, 1994):

a) describir los procesos del ecosistema; b) integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; c) reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir; d) ser sensitivas a variaciones de clima y manejo; e) ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo; f) ser reproducibles; g) ser fáciles de entender; h) ser sensitivas a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica; i) y, cuando sea posible, ser componentes de una base de datos del suelo ya existente.

En virtud de que existen muchas propiedades alternativas para evaluar la calidad del suelo, Larson y Pierce (1991); Doran y Parkin (1994) y Seybold et al. (1997) plantearon un conjunto mínimo de propiedades del suelo para ser usadas como indicadores para evaluar los cambios que ocurren en el suelo con respecto al tiempo (**Tabla1.3**). Los indicadores disponibles para evaluar la calidad de suelo pueden variar de localidad a localidad dependiendo del tipo y uso, función y factores de formación del suelo (Arshad y Coen, 1992). La identificación efectiva de indicadores

apropiados para evaluar la calidad del suelo depende del objetivo, que debe considerar los múltiples componentes de la función del suelo, en particular, el productivo y el ambiental. La identificación es compleja por la multiplicidad de factores químicos, físicos y biológicos que controlan los procesos biogeoquímicos y su variación en intensidad con respecto al tiempo y espacio (Doran et al., 1996).

#### **1.9.1.1. Indicadores Físicos**

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente (Singer y Ewing, 2000). Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo (**Tabla 1.3**) son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

### **1.9.1.2. Indicadores Químicos**

Los indicadores químicos propuestos (**Tabla1.3**) se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos (SQI, 1996). Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable.

### **1.9.1.3. Indicadores Biológicos**

Los indicadores biológicos propuestos (**Tabla1.3**) integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de micro y macroorganismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Incluyen funciones como la tasa de respiración, ergosterol y otros subproductos de los hongos, tasas de descomposición de los residuos vegetales, N y C de la biomasa microbiana (SQI, 1996; Karlen et al., 1997).

De acuerdo con estas ideas, no habría un enfoque único para generar un conjunto de indicadores para cada propósito. Los enfoques pueden cambiar con el tiempo conforme incrementa el entendimiento de los problemas ambientales y conforme los valores sociales evolucionen. Uno

de los enfoques ampliamente utilizados por lo inmediato de su comprensión es en el que trabaja la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD).

<b>Tabla 1.3</b> <b>Conjunto de Indicadores Físicos, Químicos y Microbiológicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el Suelo</b>		
<b>Propiedad</b>	<b>Relación con la condición y función del suelo</b>	<b>Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación</b>
<b>Físicos</b>		
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2.5 cm de agua y g/cm <sup>3</sup>
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación
<b>Químicos</b>		
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión	Kg de C o N ha <sup>-1</sup>

pH	Define la actividad química y biológica	comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	dSm-1; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental	Kg ha-1; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos
<b>Biológicos</b>		
C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica	Kg de N o C ha-1 relativo al C y N total o CO2 producidos
Respiración, contenido de humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa	Kg de C ha-1 d-1 relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N	Kg de N ha-1d-1 relativo al contenido de C y N total

Fuentes: Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994; Seybold et al., 1997).

Autor: Pamela Crow



### **1.9.2. Calidad y salud del suelo a través del uso de indicadores en los cultivos del Banano**

Históricamente, las fincas bananeras se establecieron en áreas que sostenían bosques tropicales. En estos ecosistemas naturales las relaciones equilibradas entre sus componentes producen un sistema eficiente, estable y con una alta capacidad de resistencia al cambio. El monocultivo y uso intensivo de insumos, provocó cambios sustanciales en este ambiente como la disminución de la biodiversidad, la pérdida del recurso suelo por erosión, y desequilibrios entre los componentes químicos, físicos y biológicos de los suelos (OEC, 1999).

Como resultado general de varios estudios se ha concluido que el uso intensivo de agroquímicos ha reducido las poblaciones de microorganismos benéficos asociados a la rizosfera del banano y ha incrementado las poblaciones de los fitonematodos y patógenos del suelo que afectan al sistema radical del banano. Para superar el problema que representa la pérdida de productividad del cultivo de banano, es necesario adoptar y adaptar prácticas y sistemas de cultivo que consideren las relaciones suelo-planta y la biota asociada a la rizosfera<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup>La *rizosfera* es la porción de suelo en la que están las raíces de las plantas, es una zona donde se dan toda una serie de relaciones físicas y químicas que afectan a la estructura del suelo.

A partir de una clara definición de la calidad y salud del suelo bananero podría diagnosticarse con precisión, a través de indicadores relevantes, el impacto del manejo del suelo sobre la sostenibilidad del sistema de producción de banano. Con el uso de una Guía de diagnóstico de calidad y salud de suelos bananeros sería posible identificar, diseñar y validar alternativas tecnológicas apropiadas para restaurar el equilibrio natural de los suelos en beneficio de una producción sostenible que redundaría en una alta calidad de vida social y económica para la población de nuestro país.

Actualmente, los métodos utilizados para medir la capacidad o potencial productivo de un suelo para el cultivo de banano, se basan principalmente en el estudio de las propiedades físicas y químicas del mismo y de sus relaciones con algunas características especiales como la topografía y las condiciones climáticas predominantes. Estos métodos raramente consideran los niveles o estado de la salud del suelo y no son suficientes para explicar las complejas interacciones del suelo y su rizosfera.

### **1.9.3. Caracterización Química, Física y Microbiológica de las Enmiendas Orgánicas Sólidas y Líquidas**

Dentro de los indicadores químicos, físicos y microbiológicos, la mayoría de los parámetros analizados no cuentan con rangos que clasifiquen a un producto final de enmiendas orgánicas como estable y/o de buena calidad. Internacionalmente se manejan valores considerados normales en productos

finalizados para los parámetros señalados.

En la **Tabla 1.4.** y la **Tabla 1.5** se muestran los estándares de calidad de las enmiendas orgánicas sólidas y líquidas en términos totales:

<b>Tabla 1.4</b>	
<b>Estándares Internacionales de Calidad de Enmiendas Orgánicas Sólidas</b>	
<b>Indicadores/Parámetros</b>	<b>Rango</b>
<b>Químicos</b>	
Nitrógeno total	0,5 - 2,5 %
Fósforo	0,74%
Potasio	2,11%
Calcio	2%
Magnesio	1 – 1,3 %
Cobre	0,5 p.p.m.
Zinc	160 p.p.m.
Manganeso	500 p.p.m.
Carbono Total	54%
Materia Orgánica	20 - 35 %
CE	5 -15 mS/cm
pH	6,5 - 8,5
CIC	> 60 meq/100 g
Ácidos Húmicos	5 - 15 %
<b>Físicos</b>	
Humedad	30 - 40 %
Tamaño de Partículas	Gránulos de aprox 2 mm
<b>Microbiológicos</b>	
Bacterias Totales	133 x 10e7 CFU/g
Hongos y levaduras	1,00E+03 - 1,00E+05 CFU/g
Actinomicetos	1,00E+06 - 1,00E+08 CFU/g

Fuentes: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

<b>Tabla 1.5</b>	
<b>Estándares Internacionales de Calidad de Enmiendas Orgánicas Líquidas</b>	
<b>Químicas</b>	
PH H2O	7 - 8,8
Materia Orgánica	35 - 40 %
C/N	12 - 14
Humedad	40 - 45 %
CIC	16 meq/100gr
Nitrógeno Total	2 - 2,6
Fósforo (P)	1,5 - 2 %
Potasio (K)	1,5%
Calcio (Ca)	2%
Magnesio (Mg)	1 - 1,3 %
Cobre (Cu)	0,5 p.p.m.
Zinc (Zn)	160 p.p.m.
Magnesio (Mn)	500 p.p.m.
Ácidos Húmicos	3 - 4 %
<b>Microbiológica</b>	
<i>Microorganismos Benéficos</i>	
Bacterias Totales	133 x 10e7 (U.F.C./gr)
Actinomicetos	41 x 10e4 (U.F.C./gr)
Hongos	48 x 10e3 (U.F.C./gr)
Germinación	Inferior al 8%
Coliforme termo tolerantes	Se elimina a T° superiores a 60-65°C
E. Coli	
Huevos de Helmito	
Salmonella	

Fuentes: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS**

#### **Introducción**

En este capítulo se define la estadística descriptiva y los métodos estadísticos multivariados que se utilizaron en el presente estudio. Dentro de los métodos estadísticos multivariados descritos están: (i) el análisis de componentes principales, el cual detalla, sus características, objetivos y la explicación de la obtención de ellas. El segundo método multivariado definido es (ii) el análisis de conglomerados, en este, se describen los objetivos, las medidas de semejanza, distancia y las técnicas de agrupamiento. Como último método se tiene (iii) el análisis discriminante, en el cual se detalla la obtención de las funciones discriminante para los casos de dos o mas grupos.

## 2.1. Estadística Descriptiva

### Tipos de Curva

En ocasiones, las frecuencias tienden a acumularse en el lado izquierdo de la grafica con una cola o rama que se extiende hacia la derecha. Se dice que dicha curva es *sesgada* o *asimétrica*. Si la cola o extremidad va hacia la derecha, este tipo de *sesgo* (o *asimetría*) se conoce como *positivo*. Esta condición se denomina como sesgo negativo.

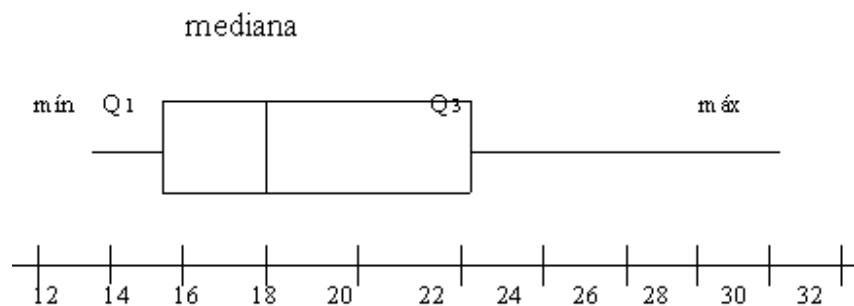
Las curvas pueden clasificarse también con base en su grado de agudización o *curtosis*. Hay tres tipos de curtosis. Cuando la curva es muy aguda y los extremos o cola están mas por encima de la línea de la base. Dicha curva se llama *leptocúrtica*. La curva que es algo achatada se denomina *mesocúrtica*, en tanto que la curva muy aplanada, se llama *platocúrtica*.

### Diagrama de Caja

Un diagrama de caja es una ilustración gráfica, basada en cuartiles, que ayuda a visualizar un conjunto de datos.

Se requieren cinco tipos de datos para construir un diagrama de caja: el valor mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil, y el valor máximo.

**Figura 2.1**  
**Diagrama de Caja**



Fuente: N.M. Downie y R.W. Heath, 1986

Autor: Pamela Crow

### **Pruebas de Bondad de Ajuste**

Existen diferentes pruebas para verificar el ajuste de los datos a una distribución de probabilidad. Las dos más utilizadas son el contraste de  $X^2$  de *Pearson* y la *prueba de Kolmogorov-Smirnov*.

### **Prueba de Kolmogorov-Smirnov**

Este contraste, que es válido únicamente para variables continuas, compara la función de distribución (probabilidad acumulada) teórica con la observada, calcula un valor de discrepancia, representado habitualmente como  $D$ , que corresponde a la discrepancia máxima en valor absoluto entre la distribución observada y la distribución teórica, proporcionando asimismo un valor de probabilidad  $P$ , que corresponde, si estamos verificando un ajuste a la distribución normal, a la probabilidad de obtener una distribución que

discrepe tanto como la observada si verdaderamente se hubiera obtenido una muestra aleatoria, de tamaño  $n$ , de una distribución normal. Si esa probabilidad es grande no habrá por tanto razones estadísticas para suponer que nuestros datos no proceden de una distribución, mientras que si es pequeña, no será aceptable suponer ese modelo probabilística para los datos.

## **2.2. Estadística Multivariada**

### **2.2.1. Introducción**

La estadística multivariada es usada para describir y analizar observaciones multidimensionales o multivariadas. Una observación multidimensional se obtiene cuando se releva información sobre varias variables para cada unidad o “individuo” en estudio. La Estadística Multivariada provee herramientas para comprender la relación de dependencia entre variables medidas simultáneamente sobre una misma unidad, para comparar, agrupar y/o clasificar observaciones multivariadas e incluso para comparar, agrupar y clasificar variables. Gran parte de la metodología multivariada se basa en los conceptos de distancia y de dependencia lineal. Las distancias serán usadas como medidas de variabilidad entre pares de puntos que representan los datos multivariados y a partir de ellas es posible analizar similitudes y diferencias entre observaciones y/o variables. Mientras que el análisis univariado explora datos de cada variable independientemente, el análisis multivariado explora tablas de datos de varias variables y por tanto permite



contemplar distintos tipos de dependencias entre variables: dependencias entre cada par de variables, entre una variable y todas las restantes, entre pares de variables controlando por el efecto de otras en el sistema multivariado y dependencia conjunta entre todas las variables.

### 2.2.2. Matriz de Datos Multivariados

La organización de datos para un análisis multivariado generalmente se lo realiza en forma de una matriz con  $n$  filas, en cada fila se registran observaciones de un mismo individuo, y cada una de las  $p$  columnas representa una variable aleatoria. La **Figura 2.2** muestra la matriz de datos multivariados de dimensión  $n \times p$ . A esta matriz de datos la llamaremos  $X$ , donde cada fila es un caso  $u$  observación multivariada. Una observación multivariada es la colección de mediciones sobre  $p$  variables diferentes tomadas sobre el mismo ítem o unidad objeto de estudio.

**Figura 2.2**

#### Organización de Datos Multivariados

Variable Caso	$X_1$	$X_2$		$X_j$		$X_p$
1	$X_{11}$	$X_{12}$	...	$X_{1j}$	...	$X_{1p}$
2	$X_{21}$	$X_{22}$	...	$X_{2j}$	...	$X_{2p}$
.	.	.	...	.	...	.
.	.	.	...	.	...	.
n	$X_{n1}$	$X_{n2}$	...	$X_{nj}$	...	$X_{np}$

Fuente: Rencher A., 1998

Autor: Pamela Crow

Cada observación multivariada puede ser representada como un punto en el espacio  $R_p$  por un vector p-dimensional de variables aleatorias con coordenadas igual al valor de cada una de las variables. Este vector de variables puede considerarse como una variable vectorial o multivariante p-variada.

El análisis estadístico multivariado puede ser descriptivo o inferencial; pero esta depende del tipo de variable que se utilice en la investigación. Las variables pueden ser cuantitativas o cualitativas. En las cuantitativas encontramos las variables continuas o intercalares y las discretas; mientras que en las cualitativa, las dicotómicas (binarias) o multinomiales. Observando la matriz de datos multivariados puede observarse que los valores de p variables medidas en n individuos representan la colección de p vectores columnas n-dimensionales (cada columna provee n mediciones de una misma variable).

### **2.3. Análisis de Componentes Principales**

El análisis de componentes principales (ACP) es un instrumento de apoyo para otras técnicas multivariadas que permiten la reducción de la cantidad de variables con las que se trabaja.

Esta técnica multivariada de análisis de datos estudia un número finito de p variables, las cuales constituyen un vector aleatorio en  $R_p$  dado por  $X' [x_1, x_2, \dots, x_p]$ , mediante el método estas p variables observadas generan k

variables artificiales (siendo  $k$  menor que  $p$ ) las mismas que se pretende, tendrán tanta información como las  $p$  variables originales.

El ACP provee una aproximación para la construcción de nuevas variables y para decidir cuántas de estas nuevas variables podrían ser necesarias para representar la información original.

### **2.3.1. Características y Objetivo**

Se presenta algebraicamente como una combinación lineal de las  $p$  variables aleatorias observadas y geoméricamente esta combinación lineal representa la creación de un nuevo sistema de coordenadas obtenidas al rotar el sistema original. Permite describir la estructura de interrelación de variables originales consideradas simultáneamente, determinando así  $q$  combinaciones lineales de  $p$  variables observables que contengan la mayor parte de la variable total, y así resumir y reducir los datos disponibles.

El objetivo de la técnica consiste en:

- Reducir el número de variables consideradas tanto como sea posible.
- Encontrar una explicación de los factores que inciden en el comportamiento de las  $p$  variables originales.

### 2.3.2. Matriz de Varianza - Covarianza

Las componentes principales, dependen solamente de la matriz de Varianzas-Covarianzas o la matriz de correlación de  $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_p$ .

El ACP para ordenar variables se basa en la descomposición espectral de la matriz de covarianza o de correlación de dimensión  $n \times n$ .

### 2.3.3. Autovalores y Autovectores de la Matriz de Varianza - Covarianza

Los autovalores y autovectores de la matriz de varianzas-covarianzas son usados para obtener las componentes.

Algebraicamente la  $j$ -ésima componente principal es una combinación lineal de las  $p$  variables originales obtenida como  $Y_j = e_j^T \mathbf{X} = e_{1j}X_1 + e_{2j}X_2 + \dots + e_{pj}X_p$  con  $j=1, \dots, p$ . Las nuevas variables usan información contenida en cada una de las variables originales, algunas variables pueden contribuir más a la combinación lineal que otras. Los coeficientes de cada variable original en la componente son proporcionales al coeficiente de correlación entre la componente y la variable. La varianza de la  $j$ -ésima componente principal es  $Var(Y_j) = e_j^T \Sigma e_j = \lambda_j$  y además se satisface que  $Cov(Y_k, Y_j) = e_k^T \Sigma e_j = 0$  para  $i \neq j$ .

Eligiendo los autovectores como vectores de coeficientes para la combinación lineal se puede demostrar que las componentes principales son combinaciones lineales no correlacionadas cuyas varianzas son tan grandes como sea posible, sujeto a la restricción de que el vector de coeficientes tenga longitud 1. Esta restricción debe ser impuesta ya que de lo contrario la

varianza de la combinación lineal podría incrementarse indeterminadamente a través de la multiplicación del vector de coeficientes de la combinación por alguna constante.

#### **2.3.4. Proporción de la Varianza Poblacional Total**

El número de componentes principales posibles de construir es  $p$ , pero para obtener una dimensión de reducción se selecciona un orden  $d < p$  de combinaciones lineales, la cual retendrá una proporción de varianza total no menos del 75% y se usan estas combinaciones como nuevas variables para graficar y analizar los datos sin mayor pérdida de información.

#### **2.3.5. Obtención de las Componentes Principales**

Para su obtención no se requiere el supuesto de normalidad multivariada, por otra parte, si las componentes principales se derivan de una población normal multivariada se tienen interpretaciones en términos de las elipsoides de confianza.

La técnica de análisis de datos, se basa en el álgebra lineal, presenta métodos descriptivos que no hacen ningún tipo de hipótesis probabilísticas, mas bien dan prioridad a la información pero en la búsqueda de interpretación de los factores, se pueden sugerir formulas de hipótesis, a partir de los resultados

## **2.4. Análisis de Conglomerado**

El “Análisis de Conglomerados” es una técnica multivariada que se utiliza para agrupar observaciones, variables o entidades de un conjunto de datos en base a sus semejanzas o diferencias. Los objetos pueden corresponder a estructuras identificables como físicas o psicológicas (personas, empresas, países, etc.). Las variables son las características con respecto a las cuales los objetos varían entre sí y que permiten diferenciarlos.

### **2.4.1. Objetivo del Análisis de Conglomerado**

El análisis de conglomerado tiene como finalidad ubicar los objetos en grupos o clusters de forma sugerida por los datos, no definidos “a priori”, tal que los objetos en un grupo dado tiendan a ser semejantes en algún aspecto (cohesión interna del grupo) y los objetos en diferentes grupos tiendan a ser distintos (aislamiento externo del grupo). Generalmente es utilizado para conocer el número de grupos y la estructura de estos mismos. Hay otros usos que se le da al análisis de conglomerados como el de clasificación automática, la cual parte de la existencia de un número determinado de grupos y lo que hace es hallar una segmentación razonable de los objetos. También se lo usa para resumir datos o disminuir dimensión más que encontrar grupos “naturales” o “artificiales”, a este procedimiento se lo llama también disección.

### **2.4.2. Medidas de semejanza**

En el análisis de conglomerados se parte de una matriz de datos  $n \times p$  (supongamos  $p$  mediciones o variables en cada uno de los  $n$  objetos estudiados) que luego es transformada en una matriz de proximidad ( $n \times n$ ) que mide la semejanza o la distancia entre pares de objetos  $i$  y  $j$  para  $i, j = 1, \dots, n$ . Luego se elige un algoritmo de clasificación que define las reglas concernientes al procedimiento de agrupación de los objetos o variables en subgrupos en base a sus proximidades. Algoritmos diferentes se basan en diferentes definiciones de clusters y de semejanzas entre los objetos a agrupar.

### **2.4.3. Distancias**

Dado que el objetivo básico del análisis de conglomerados es medir la asociación entre las entidades a agrupar, es necesario que se establezca una medida de similaridad, o su complemento (medida de disimilaridad). En la formación de grupos, la proximidad está dada por algún tipo de distancia. La selección de una medida de distancia apropiada es fundamental en el uso de cualquier técnica de agrupamiento, sin embargo la selección de esta depende de la naturaleza de las variables ya sean estas: binaria, discreta, continua, de la escala de medición (nominal, ordinal, intervalo, cociente) y del conocimiento del objeto de estudio.

Para los datos con propiedades métricas pueden usarse distancias derivadas de la métrica de Minkowski, mientras que con datos cualitativos o atributos son más apropiadas medidas de coincidencia o similaridad.

Supongamos que se desea agrupar  $n$  observaciones multivariadas, cada una representada por un vector aleatorio  $p$ -dimensional. Para medir la distancia entre dos vectores  $p$ -dimensionales se utilizan expresiones derivadas de la métrica de Minkowski:

$$d(x, y) = \left[ \sum_{i=1}^p |x_i - y_i|^m \right]^{1/m}$$

Con  $m=1$  se tiene la distancia "Manhattan". Con  $m=2$  la métrica produce la distancia Euclídea. Incorporando la matriz de varianzas o la matriz de varianzas-covarianzas de las observaciones se derivan a partir de la métrica de Minkowski la distancia estadística o distancia chi-cuadrado y la distancia de Mahalanobis, respectivamente. Sin un conocimiento "a priori" de la estructura de grupos entre las observaciones esas matrices involucrando varianzas y covarianzas son pobremente calculadas. Por esta razón la distancia Euclídea es frecuentemente preferida con motivos de agrupamientos (Johnson y Wichern 1998).

Hay que tener en cuenta que la distancia Euclídea varía con la escala y esta puede ser completamente distorsionada por un simple cambio en ella. Se sugieren que los datos se estandaricen antes de calcular las distancias Euclídeas si es que presenta una varianza muy grande en la escala.



Transformar distancias en medidas de asociación es bastante sencillo, la similitud entre el objeto  $i$  y  $k$  es  $1 / (1 + d_{ik})$  si  $d_{ik}$  es la distancia entre ellos. Sin embargo, lo contrario no es cierto, debido a que las distancias deben satisfacer las condiciones de positividad, simetría y desigualdad triangular. Gower mostró que si la matriz de similitudes es definida no-negativa y la máxima similitud es 1, una medida con propiedades de distancia puede ser obtenida a partir de la similitud como distancias comúnmente usadas entre pares de observaciones con variables.

$$d_{ik} = \sqrt{2(1 - s_{ik})}$$

Cuando se desea agrupar variables más que observaciones, las medidas de similitud más usadas toman la forma de coeficientes de correlación muestral.

#### **2.4.4. Algoritmos de Agrupamiento**

En el análisis de conglomerados se utilizan técnicas de clasificación jerárquica y no-jerárquica. En las no-jerárquicas tenemos algoritmos que producen particiones y algoritmos que generan clases no-disjuntas. También existen técnicas como el algoritmo “fuzzy” que produce clases sin superposiciones y otras con cierta probabilidad de superposición.

A partir de  $n$  observaciones  $p$ -dimensionales se puede construir una matriz  $n \times n$  de distancias entre las observaciones o una matriz  $p \times p$  de distancias entre las variables. Como se dijera anteriormente, las matrices de distancia

son sometidas a un algoritmo de clasificación para agrupar observaciones y/o variables.

#### **2.4.4.1. Técnicas de agrupamiento jerárquico**

Las técnicas de agrupamiento jerárquicas están organizados de tal manera que un cluster puede estar contenido completamente dentro de otro cluster, pero no está permitido otro tipo de superposición entre ellos. Los algoritmos de clasificación jerárquicos utilizados con fines de agrupamiento pueden ser acumulativos o aglomerativos y divisorios.

En el caso de los aglomerativos, estos se determinan a través de fusiones de los  $n$  objetos/variables por una serie de uniones sucesivas; donde en el inicio hay tantos grupos como objetos y los objetos similares se agrupan primero y esos grupos iniciales son luego unidos de acuerdo a sus similitudes, como las diferencias van disminuyendo, al final todos los subgrupos formarán un solo grupo. Mientras que en el caso de los divisorios particionan los  $n$  objetos/variables en subdivisiones cada vez más finas.

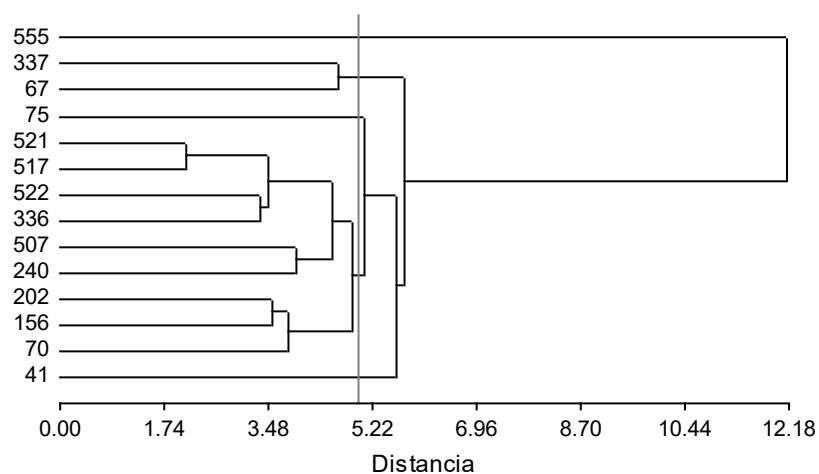
Los métodos más utilizados en la práctica de análisis estadístico de datos son los métodos acumulativos o aglomerativos.

Utilizando el procedimiento jerárquico aglomerativo, se muestran el siguiente dendrograma los resultados del agrupamiento, en el que se pueden observar las uniones y/o divisiones que se van realizando en cada nivel del proceso de construcción de conglomerados (**Figura 2.3**). En el dendrograma se trazó

una línea de referencia a nivel de una magnitud de distancia igual a 5, en la cual se pueden identificar 5 conglomerados, si la referencia hubiese estado en 8, se habrían clasificado los objetos en 4 grupos.

**Figura 2.3**  
**Dendrograma Construido por un Procedimiento Jerárquico**  
**Aglomerativo de Clasificación**

*Encadenamiento promedio (average linkage)*



Fuente: Rencher A., 1998

Autor: Pamela Crow

Una de las principales características de los procedimientos de agrupamiento jerárquicos aglomerativos es que la ubicación de un objeto en un grupo (cluster) no cambia, o sea, que una vez que un objeto se ubicó en un conglomerado, no se lo reubica, sólo puede ser fusionado con otros

objetos pertenecientes a algún otro conglomerado, para formar un tercero que incluye a ambos.

Todos los métodos acumulativos proceden de manera semejante:

1. Cada objeto pertenece a un conglomerado diferente, luego
2. Se fusionan los dos objetos/variables más cercano (conglomerado);
3. Un nuevo objeto/variable se agrega al conglomerado formado por esos dos objetos/variables u otros dos objetos/variables se fusionan formando otro conglomerado.
4. El proceso continúa de manera similar hasta que, eventualmente, se forma un solo conglomerado que contiene todos los objetos/variables como integrantes del mismo.

Las técnicas de agrupamiento jerárquico difieren por las definiciones alternativas de distancia o semejanza que utiliza. Las técnicas acumulativas más comunes son:

#### **2.4.4.1.1. Encadenamiento Simple (Single linkage)**

Este método utiliza el concepto de mínima distancia y comienza buscando los dos objetos/variables que la minimizan. Ellos constituyen el primer conglomerado. En las etapas siguientes se procede como se ha explicitado

en el punto anterior, pero partiendo de  $n-1$  objetos donde uno de ellos es el conglomerado formado anteriormente. La distancia entre conglomerados está definida como la distancia entre sus miembros más cercanos.

Dado que el procedimiento de encadenamiento simple une conglomerados en función de la mínima distancia entre ellos, el procedimiento puede tener problemas cuando hay grupos muy cercanos o con cierta superposición. El procedimiento de encadenamiento simple, es uno de los pocos procedimientos de clasificación que tienen un buen desempeño con configuraciones de conglomerados no-elípticas (datos en cadena)

#### **2.4.4.1.2. Encadenamiento Completo (Complete linkage)**

Es un método aplicable tanto para agrupar objetos como variables. La distancia entre conglomerados es la del par de objetos más distantes. Este método es exactamente opuesto al anterior, en el sentido de que las distancias se definen ahora, como la distancia entre pares de individuos más distantes.

#### **2.4.4.1.3. Encadenamiento Promedio (Average linkage)**

Es un método aplicable tanto para agrupar objetos como variables a partir de distancias o similitudes. Para obtener la distancia entre dos conglomerados, promedia todas las distancias entre pares de objetos donde un miembro del

par pertenece a uno de los conglomerados y el otro miembro al segundo conglomerado.

Este algoritmo sigue el mismo procedimiento que los algoritmos de encadenamiento simple y completo excepto que las distancias entre conglomerados se definen como el promedio de distancias entre todos los pares de puntos, con cada miembro del par perteneciendo a uno de los conglomerados del par.

#### **2.4.4.1.4. Otros Procedimientos de Agrupamiento Jerárquicos**

##### **Centroide**

Toma el promedio de todos los objetos en un conglomerado (centroide) para representar al conglomerado y medir distancias entre objetos y el conglomerado o entre conglomerados.

##### **Ward**

Promedia todas las distancias entre los pares de objetos en diferentes grupos, ajustando por las covarianzas.

#### **2.4.4.2. Procedimientos No-jerárquicos**

Uno de los métodos no jerárquico de agrupamiento más utilizado es el procedimiento conocido como "K-means". Este procedimiento separa un grupo de objetos en una cantidad elegida de grupos (procedimiento

supervisado) haciendo máxima la variación entre conglomerados y minimizando la variación dentro de cada conglomerado.

#### **2.4.4.2.1. K-means**

El procedimiento comienza con un agrupamiento inicial o con un grupo de puntos semilla (centroides) que formarán los centros de grupo (partición inicial del grupo de objetos en K items). Prosigue asignando cada objeto al grupo que tiene el centroide (media) más cercano. Generalmente se utiliza distancia Euclídea con observaciones estandarizadas o no. Recalcula el centroide para el conglomerado que recibió un nuevo ítem y para el que lo perdió. Repite el accionar descrito varias veces hasta que ya no existen más re-posicionamientos.

### **2.5. Análisis Discriminante**

La técnica multivariada de Análisis Discriminante permite describir algebraicamente las relaciones entre dos o más poblaciones de manera tal que las diferencias entre ellas se maximicen o se hagan más evidente.

El Análisis Discriminante requiere el conocimiento de la estructura de grupos de los elementos en estudio, y cada elemento con información para el análisis es clasificado “a priori” del análisis en una de las poblaciones o grupos claramente identificadas.

El análisis discriminante se realiza con dos enfoques diferentes, ya sea con

fines predictivos o explicativos.

En el análisis discriminante predictivo esta relacionados a la clasificación, ya sea de nuevas observaciones u observaciones sobre las cuales no se conoce a qué grupo pertenecen. Esta observación nueva (no usada en la construcción de la regla de clasificación), se asignará al grupo en el cual tienen más probabilidad de pertenecer en base a sus características medidas. Para tal asignación es necesario definir reglas de clasificación.

A diferencia del anterior, en el análisis discriminante descriptivo estamos más interesados en las variables empleadas para diferenciar los grupos, y lo que deseamos es determinar cuáles de esas variables son las que más diferencian a los grupos, cuales son importantes y cuales no a efectos de clasificar los sujetos.

### **2.5.1. Obtención de las funciones discriminantes**

Técnicamente, se puede decir que el análisis discriminante tratará de encontrar funciones de variables cuyos valores separen o discriminen lo más posible a los grupos existentes. Estas funciones, denominadas funciones o ejes discriminantes, serán combinaciones lineales de las variables originales de la forma:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_pX_p$$

donde  $p$  es el número de variables explicativas y los coeficientes  $\{a_0, a_1, \dots, a_p\}$  se eligen de tal forma que se consiga la máxima separación entre los grupos existentes, es decir, tratando de que los valores que toman



estas funciones discriminantes  $Y$  en los grupos sean lo más diferentes posibles.

Estadísticamente, este criterio equivale a maximizar la varianza “entre grupos” frente a la varianza “dentro de grupos”. Por tanto, los coeficientes  $\{a_0, a_1, \dots, a_p\}$  se elegirán de tal forma que se consiga maximizar el valor del cociente:

$$\lambda = \frac{\text{Varianza entre Grupos}}{\text{Varianza dentro de Grupos}}$$

Si la varianza “entre grupos” es grande, es decir si hay grandes diferencias entre los valores que toma la función  $Y$  en los distintos grupos, pero la varianza “dentro de grupos” es pequeña, es decir, los valores de  $Y$  para municipios de un mismo grupo son muy similares, entonces diremos que la función discriminante separa bien a los grupos, que serán, internamente muy homogéneos y a la vez muy diferentes entre sí.

Hay que señalar que el número de funciones que pueden obtenerse es el mínimo entre el número de variables explicativas disponibles y el número de grupos menos uno. Estas funciones se obtienen de forma sucesiva en función de su capacidad discriminadora. Así, la primera función discriminante, que será de la forma:

$$Y_1 = a_{01} + a_{11}X_1 + a_{21}X_2 + \dots + a_{p1}X_p$$

será la que tenga mayor poder discriminatorio, es decir, la que mejor separe los tres grupos. La segunda función, que vendrá definida por:

$$Y_2 = a_{02} + a_{12}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{p2}X_p$$

Será la siguiente en capacidad discriminatoria y además, estará incorrelacionada con la función anterior  $Y_1$ .

En ciertas ocasiones, la capacidad discriminatoria de la primera función,  $Y_1$ , es tan grande, que la información añadida por la segunda función  $Y_2$  apenas es relevante y ésta se ignora, ya que su contribución a la separación entre los grupos no es significativa.

El objetivo del análisis discriminante es, precisamente, mejorar la separación entre grupos utilizando no sólo un par de variables, sino todas variables disponibles. Para ello, la información de todas las variables se combina en unas funciones lineales que son las denominadas funciones discriminantes

### **2.5.2. Análisis Discriminante de Fisher**

Fisher (1936) presentó la primera aproximación a la clasificación multivariante para el caso de dos grupos. Los coeficientes propuestos por Fisher se utilizan únicamente para la "clasificación". Al solicitar esta opción se obtiene una función de clasificación para cada grupo. En el caso de dos grupos, la diferencia entre ambas funciones da lugar a un vector de coeficientes

proporcional a los coeficientes no tipificados de la función discriminante canónica. Para aplicar estos coeficientes, se calcula cada una de las funciones para un sujeto dado y se clasifica al sujeto en el grupo en el que la función obtiene una puntuación mayor.

Es importante mencionar que el método de Fisher no requiere del supuesto de normalidad multivariada, asume matrices de covarianzas homogéneas entre grupos y usa la métrica de Mahalanobis para la discriminación.

### **2.5.3. Análisis Discriminante Canónico (ADC)**

Cuando más de dos grupos o poblaciones describen la estructura de las observaciones, el método de Fisher es generalizado bajo el nombre de análisis discriminante canónico.

La lógica del ADC para la separación de los grupos se sustenta en la obtención de la combinación lineal ( $Z$ ) de las variables independientes ( $Y_i$ ), de forma que la correlación entre  $Z$  y  $Y_i$  sea maximizada. La idea básica en el ADC es encontrar los valores de los coeficientes que maximicen la correlación entre  $Z$  y  $Y_i$ . El ADC transforma las variables originales en un número pequeño de variables compuestas, denominadas funciones o variables canónicas, que maximizan la variación entre los grupos y minimizan la variación dentro de ellos.

La combinación lineal para una función discriminante (Z) puede ser representada por:

$$Z = \mu_1 Y_1 + \mu_2 Y_2 + \dots + \mu_i Y_i$$

Donde  $\mu_i$  es el coeficiente canónico y  $Y_i$  son las variables independientes medidas.

El número máximo de funciones discriminantes canónicas generadas es igual al número de grupos menos uno.

La distancia de Mahalanobis ( $D^2$ ), definida como el cuadrado de la distancia entre las medidas de los valores estandarizados de Z (centros), fue utilizada para verificar si existían diferencias significativas entre los grupos. De esa forma, cuanto mayor el valor de  $D^2$ , mayor la distancia entre las medias de los dos grupos considerados. El centro de cada grupo representa el valor medio discriminante de los individuos de cada tratamiento. El estadístico lambda de Wilks fue usado para evaluar si las funciones discriminantes canónicas contribuyeron significativamente en la separación de los grupos.

## **CAPITULO III**

### **3. METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

El presente capítulo da una explicación acerca de: la población objetivo (las provincias y haciendas que participan) y cómo fueron los datos levantados por parte del CIBE. Luego se describen los diferentes tipos, tratamientos de enmiendas orgánicas (sólidas y líquidas) y las variables (químicas, físicas y microbiológicas) que intervienen dentro de la investigación. También se menciona la metodología que se utilizó para la evaluación química de cada elemento en los dos tipos de enmiendas orgánicas para la obtención de los datos.

### **3.1. Antecedentes**

El compost en el suelo mejora la estructura, ayuda a reducir la erosión, beneficia la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

Estos tipos de mejoradores edáficos pueden ayudar a restablecer la dinámica biológica del suelo y la pérdida de fertilidad (Ruiz, 1996). En dependencia de sus características, las enmiendas son productos que pueden proveer cantidades sustanciales de materia orgánica y nutrientes a los cultivos en los cuales se utilizan.

Los beneficios de estos productos, en la producción agrícola se han evidenciado desde el mejoramiento de las condiciones físicas de suelo, el incremento de la actividad microbiológica, la prevención de la pérdida de nutrientes por lixiviado, el incremento de la fertilidad de suelo, hasta el decremento de la contaminación de las aguas freáticas, entre otras. La composición nutricional de estos productos es muy variable ya que dependen de la calidad y variedad de los desechos orgánicos, aspectos de procesamiento; además, de la experiencia desarrollada por los agricultores.

### **3.2. Población Objetivo**

A pesar que los datos fueron levantados por parte del CIBE (Centro de Investigación Biotecnológica del Ecuador), es oportuno dar a conocer como fueron los datos recolectados para tener una idea de cómo se obtuvieron estos.

Para obtener información representativa sobre las enmiendas orgánicas sólidas y líquidas en el Ecuador, se seleccionaron tres de las provincias con las mejores características para la actividad, que se resumen en: reunir más del 85% de la producción bananera nacional, contar en su geografía con bananeras que producen tanto en sistema orgánico como convencional, y finalmente poseer bananeras que desde hace 10 años aproximadamente preparan y utilizan enmiendas orgánicas en sus plantaciones.

Las muestras de enmiendas orgánicas sólidas y líquidas se tomaron en diferentes haciendas en la provincia del Guayas, El Oro y Los Ríos.

Entre las Haciendas participantes para esta investigación tenemos en la provincia del Guayas: Lastenia, Carmita, Miraflores, Santa Marianita, San Humberto, Allba Elena, Pucará, Busetá, Farina, Locuras, María de Lourdes, Cinco Hermanos. En la provincia de El Oro: Celia María, Palmar, Pinco, Celia Irlanda, Calichama, Gacela, Cristina María. Y en los Ríos: Banasoma.

### **3.3. Descripción de Variables**

### 3.3.1. Enmiendas Orgánicas Sólidas (EOS)

El compost y el bocashi son un tipo de abono orgánico procesado, donde el compost es el estado más avanzado en la descomposición de la materia orgánica a relación del bocashi que es simplemente un abono orgánico fermentado.

Para este estudio contamos con 26 indicadores tanto para la enmienda orgánica compost como para la enmienda orgánica bocashi. En cada grupo los indicadores corresponden a análisis: químico, físico y microbiológico que se hicieron a las muestras de abono orgánico que se aplican en los suelos de las haciendas bananeras.

Entre los 26 indicadores de los dos grupos de enmiendas orgánicas tenemos:

- *17 indicadores químicos:* potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), nitrógeno (N), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B), silicio (Si), hierro (Fe), carbono (C), materia orgánica (MO), ácido húmico, conductibilidad eléctrica (CE), Intercambio catiónico (CIC), PH.
- 3 indicadores físicos: humedad, densidad y tamaño de partícula.
- 6 indicadores Microbiológicos: aerobios T, anaerobios T, hongos y levadura, actinomicetos, respiración microbial, biometría microbial.

Las metodologías utilizadas para cada parámetro se mencionan en la **Tabla 3.1** a continuación:



<b>Tabla 3.1 Enmienda Orgánica Sólida Metodología</b>	
<b>Indicadores/Parámetros</b>	<b>Métodos</b>
<b>Físico</b>	
Densidad	Relación peso/volumen
Humedad	AOAC 17TH 930.15
Tamaño de partícula	Granulometría INEN
<b>Químico</b>	
Micronutrientes y Macronutrientes	OLSEN modificado
pH	AOAC 17TH 943.02
Conductividad eléctrica	Pasta de saturación
Carbono total	Walkey & Black Espectrofotometría VV
Materia orgánica	Walkey & Black Ultravioleta visible
Nitrógeno total	Micro KJELDHAL
Ácidos Húmicos	IHSS method
Cap. de Intercambio Catiónico	Acetato de amonio a pH neutro
<b>Microbiológicos</b>	
Aerobios totales	BAM 2001 cap. 3
Anaerobios totales	AOAC 17TH 976.30
Bacterias y Hongos Totales	BAM 2001 cap. 18
Actinomicetos	estandarizada
Respiración microbial	estandarizada
Biomasa microbial	estandarizada

Fuentes: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

### 3.3.1.1. Parámetros de Control y Afectación del Proceso

Los factores que afectan el proceso de compostaje, según Climent et al. (1996), están íntimamente relacionados con parámetros como la naturaleza de los desechos

orgánicos y/o con sus condiciones de desarrollo de la población microbiana. Esta última afecta el proceso porque durante la transformación de la materia orgánica los microorganismos requieren condiciones ambientales óptimas en cada una de sus fases (Röben, 2002).

### **Tamaño de las Partículas**

La mayoría de los residuos son de forma irregular y con poca superficie específica por lo cual es importante reducir el tamaño de estos, ya que se incrementa la velocidad de las reacciones bioquímicas, lo cual favorece la actividad microbiana (Röben, 2002). El exceso de partículas pequeñas puede llevar fácilmente a favorecer la putrefacción, lo que no es ideal para la producción de compost (Bongcam, 2003; Climent et al., 1996; Tchobanoglous et al., 1994).

### **Acción de los Metales Pesados**

Según Corbitt (2003), la presencia de metales pesados en el compost puede aumentar su concentración en las cosechas y ser tóxica para los seres humanos. Los elementos de mayor preocupación para la salud de los seres humanos son el cadmio, plomo, arsénico, selenio y mercurio.

### **Contenido de Humedad**

Para Henao (1996) el agua es uno de los factores más importantes en el proceso de compostaje. Si su contenido es muy bajo, se detiene la actividad microbiológica del

proceso; y si es muy alto se dan condiciones anóxicas porque el agua desplaza al aire de los espacios libres existentes. Soto (2003) menciona que altos niveles de humedad pueden facilitar una mayor pérdida de nitrógeno, que favorecen la desnitrificación.

### **Relación C / N**

Según Labrador (2001), la relación C/N es el factor ambiental más importante en un proceso de compostaje y debe controlarse para asegurar una fermentación correcta siendo este uno de los parámetros que mejor indica la maduración del compost. El proceso de compostaje depende de la acción de los microorganismos que requieren de una fuente de carbono que les proporcione energía y material para nuevas células junto a un suministro de nitrógeno para proteínas celulares (Mouat, 1975). Se considera que si hay suficiente nitrógeno disponible en la materia orgánica original, la mayoría de los otros nutrientes estarán también disponibles en cantidades adecuadas (Labrador, 2001).

### **Temperatura**

La temperatura esta condicionada por la humedad y la aireación, y varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo a este parámetro el proceso de compostaje se divide en cuatro etapas: mesofílica (< de 40 °C), termofílica (40 a 60°C), fase de enfriamiento (< de 40 °C) y fase de maduración (temperatura

ambiente). En la fase termofílica, se alcanzan las temperaturas más altas, las cuales son relevantes para que se dé la “autoesterilización” del sustrato, asegurando la eliminación de microorganismos y sustancias no deseadas en el producto final. A temperaturas demasiado elevadas se produce una inhibición de la actividad vital de la mayoría de los microorganismos que inciden en el compostaje, frenándose así la descomposición de la materia orgánica. (Cegarra, 1994; Corbitt, 2003; Gómez et al., 1996).

## **pH**

El pH, al igual que la temperatura, varía con el tiempo durante el proceso de compostaje debido a su acción sobre los microorganismos, por lo que se convierte en una medida de vital importancia para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos (Thobanoglous et al., 1994).

### **3.3.2. Enmiendas Orgánicas Líquidas (EOL)**

Es una preparación que convierte la materia orgánica sólida en un abono líquido a través de procesos aeróbicos y anaeróbicos.

Para esta investigación los datos que se tomaron de la enmienda orgánica líquida se los analizó bajo el tratamiento de dos tipos de microorganismos.

Los microorganismos pueden ser locales o eficientes. Se conoce como microorganismos locales a los abonos orgánicos que son preparados por el mismo agricultor y los eficientes son aquellos que encontramos listos para su uso en el mercado.

La actividad de los microorganismos es muy importante para la transformación y la vida de los suelos. Las bacterias y los hongos participan en los ciclos del carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y en la incorporación del potasio y el magnesio, entre otros, para su asimilación por los vegetales. Debido a estas razones se ha tomado en cuenta en este estudio la procedencia de estos microorganismos como factor importante a analizar.

Se realizó un análisis: químico, físico y microbiológico de las enmiendas orgánicas líquidas en uno, dos y cuatro meses de preparación del bioproducto. Al finalizar la preparación de los bioproductos y para el análisis de los mismos se separó la parte líquida del bioproducto conocida por los agricultores como biol de la parte sólida que se la conoce como sedimento.

De los índices o parámetros que se analizarán solo se tomara en cuenta el biol ya que es la parte del bioproducto que el agricultor utiliza como abono orgánico.

Para este estudio contamos con 16 indicadores que corresponden a los análisis: químico, físico y microbiológico que se hicieron a las muestras de abono orgánico líquidos que se aplican por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras. Estos 16 indicadores son:

- 11 indicadores químicos: potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), nitrógeno (N), zinc (Zn), cobre (Cu), silicio (Si), conductibilidad eléctrica (CE), salinidad, PH.
- 2 indicadores físicos: temperatura, densidad de solutos totales (TDS).
- 3 indicadores Microbiológicos: Coliformes, Escherichia Coli, Hongos y Levaduras.

Las metodologías utilizadas para cada parámetro se mencionan en *la Tabla 3.2* a continuación:

<b>Tabla 3.2 Enmienda Orgánica Líquidas Metodología</b>	
<b>Indicadores/Parámetros</b>	<b>Métodos</b>
<b>Químico</b>	
Micronutrientes y Macronutrientes	OLSEN modificado
pH	AOAC 17TH 943.02

Conductividad eléctrica	Pasta de saturación
Carbono total	Walkey & Black Espectrofotometría VV
Materia orgánica	Walkey & Black Ultravioleta visible
Nitrógeno total	Micro KJELDHAL
Ácidos Húmicos	IHSS method
Cap. de Intercambio Catiónico	Acetato de amonio a pH neutro
<b>Microbiológicos</b>	
Aerobios totales	BAM 2001 cap. 3
Anaerobios totales	AOAC 17TH 976.30
Bacterias y Hongos Totales	BAM 2001 cap. 18
Actinomicetos	estandarizada
Respiración microbial	estandarizada
Biomasa microbial	estandarizada

Fuentes: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La información con que se trabajó los análisis microbiológicos es basada en una tabla de conversión (NCR) que se encuentra en el *Anexo 14*.

# CAPÍTULO IV

## 4. ANALISIS ESTADISTICO

### Introducción

En el presente capítulo se realiza un análisis estadístico de las variables en estudio. Primero se realiza un análisis descriptivo Univariado para cada una de las variables tanto para las enmiendas orgánicas sólidas como líquidas, luego se realiza un análisis Bivariado determinando la correlación entre los indicadores químicos, físicos y microbiológicos de los tipos de enmiendas orgánicas. Para continuar con el estudio se realiza el análisis Multivariado, aplicando como primer análisis el ACP con el fin de construir nuevas variables que puedan representar la información original y aumentar la comprensión de este. Como segundo método multivariado se realiza un análisis de clusters en la que se pretende encontrar patrones para clasificar los datos en grupos homogéneos, denominados conglomerados. Y finalmente se realiza un análisis discriminante con el fin de analizar si existen diferencias entre una serie de grupos en las que se divide la población de estudio y si con el modelo se puede predecir a que grupo pertenece las nuevas observaciones.



#### **4.1. Análisis Univariado**

Dentro de estos dos grupos de enmiendas orgánicas (sólidas y líquidas) se analizaron en forma individual las variables que corresponden a los análisis: químico, físico y microbiológico (tanto para las enmiendas orgánicas sólidas como las líquidas) que se realizaron a las muestras de abono orgánico que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras. Aquí se cuantificó las medidas de tendencia central y variabilidad de cada una de las variables, se analizó también su distribución y si cada uno de estas proviene de una distribución normal.

Las enmiendas orgánicas sólidas se las analizó en dos diferentes tipos: compost y bocashi; mientras que en las enmiendas orgánicas líquidas, bajo el tratamiento de microorganismos: locales y eficientes.

#### 4.1.1. Enmiendas Orgánicas Sólidas: *Compost*

##### Codificación de las Variables:

<b>Tabla 4.1</b> <b>Enmiendas Orgánicas Sólidas</b> <b>Compost</b>	
<b>Análisis Químico</b>	
EOSCQK	Potasio
EOSCQP	Fósforo
EOSCQCa	Calcio
EOSCQMg	Magnesio
EOSCQN	Nitrógeno
EOSCQZn	Zinc
EOSCQCu	Cobre
EOSCQMn	Manganeso
EOSCQB	Boro
EOSCQSi	Silicio
EOSCQFe	Hierro
EOSCQC	Carbono
EOSCQMO	Materia Orgánica
EOSCQAH	Acido Húmico
EOSCQCE	Conductividad Eléctrica
EOSCQCIC	Intercambio Catiónico
EOSCQPH	PH
<b>Análisis Físico</b>	
EOSCFH	Humedad
EOSCFD	Densidad
EOSCFTP	Tamaño de Partículas
<b>Análisis Microbiológicos</b>	
EOSCM Ae	Aerobio T
EOSCM An	Anaerobios T
EOSCM HyL	Hongos y Levadura
EOSCM A	Actinomicetos
EOSCM R	Respiración Microbial
EOSCM B	Biometría Microbial

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

##### 4.1.1.1. Análisis Químico: Macronutrientes

La **Tabla 4.2** registra el resumen del análisis univariado de los *macronutrientes* de la enmienda orgánica sólida: *compost*, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

<b>Tabla 4.2</b> <b>Enmienda Orgánica Sólida: Compost</b> <b>Resumen Univariado de los Macronutrientes</b>								
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Sesgo</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>	<b>Q3</b>
EOSCQK	2.62	2.49	0.79	2.89	8.67	1.41	1.72	2.77
EOSCQP	0.67	0.39	0.12	0.51	-1.01	0.29	0.62	1.050
EOSCQCa	15.53	2.83	0.90	0.16	-1.80	13.06	15.31	18.60
EOSCQMg	4.56	2.62	0.83	0.80	0.44	2.41	4.37	6.38
EOSCQN	1.62	0.45	0.14	1.00	0.17	1.273	1.50	2.003

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable química, *potasio* (K) tiene un promedio estimado de  $2.62 \pm 0.79$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (8.67) y de sesgo positivo (2.89) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

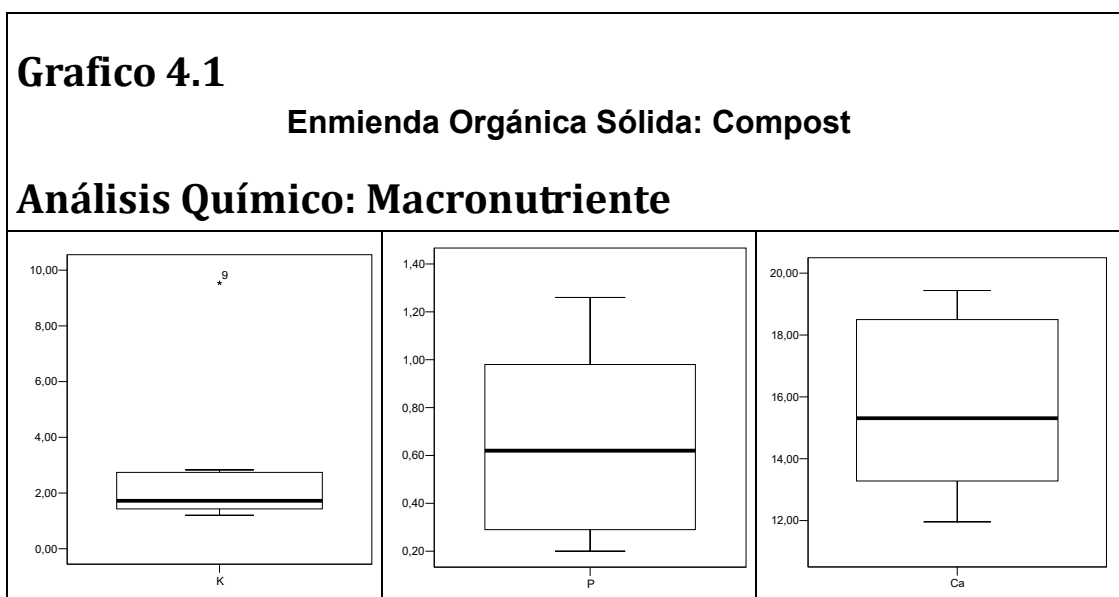
La variable química, *fósforo* (P) tiene un promedio estimado de  $0.67 \pm 0.12$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1,01) y de sesgo positivo (0.51) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

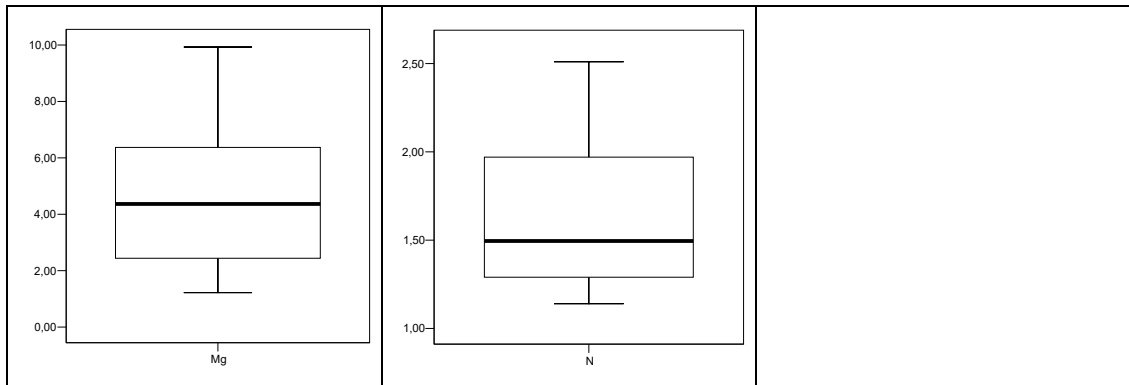
La variable química, *calcio* (Ca) tiene un promedio estimado de  $15,53 \pm 0.90$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1,80) y de sesgo positivo (0.16) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química, *magnesio* (Mg) tiene un promedio estimado de  $4.56 \pm 0.82$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, esta determinada por el coeficiente de curtosis (0.44) y de sesgo positivo (0.80) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química, *nitrógeno* (N) tiene un promedio estimado de  $1.62 \pm 0.14$ . Su simetría y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0.17) y de sesgo positivo (0.99) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.1** muestra los diagramas de caja de cada uno de los *macronutrientes* del análisis químico de la enmienda orgánica sólida: compost, los cuales se describen a continuación:





Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.1** se observa que la probabilidad de que el potasio tome valores superiores o inferiores a 1.72 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 1.41 y 2.77 que representa el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 9.54 ppm(Ug/g).

En el **Grafico 4.1**, la probabilidad de que el fósforo tome valores superiores o inferiores a 0.62 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.29 y 1.05 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.1**, la probabilidad de que el calcio tome valores superiores o inferiores a 15.31 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 13.06 y 18.60 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.1**, la probabilidad de que el magnesio tome valores superiores o inferiores a 4.37 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 2.41 y 6.38 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.1**, la probabilidad de que el nitrógeno tome valores superiores o inferiores a 1.50 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 1.27 y 2.00 representada por el primer y tercer cuartil.

### **Prueba de Bondad de Ajuste de los Macronutrientes**

La prueba de bondad de ajuste para los macronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánicas sólida: compost se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***H<sub>0</sub>**: Los macronutrientes tienen una  
distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

***H<sub>1</sub>**: No es verdad  $H_0$*

En la **Tabla 4.3** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si los macronutrientes del análisis químico pueden ser modelados mediante una distribución normal.

<b>Tabla 4.3</b> <b>Enmienda Orgánica Sólida: Compost</b> <b>Prueba K-S para los Macronutrientes</b>			
<b>Variabes</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOSCQK	2.62	2.49	0.136
EOSCQP	0.67	0.39	0.908
EOSCQCa	15.53	2.83	0.847
EOSCQMg	4.56	2.62	0.938
EOSCQN	1.62	0.45	0.845

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que los macronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánica sólida: compost, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.3* para cada caso.

#### **4.1.1.2. Análisis Químico: Micronutrientes**

La *Tabla 4.2* registra el resumen del análisis univariado de los *micronutrientes* de la enmienda orgánica sólida: compost, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

Tabla 4.4 Enmienda Orgánica Sólida: Compost Resumen Univariado de los Micronutrientes								
Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOSCQZn	46.62	35.44	11.21	0.43	-1.54	14.43	39.265	80.82
EOSCQCu	4.44	3.56	1.12	0.55	-1.29	1.30	3.53	7.52
EOSCQMn	54.84	25.17	7.96	0.36	-0.30	31.42	56.35	70.35
EOSCQB	7.83	6.62	2.09	0.32	-1.18	1.33	8.06	12.98
EOSCQSi	13.47	8.51	2.69	0.64	-0.41	7.55	12.40	20.38
EOSCQFe	58.90	49.32	15.60	1.18	0.38	24.60	47.47	83.05

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable química, *zinc* (Zn), tiene un promedio estimado de  $46.62 \pm 11.21$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.54) y de sesgo positivo (0.43) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química, *cobre* (Cu), tiene un promedio estimado de  $4.44 \pm 1.12$  ppm(Ug/g). Y su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.29) y de sesgo positivo (0.55) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química, *manganeso* (Mn), tiene un promedio estimado de  $54.84 \pm 7.96$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.30) y de sesgo positivo (0.36) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

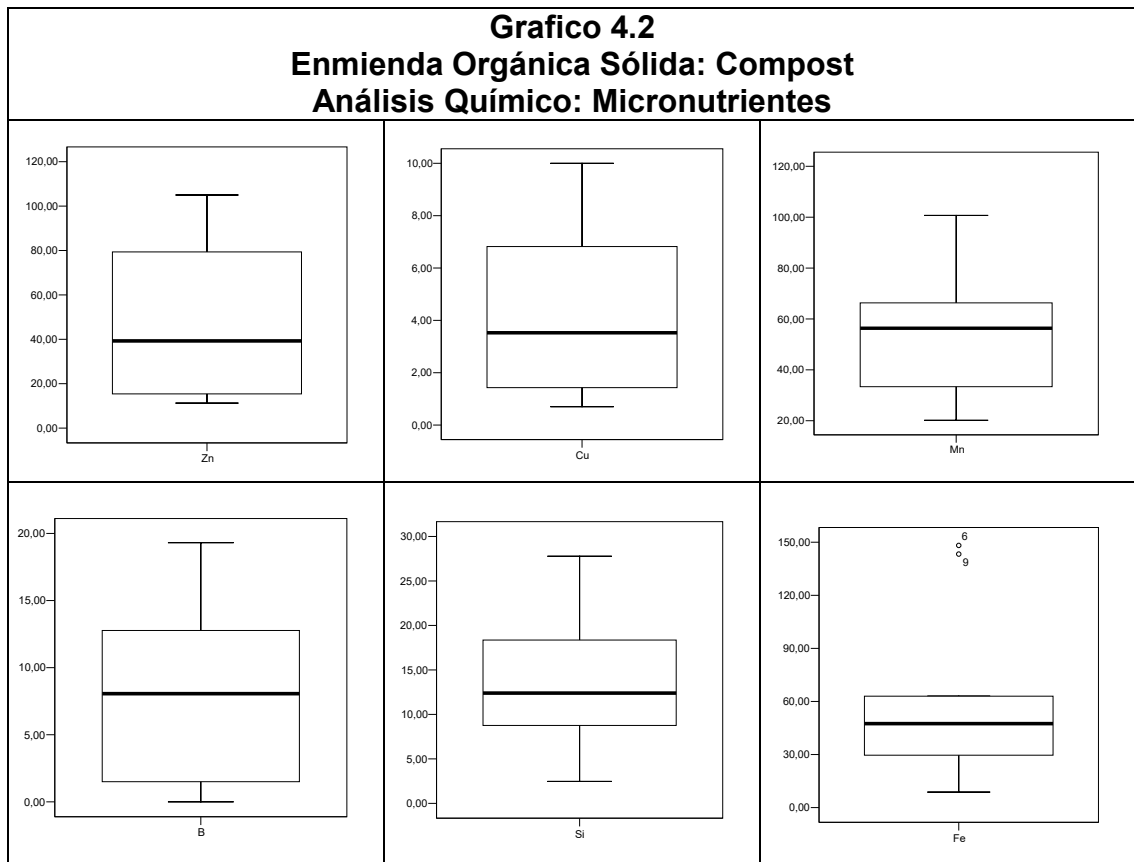


La variable química, *boro* (B), tiene un promedio estimado de  $7.83 \pm 2.09$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.18) y de sesgo positivo (0.32) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química, *silicio* (Si), tiene un promedio estimado de  $13.47 \pm 2.69$  (%). Su “simetría” y “picudez es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.41) y de sesgo positivo (0.64) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química, *Hierro* (Fe), tiene un promedio estimado de  $58.90 \pm 15.60$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0.38) y de sesgo positivo (1.18) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.2** muestra los diagramas de caja de cada uno de los *micronutrientes* del análisis químico de la enmienda orgánica sólida: compost, los cuales se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.2** se observa que la probabilidad de que el zinc tome valores superiores o inferiores a 39.27 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 14.43 y 80.82 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.2**, la probabilidad de que el cobre tome valores superiores o inferiores a 3.53 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 1.30y 7.52 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.2**, la probabilidad de que el manganeso tome valores superiores o inferiores a 56.35 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 31.42 y 70.35 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.2**, la probabilidad de que el boro tome valores superiores o inferiores a 8.06 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 1.33 y 12.98 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.2**, la probabilidad de que el silicio tome valores superiores o inferiores a 12.40 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 7.55 y 20.38 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.2** la probabilidad de que el hierro tome valores superiores o inferiores a 47.47 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 24.6 y 83.05 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 143.3 y 148.2 ppm(Ug/g).

### **Prueba de Bondad de Ajuste de los Micronutrientes**

La prueba de bondad de ajuste para los micronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánicas sólida: compost se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***H<sub>0</sub>: Los micronutrientes tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$***

***Vs.***

***H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>***

En la **Tabla 4.5** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si los micronutrientes del análisis químico pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.5 Enmienda Orgánica Sólida: Compost Prueba K-S</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOSCQZn	46.62	35.44	0.453
EOSCQCu	4.44	3.56	0.659
EOSCQMn	54.84	25.17	0.998
EOSCQB	7.83	6.62	0.909
EOSCQSi	13.47	8.51	0.701
EOSCQFe	58.90	49.32	0.474

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que los micronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánica sólida: compost, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la **Tabla 4.5** para cada caso.

#### 4.1.1.3. Otros Análisis Químico

La **Tabla 4.6** registra el resumen del análisis univariado de las variables químicas de la enmienda orgánica sólida: compost, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

Tabla 4.6 Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost Resumen Univariado de las Variables Químicas								
Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOSCQC	13.94	3.38	1.07	-1.15	1.01	11.26	15.02	16.23
EOSCQMO	24.27	6.05	1.91	-1.09	0.705	19.37	25.83	28.55
EOSCQAH	5.14	1.52	0.48	0.67	-0.45	3.95	4.87	6.37
EOSCQCE	13.47	9.08	2.87	1.92	4.37	7.12	10.79	17.31
EOSCQCIC	136.05	55.74	17.63	0.60	0.05	94.44	125.18	170.93
EOSCQPH	8.11	1.08	0.34	-0.18	0.65	7.5	8.01	8.90

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable química, *carbono* (C) tiene un promedio estimado de  $13.94 \pm 1.07$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (1.01) y de sesgo negativo (-1.15) como una distribución leptocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable química, *materia orgánica* tiene un promedio estimado de  $24.27 \pm 1.91$  (%). Su “simetría” y “picudez” es determinada por el coeficiente de curtosis (0.7) y el sesgo negativo (-1.09) como una distribución leptocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable química, *ácido húmico*, tiene un promedio estimado de  $5.14 \pm 0.48$  (%). Su “simetría” y “picudez” es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.45) y el sesgo positivo (0.67) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química, *conductividad eléctrica*, tiene como promedio estimado  $13.47 \pm 2.87$  (mS/cm). Su simetría y “picudez” es determinada por el coeficiente de curtosis (4.37) y de sesgo positivo (1.92) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química, *intercambio catiónico* (CIC), tiene un promedio estimado  $136.05 \pm 17.63$  (meg/100g). Su simetría y “picudez” es determinada por el coeficiente de curtosis (0.05) y el sesgo positivo (0.60) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

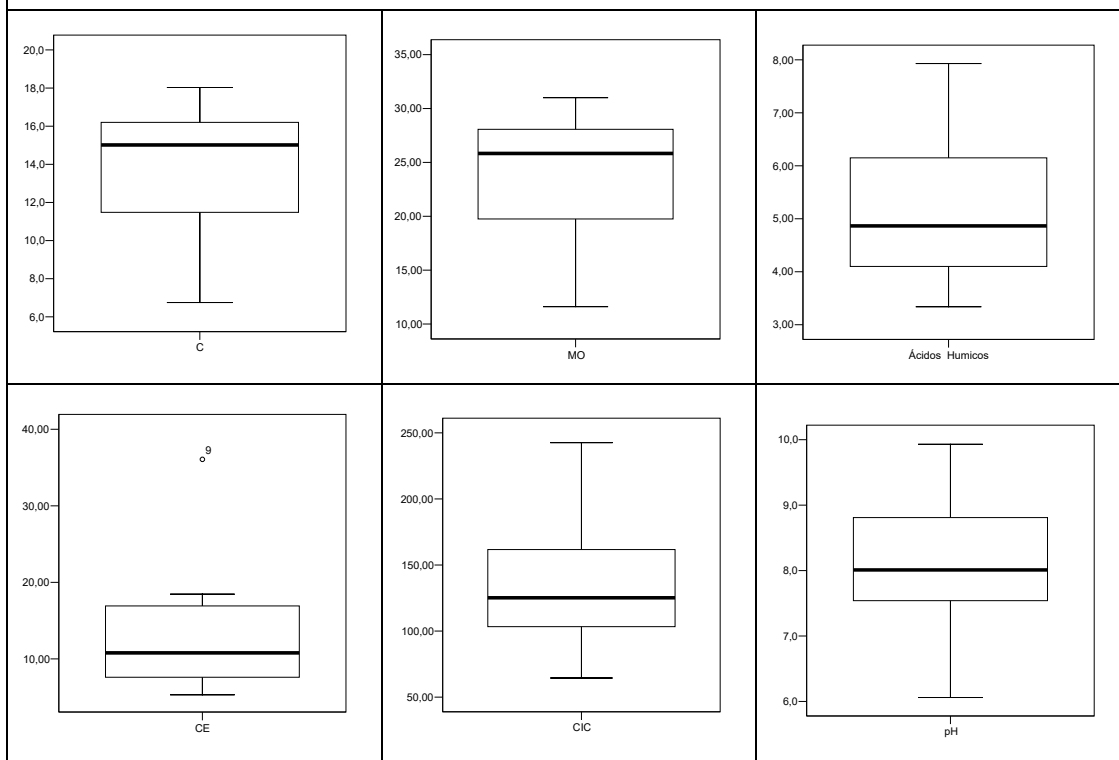
La variable química, *PH* tiene como promedio estimado  $8.11 \pm 0.34$ . Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0.65) y de sesgo negativo (-0.18) como una distribución leptocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

El **Grafico 4.3** muestra los diagramas de caja de las variables *químicas* de la enmienda orgánica sólida: compost, los cuales se describen a continuación:

### Grafico 4.3

#### Enmienda Orgánica Sólida: Compost

#### Variables Químicas



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.3** se observa que la probabilidad de que el carbono tome valores superiores o inferiores a 15.02 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 11.26 y 16.23 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.3**, la probabilidad de que la materia orgánica tome valores superiores o inferiores a 25.83 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 19.37 y 28.55 que representa por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.3**, la probabilidad de que el ácido húmico tome valores superiores o inferiores a 4.87 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 3.95 y 6.37 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.3** la probabilidad de que la conductividad eléctrica tome valores superiores o inferiores a 10.79 (mS/cm) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 7.12 y 17.31 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 36,07 (mS/cm).

En el **Grafico 4.3**, la probabilidad de que el intercambio catiónico tome valores superiores o inferiores a 125.18 (meg/100g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 94.44 y 170.93 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.3**, la probabilidad de que el pH tome valores superiores o inferiores a 8.01 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 7.5 y 8.90 representada por el primer y tercer cuartil.



## Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Químicas

La prueba de bondad de ajuste para las variables químicas de la enmienda orgánica sólida: compost se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

*H<sub>0</sub>: Las variables químicas tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

*H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>*

En la **Tabla 4.7** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables químicas pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.7</b> <b>Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost</b> <b>Prueba K-S para las Variables Químicas</b>			
<b>Variabes</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOSCQC	13.94	3.38	0.616
EOSCQMO	24.27	6.05	0.728
EOSCQAH	5.14	1.52	0.955
EOSCQCE	13.47	9.08	0.811
EOSCQCIC	136.05	55.74	0.986
EOSCQPH	8.11	1.08	0.980

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables químicas, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia

estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que las variables químicas de la enmienda orgánica sólida: compost, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.7* para cada caso.

#### 4.1.1.4. Análisis Físico

La **Tabla 4.8** registra el resumen del análisis univariado de las variables físicas, de las enmiendas orgánicas sólidas: compost, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

Tabla 4.8 Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost Resumen Univariado de las Variables Físicas								
Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOSCFH	45.23	19.898	6.29	0.36	-0.08	27.8	50.23	55.63
EOSCFD	0.48	0.17	0.05	0.18	-1.52	0.30	0.49	0.63
EOSCFTP	43.41	21.449	6.78	0.62	0.22	23.25	42.55	58.58

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

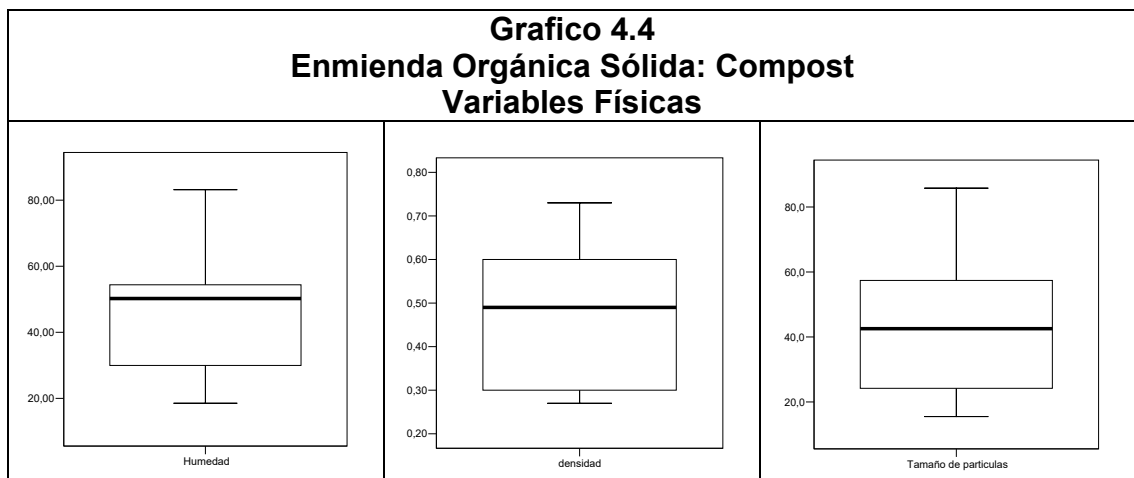
La variable física *humedad*, tiene un promedio estimado de  $45.23 \pm 6.29$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.08) y de sesgo positivo (0.36) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable física *densidad*, tiene un promedio estimado de  $0.48 \pm 0.05$  (g/ml). Su simetría y “picudez”, es determinado por el coeficiente de curtosis (-1.52)

y el sesgo positivo (0.18) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable física *tamaño de partícula*, tiene un promedio estimado de  $43,41 \pm 6.78$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0.22) y de sesgo positivo (0.62) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.4** muestra los diagramas de caja de las variables físicas de la enmienda orgánica sólida: compost. Estos se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.4** se observa que la probabilidad de que la humedad tome valores superiores o inferiores a 50.23 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 27.8 y 55.63 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.4**, la probabilidad de que la densidad tome valores superiores o inferiores a 0.49 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.30 y 0.63 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.4**, la probabilidad de que el tamaño de partícula tome valores superiores o inferiores a 42.55 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 23.25 y 58.58 representada por el primer y tercer cuartil.

### **Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Físicos**

La prueba de bondad de ajuste para las variables físicas de la enmienda orgánica sólida: compost se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***H<sub>0</sub>***: Las variables físicas tienen una  
distribución  $N(\mu, \sigma)$

***Vs.***

***H<sub>1</sub>***: No es verdad  $H_0$

En la **Tabla 4.9** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables físicas pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.9</b>			
<b>Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost</b>			
<b>Prueba K-S para las Variables Físicas</b>			
<b>Variabes</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOSCFH	45.23	19.898	0.948
EOSCFD	0.48	0.17	0.894
EOSCFTP	43.41	21.449	0.999

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada uno de las variables, es mayor que 0.05, por lo que concluimos que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que las variables físicas de la enmienda orgánica sólida: compost, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.9* para cada caso.

#### **4.1.1.5. Análisis Microbiológico**

La **Tabla 4.10** registra el resumen del análisis univariado de las variables *microbiológicas* de la enmienda orgánica sólida: compost, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

**Tabla 4.10**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Resumen Univariado de las Variables Microbiológicas**

Variable	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOSCMAe	1.20E+09	1072230743	339069133	0.41	-1.62	2.28E+08	9.00E+08	2.10E+09
EOSCMAn	24906	41097.39	12996.14	1.52	0.69	707.5	2950	52750
EOSCMHyL	3494400	5893373.51	1863648.3	2.43	6.26	255000	700000	4475000
EOSCMA	1750000	2027664.23	641203.73	1.61	2.73	160000	1.00E+06	2625000
EOSCMR	94.08	70.97	21.40	0.62	-0.44	57.59	78.35	171.43
EOSCMB	0.25	0.20	0.06	0.59	-0.53	0.074	0.22	0.40

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable microbiológica *aerobios T*, tiene un promedio estimado de  $1.19E+09 \pm 3.39E+08$  (UFC/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.62) y de sesgo positivo (0,41) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable microbiológica *anaerobios T*, tiene un promedio estimado de  $24906 \pm 12996.14$  (UFC/g). Su “simetría” y “picudez” es determinada por el coeficiente de curtosis (0,69) y el sesgo positivo (1.52) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable microbiológica *hongos y levadura* tiene un promedio estimado de  $3494400 \pm 1863648.3$  (UFC/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (6,26) y de sesgo positivo (2,43) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable microbiológica *actinomicetos*, tiene un promedio estimado de  $1750000 \pm 641203,73$  (UFC/g). Su simetría y “picudez” es determinada por el coeficiente de curtosis (2.73) y el sesgo positivo (1.61) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable microbiológica *respiración microbial*, tiene un promedio estimado de  $94.08 \pm 21.40$  (UFC/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.44) y de sesgo positivo (0.62) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

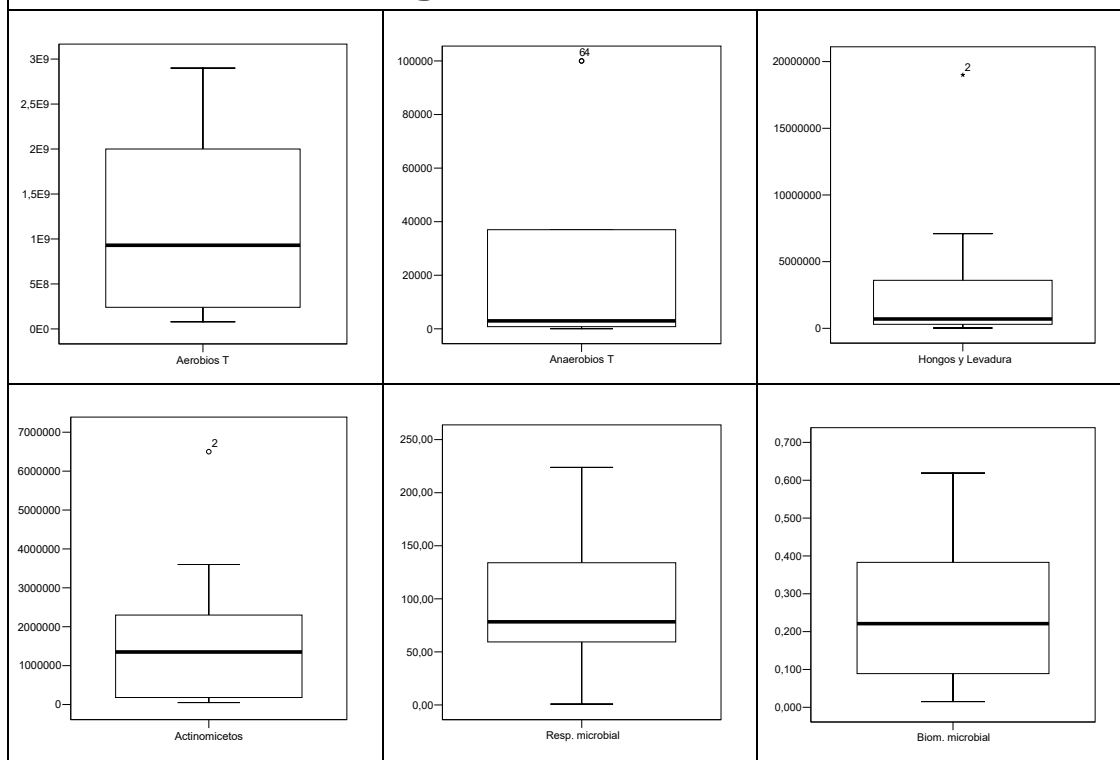
La variable microbiológica *biomasa microbial*, tiene un promedio estimado de  $0,25 \pm 0,06$  (mgC/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0,53) y de sesgo positivo (0,59) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.5** muestra los diagramas de caja de las variables microbiológicas de la enmienda orgánica sólida: compost. Estos se describen a continuación:

## Grafico 4.5

### Enmienda Orgánica Sólida: Compost

#### Variables Microbiológicas



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.5** se observa que la probabilidad de que el aerobios T tome valores superiores o inferiores a  $9.3E+08$  es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre  $2.28E+08$  y  $2.13E+09$  representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.5**, la probabilidad de que los anaerobios T tomen valores superiores o inferiores a 2950 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra



entre 707.5 y 52750 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 100000 (UFC/g).

En el **Grafico 4.5**, la probabilidad de que los hongos y levadura tomen valores superiores o inferiores a  $700E+03$  es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre  $255E+03$  y  $4475E+03$  representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es  $1.90E+07$  (UFC/g).

En el **Grafico 4.5**, la probabilidad de que el actinomiceto tome valores superiores o inferiores a  $1350E+03$  es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre  $160E+03$  y  $2625E+03$  representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es  $6.50E+06$  (UFC/g).

En el **Grafico 4.5**, la probabilidad de que la respiración microbial tome valores superiores o inferiores a 78.35 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 57.59 y 171.43 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.5**, la probabilidad de que la biomasa microbial tome valores superiores o inferiores a 0.22 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.07 y 0.40 representada por el primer y tercer cuartil.

### Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Microbiológicas

La prueba de bondad de ajuste para las variables microbiológicas de la enmienda orgánica sólida: compost se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

*H<sub>0</sub>: Las variables microbiológicas tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

*H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>*

En la **Tabla 4.11** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables microbiológicas pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.11</b> <b>Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost</b> <b>Prueba K-S para las Variables Microbiológicas</b>			
<b>Variabes</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOSCMAe	1.20E+09	1072230743	0.412
EOSCMA <sub>n</sub>	24906	41097.39	0.088
EOSCMH <sub>yL</sub>	3494400	5893373.51	0.358
EOSCMA	1750000	2027664.23	0.814
EOSCMR	94.08	70.97	0.699
EOSCMB	0.25	0.20	0.947

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor  $p$ , de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables microbiológicas, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que las variables microbiológicas de la enmienda orgánica sólida: compost, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.11* para cada caso.

#### 4.1.2. Enmiendas Orgánicas Sólidas: *Bocashi*

##### Codificación de las Variables:

<b>Tabla 4.12</b> <b>Enmiendas Orgánicas Sólidas</b> <b>Bocashi</b>	
<b>Análisis Químico</b>	
EOSBQK	Potasio
EOSBQP	Fósforo
EOSBQCa	Calcio
EOSBQMg	Magnesio
EOSBQN	Nitrógeno
EOSBQZn	Zinc
EOSBQCu	Cobre
EOSBQMn	Manganeso
EOSBQB	Boro
EOSBQSi	Silicio
EOSBQFe	Hierro
EOSBQC	Carbono
EOSBQMO	Materia Orgánica
EOSBQAH	Acido Húmico
EOSBQCE	Conductividad Eléctrica
EOSBQCIC	Intercambio Catiónico
EOSBQPH	PH
<b>Análisis Físico</b>	
EOSBFH	Humedad
EOSBFD	Densidad
EOSBFTP	Tamaño de Partículas
<b>Análisis Microbiológicos</b>	
EOSBMAe	Aerobio T
EOSBMA <sub>n</sub>	Anaerobios T
EOSBMHyL	Hongos y Levadura
EOSBMA	Actinomicetos
EOSBR	Respiración Microbial
EOSBMB	Biometría Microbial

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

#### 4.1.2.1. Análisis Químico: Macronutrientes

La **Tabla 4.13** registra el resumen del análisis univariado de los *macronutrientes* de las enmiendas orgánicas sólidas: compost, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

Tabla 4.13 Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi Resumen Univariado de los Macronutrientes								
Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOSBQK	2.72	1.88	0.59	0.45	-0.30	1.11	2.52	4.1
EOSBQP	0.73	0.41	0.13	0.95	1.00	0.42	0.70	0.97
EOSBQCa	16.80	5.25	1.66	0.64	-0.03	13.51	15.35	21.49
EOSBQMg	7.12	4.27	1.35	-0.03	-1.87	2.84	7.42	11.73
EOSBQN	1.74	0.52	0,16	0.83	1.987	1.39	1.73	1.93

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable química *potasio* (K), tiene un promedio estimado de  $2.72 \pm 0,59$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.30) y de sesgo positivo (0,45) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

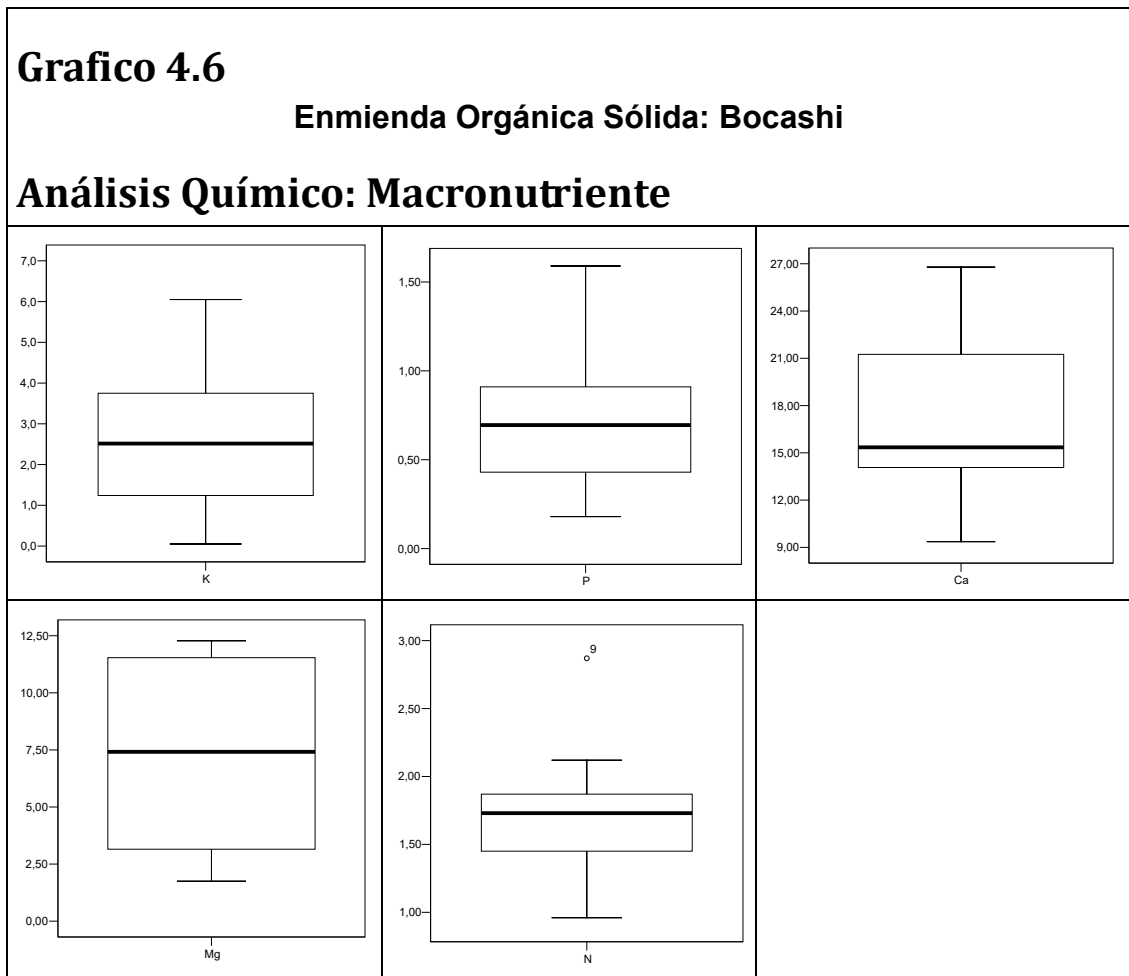
La variable química *fósforo* (P), tiene un promedio estimado  $0.73 \pm 0.13$  ppm(Ug/g). Su simetría y “picudez” es determinada por el coeficiente de curtosis (1.00) y el sesgo positivo (0.95) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *calcio* (Ca), tiene un promedio estimado  $16.80 \pm 1.66$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.03) y de sesgo positivo (0.64) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *magnesio* (Mg), tiene un promedio estimado  $7.12 \pm 1.35$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.87) y de sesgo negativo (-0.03) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable química *nitrógeno* (N), tiene un promedio estimado  $1,74 \pm 0,16$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (1,98) y de sesgo positivo (0,83) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.6** muestra los diagramas de caja de cada uno de los *macronutrientes* del análisis químico de la enmienda orgánica sólida: bocashi, los cuales se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.6** se observa que la probabilidad de que el potasio tome valores superiores o inferiores a 2.52 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta

probabilidad se encuentra entre 1.11 y 4.1 que representa el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.6**, la probabilidad de que el fósforo tome valores superiores o inferiores a 0.70 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.42 y 0.97 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.6**, la probabilidad de que el calcio tome valores superiores o inferiores a 15.35 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 13.51 y 21.49 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.6**, la probabilidad de que el magnesio tome valores superiores o inferiores a 7.42 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 2.84 y 11.73 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.6**, la probabilidad de que el nitrógeno tome valores superiores o inferiores a 1.73 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 1.39 y 1.93 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 2.87 (%).

### **Prueba de Bondad de Ajuste de los Macronutrientes**

La prueba de bondad de ajuste para los macronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánicas sólida: Bocashi se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

**$H_0$ :** Los macronutrientes tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$

**Vs.**

**$H_1$ :** No es verdad  $H_0$

En la **Tabla 4.14** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si los macronutrientes del análisis químico pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.14</b> <b>Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi</b> <b>Prueba K-S para los Macronutrientes</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOSBQK	2.72	1.88	0.972
EOSBQP	0.73	0.41	0.897
EOSBQCa	16.80	5.25	0.838
EOSBQMg	7.12	4.27	0.908
EOSBQN	1.74	0.52	0.813

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que los macronutrientes del análisis



químico de la enmienda orgánica sólida: bocashi, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.14* para cada caso.

#### 4.1.2.2. Análisis Químico: Micronutrientes

La *Tabla 4.15* registra el resumen del análisis univariado de los *micronutrientes* de las enmiendas orgánicas sólidas: bocashi, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

Tabla 4.15 Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi Resumen Univariado de los Micronutrientes								
Variables	Media	Mediana	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2
EOSBQZn	39,75	19,335	37,437	11,838	1,006	-0,967	12,81	19,335
EOSBQCu	3,465	1,03	4,691	1,483	1,764	1,917	0,638	1,03
EOSBQMn	65,43	52,105	30,11	9,521	0,582	-1,485	40,61	52,105
EOSBQB	15,589	9,755	15,151	4,791	0,691	-0,995	1,448	9,755
EOSBQSi	12,407	10,545	7,846	2,481	1,107	0,682	5,3	10,545
EOSBQFe	35,529	23,86	30,838	9,752	0,856	-0,834	11,97	23,86

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable química *zinc* (Zn), tiene un promedio estimado de  $39,75 \pm 11,83$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de

curtosis (-0,96) y de sesgo positivo (1,00) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *cobre* (Cu), tiene como promedio estimado  $3,46 \pm 1,48$  ppm(Ug/g). En cuanto a su simetría y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (1,91) y de sesgo positivo (1,76) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

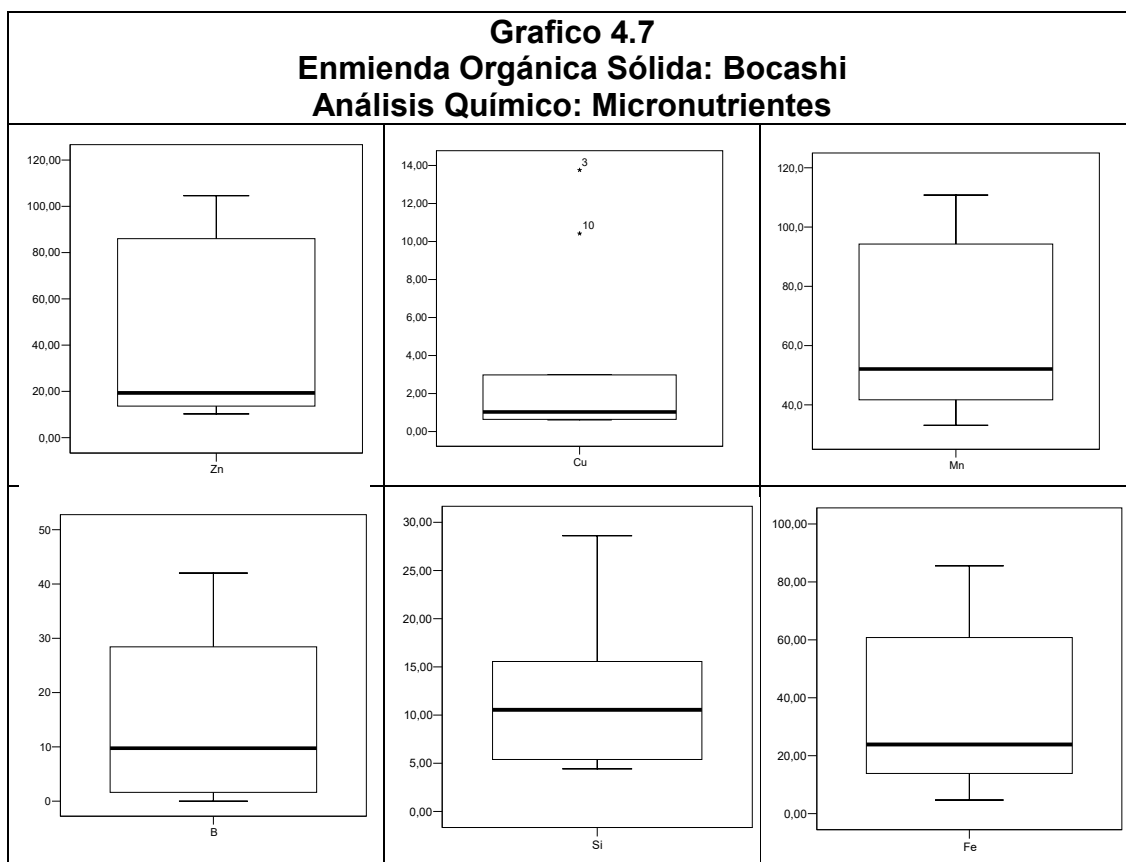
La variable química *manganeso* (Mn), tiene un promedio estimado de  $65,43 \pm 9,52$  ppm(Ug/g) con un máximo posible de 110,8 ppm(Ug/g) y un mínimo de 33,11 ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1,48) y de sesgo positivo (0,58) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *boro* (B), tiene un promedio estimado de  $15,58 \pm 4,79$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0,99) y de sesgo positivo (0,69) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *silicio* (Si), tiene un promedio estimado de  $12,40 \pm 2,48$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0,68) y de sesgo positivo (1,107) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *Hierro* (Fe), tiene un promedio estimado de  $35,529 \pm 9,75$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0,83) y de sesgo positivo (0.85) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.7** muestra los diagramas de caja de cada uno de los *micronutrientes* del análisis químico de la enmienda orgánica sólida: bocashi, los cuales se describen a continuación:



En el **Grafico 4.7** se observa que la probabilidad de que el zinc tome valores superiores o inferiores a 19.33 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 12.80 y 86.47 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.7**, la probabilidad de que el cobre tome valores superiores o inferiores a 1,03 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0,63 y 4,84 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 10.42 y 13.76 ppm(Ug/g).

En el **Grafico 4.7**, la probabilidad de que el manganeso tome valores superiores o inferiores a 52,105 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 40,605 y 97,82 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.34**, la probabilidad de que el boro tome valores superiores o inferiores a 9,75 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 1,44 y 30,05 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.35**, la probabilidad de que el silicio tome valores superiores o inferiores a 10,54 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 5,3 y 17,175 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.36**, la probabilidad de que el hierro tome valores superiores o inferiores a 23,86 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 11,97 y 66,71 representada por el primer y tercer cuartil.

### Prueba de Bondad de Ajuste de los Micronutrientes

La prueba de bondad de ajuste para los micronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánicas sólida: bocashi se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

*H<sub>0</sub>: Los micronutrientes tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

*H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>*

En la **Tabla 4.16** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si los micronutrientes del análisis químico pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.16</b> <b>Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi</b> <b>Prueba K-S para los Micronutrientes</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOSBQZn	39,75	37,437	0,323
EOSBQCu	3,465	4,691	0,195
EOSBQMn	65,43	30,11	0,592
EOSBQB	15,589	15,151	0,667
EOSBQSi	12,407	7,846	0,904

EOSBQFe	35,529	30,838	0,712
---------	--------	--------	-------

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor  $p$ , de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables, es mayor que 0.05, por lo que concluimos que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que los micronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánica sólida: bocashi, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.16* para cada caso.

#### 4.1.2.3. Otros Análisis Químico

La *Tabla 4.17* registra el resumen del análisis univariado de las variables químicas de la enmienda orgánica sólida: bocashi, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOSBQC	15.114	2.589	0.819	-0.578	-1.643	11.92	16.25	17.26
EOSBQMO	25.396	5.685	1.797	-1.194	0.729	20.51	27.945	29.688
EOSBQAH	4.512	1.113	0.352	-0.725	-0.129	3.828	4.635	5.575
EOSBQCE	14.242	4.844	1.531	-0.902	0.565	10.51	15.225	17.29
EOSBQCIC	131.27	44.075	13.937	0.052	-0.222	104.4	127.74	170.02
EOSBQPH	8.756	0.787	0.249	0.349	-1.152	8.018	8.75	9.41

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable química *carbono* (C), tiene un promedio estimado de  $15,11 \pm 0,81$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.64) y de sesgo negativo (-0.57) como una distribución leptocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable química *materia orgánica*, tiene un promedio estimado de  $25,396 \pm 1,79$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0.72) y de sesgo negativo (-1,19) como una distribución leptocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable química *ácido húmico*, tiene un promedio estimado de  $4,51 \pm 0,35$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0,12) y el sesgo negativo (-0,72) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica

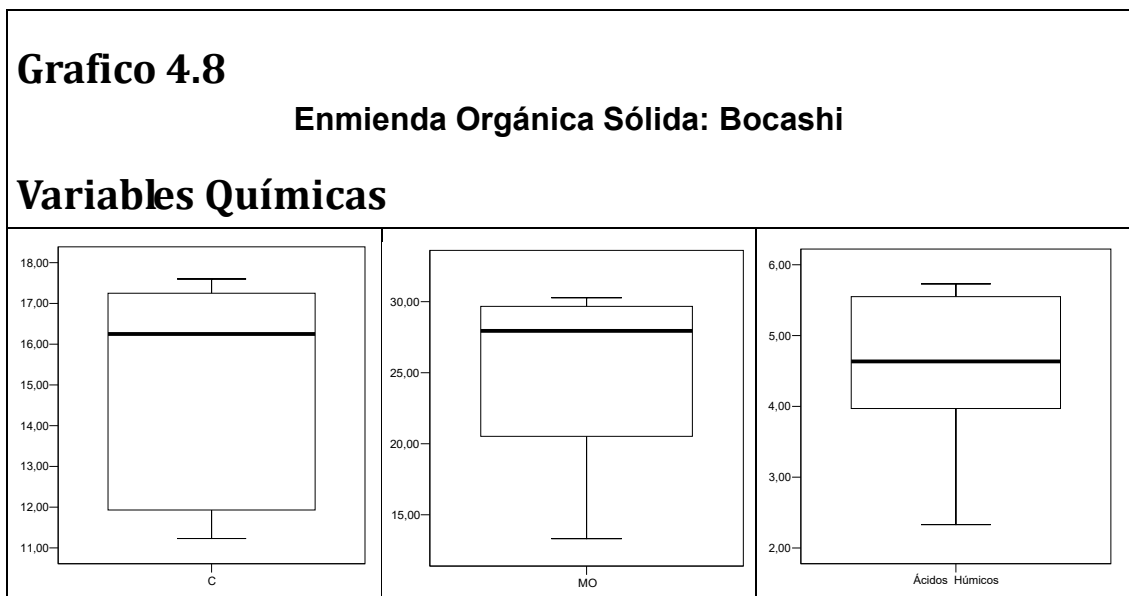
La variable química *conductividad eléctrica*, tiene como promedio estimado  $14,24 \pm 1,53$  (mS/cm). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0,56) y de sesgo positivo (-0,90) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *intercambio catiónico*, tiene un promedio estimado de  $131,26 \pm 13,93$  (meg/100g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el

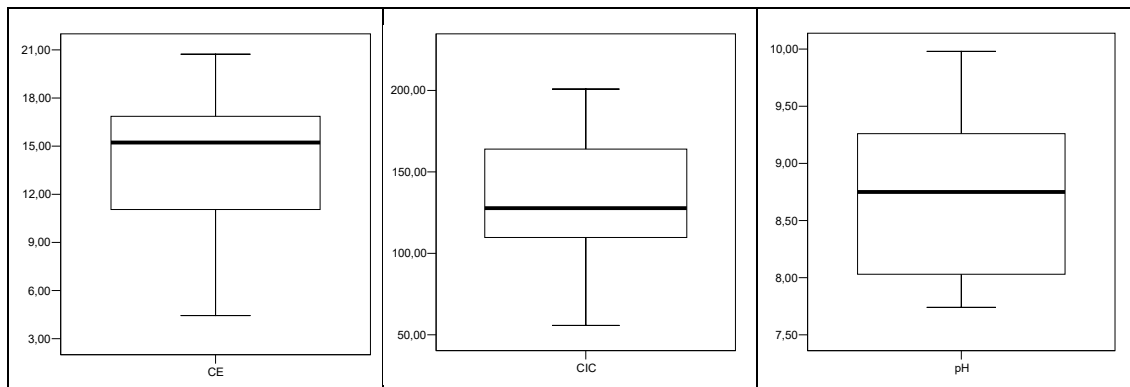
coeficiente de curtosis (-0,22) y de sesgo positivo (0,05) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química  $pH$ , tiene un promedio estimado de  $8.75 \pm 0.24$ . Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.15) y de sesgo positivo (0.34) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.8** muestra los diagramas de caja de las variables químicas de la enmienda orgánica sólida: bocashi, los cuales se describen a continuación:







Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.8** se observa que la probabilidad de que el carbono tome valores superiores o inferiores a 16,25 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 11,92 y 17,26 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.8**, la probabilidad de que la materia orgánica tome valores superiores o inferiores a 27,94 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 20,50 y 29,68 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.8**, la probabilidad de que el ácido húmico tome valores superiores o inferiores a 4,63 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 3,82 y 5,57 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.8**, la probabilidad de que la conductibilidad eléctrica tome valores superiores o inferiores a 15,22 (mS/cm) es 0.5, donde esta

probabilidad se encuentra entre 10,50 y 17.29 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.8**, la probabilidad de que el intercambio catiónico tome valores superiores o inferiores a 127,73 (meg/100g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 104,42 y 170,02 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.8**, la probabilidad de que el pH tome valores superiores o inferiores a 8.75 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 8.01 y 9.41 representada por el primer y tercer cuartil.

### **Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Químicas**

La prueba de bondad de ajuste para las variables químicas de la enmienda orgánica sólida: bocashi se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***H<sub>0</sub>**: Las variables químicas tienen una  
distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

***H<sub>1</sub>**: No es verdad  $H_0$*

En la **Tabla 4.18** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables químicas pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

Tabla 4.18 Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi Prueba K-S			
Variables	Media	Desviación Estándar	Valor P
EOSBQC	15.114	2.589	0.415
EOSBQMO	25.396	5.685	0.506
EOSBQAH	4.512	1.113	0.961
EOSBQCE	14.242	4.844	0.62
EOSBQCIC	131.265	44.075	0.968
EOSBQPH	8.756	0.787	0.93

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables químicas, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que las variables químicas de la enmienda orgánica sólida: bocashi, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.18* para cada caso.

#### 4.1.2.4. Análisis Físico

La *Tabla 4.19* registra el resumen del análisis univariado de las variables físicas de la enmienda orgánica sólida: bocashi, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

Tabla 4.19 Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi Resumen Univariado de las Variables Físicas								
Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOSBFH	50,065	18,996	6,007	-1,291	0,686	39,56	57,58	63,75
EOSBFD	0,489	0,112	0,035	0,12	0,09	0,4	0,498	0,557

EOSBFTP	42,463	8,142	2,575	-0,098	-1,374	35,14	42,9	50,7
---------	--------	-------	-------	--------	--------	-------	------	------

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

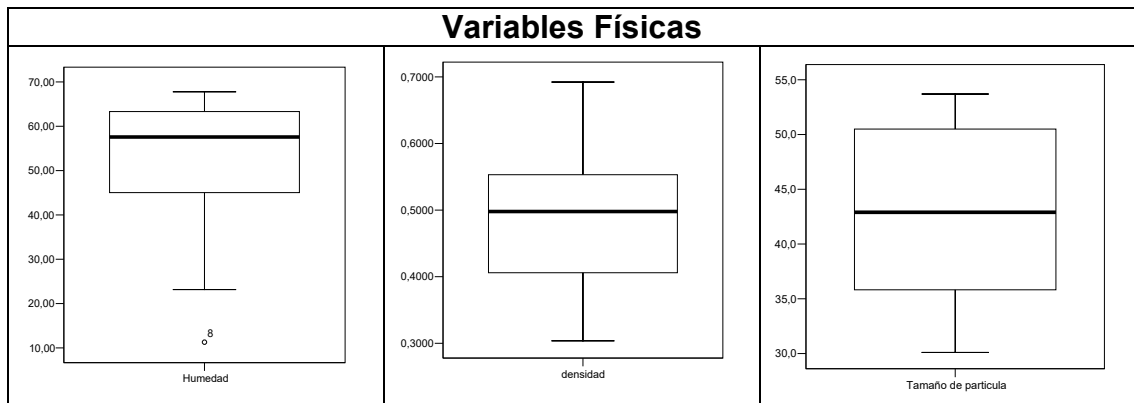
La variable física *humedad*, tiene un promedio estimado de  $50,06 \pm 6,00$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0,68) y de sesgo negativo (-1,29) como una distribución leptocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable física *densidad*, tiene un promedio estimado de  $0,48 \pm 0,05$  (g/ml). Su “simetría” y “picudez”, esta característica del indicador físico: densidad es determinada por el coeficiente de curtosis (0.08) y de sesgo positivo (0.11) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica

La variable física *tamaño de partícula*, tiene un promedio estimado de  $42,46 \pm 2,57$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1,37) y de sesgo negativo (-0,09) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

El **Grafico 4.9** muestra los diagramas de caja de las variables físicas de la enmienda orgánica sólida: bocashi. Estos se describen a continuación:

<p><b>Grafico 4.9</b> <b>Enmienda Orgánica Sólida: Bocashi</b></p>
--



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.9**, se observa que la probabilidad de que la humedad tome valores superiores o inferiores a 57,58 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 39,56 y 63,75 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 11.29 (%).

En el **Grafico 4.9**, la probabilidad de que la densidad tome valores superiores o inferiores a 0.49 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.40 y 0.55 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.9**, la probabilidad de que el tamaño de partícula tome valores superiores o inferiores a 42,9 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 35,14 y 50,7 representada por el primer y tercer cuartil.

### **Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Físicas**

La prueba de bondad de ajuste para las variables físicas de la enmienda orgánica sólida: bocashi se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***H<sub>0</sub>***: Las variables físicas tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$

**Vs.**

***H<sub>1</sub>***: No es verdad  $H_0$

En la **Tabla 4.20** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables físicas pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.20</b> <b>Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi</b> <b>Prueba K-S de las Variables Físicas</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOSCFH	50,065	18,996	0,796
EOSCFD	0,489	0,112	0,989
EOSCFTP	42,463	8,142	0,978

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables físicas, es mayor que 0.05, por lo que concluimos que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que las variables físicas de la enmienda orgánica sólida: bocashi, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.20* para cada caso.

#### 4.1.2.5. Análisis Microbiológico

La **Tabla 4.21** registra el resumen del análisis univariado de las variables *microbiológicas* de la enmienda orgánica sólida: bocashi, que se aplicaron en los suelos de las haciendas bananeras:

<b>Tabla 4.21</b> <b>Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi</b> <b>Resumen Univariado de las Variables Microbiológicas</b>								
Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesg	Curt	Q1	Q2	Q3
EOSCMAe	1,00E+09	1245278473	3,94E+08	1,2	0,26	5,00E+07	7,00E+08	2,00E+09
EOSCMA <sub>n</sub>	14423	30887,53	9767,5	2,89	8,57	370	3800	10350
EOSCMHyL	7,00E+06	16056689,7	5077571	3,09	9,67	3,00E+05	800000	4,00E+06
EOSCMA	2,00E+06	2471649,02	781604,1	1,32	0,45	3,00E+05	1,00E+06	4,00E+06
EOSCR	188,16	77,81	24,61	-0,19	0,04	144,4	183	246,52
EOSCMB	0,17	0,24	0,07	2,14	4,67	0,029	0,0805	0,276

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable microbiológica *aerobios T*, tiene un promedio estimado de  $1,07E+09 \pm 3,94E+08$  (UFC/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0.25) y de sesgo positivo (1,20) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable microbiológica *anaerobios T*, tiene un promedio estimado de  $24906 \pm 12996.14$  (UFC/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el

coeficiente de curtosis (0,68) y de sesgo positivo (1.52) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable microbiológica *hongos y levadura*, tiene un promedio estimado de  $6578000 \pm 5077571$  (UFC/g). Su “simetría” y “picudez”, esta característica del indicador microbiológico: hongos y levadura es determinada por el coeficiente de curtosis (9,66) y de sesgo positivo (3,09) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable microbiológica *actinomicetos*, tiene un promedio estimado de  $2126000 \pm 781604$  (UFC/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0,44) y de sesgo positivo (1,31) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

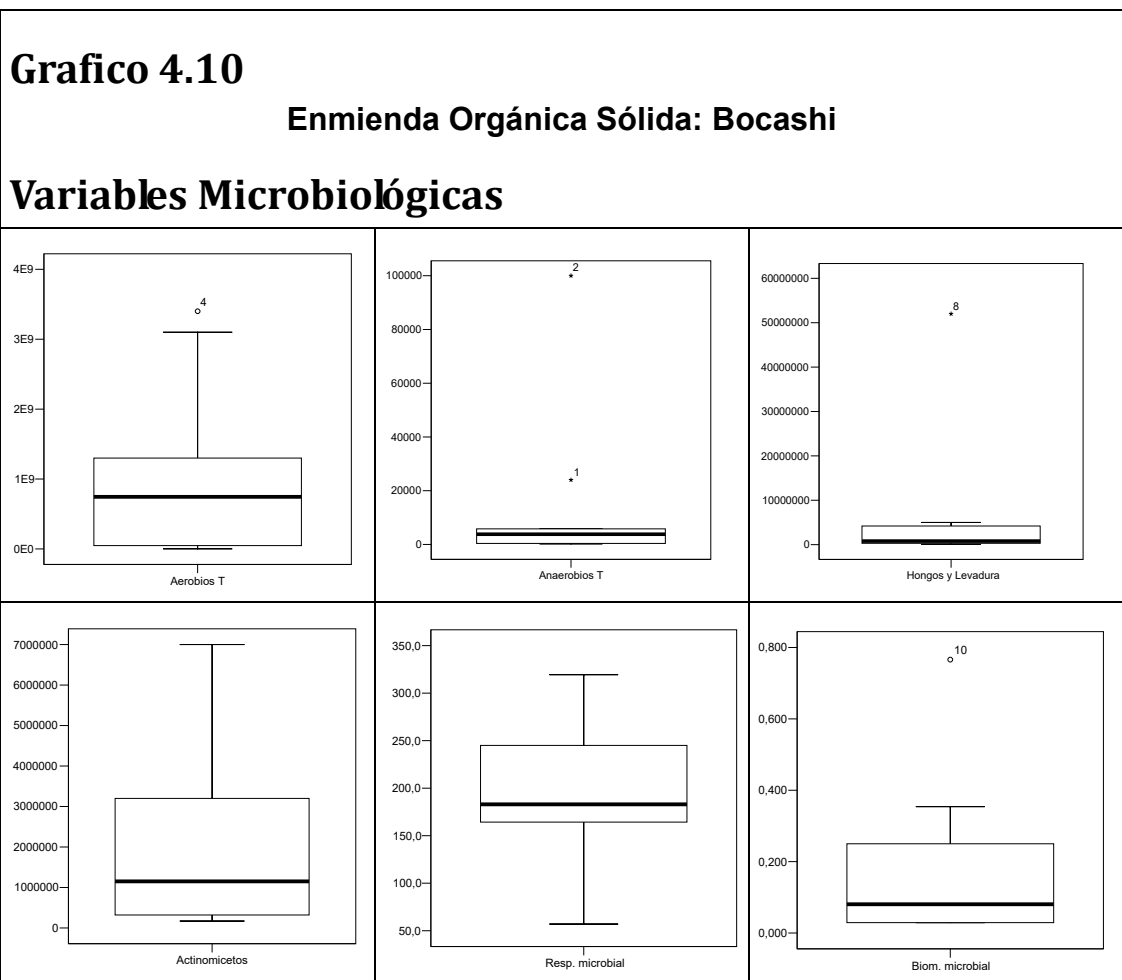
La variable microbiológica *respiración microbial*, tiene un promedio estimado de  $188,16 \pm 24,60$  (UFC/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0,04) y de sesgo negativo (-0,19) como una distribución leptocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable microbiológica *biomasa microbial*, tiene un promedio estimado de  $0,17 \pm 0,07$  (mgC/g). Su simetría y “picudez”, es determinada por el



coeficiente de curtosis (4,67) y de sesgo positivo (2,13) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.10** muestra los diagramas de caja de los indicadores microbiológicos de la enmienda orgánica sólida: bocashi. Estos se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.10** se observa que la probabilidad de que el aerobios T tome valores superiores o inferiores a  $7,45E+08$  es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 45000000 y  $1,75E+09$  representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es  $3,40E+09$  (UFC/g).

En el **Grafico 4.10**, la probabilidad de que los anaerobios T tomen valores superiores o inferiores a 3800 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 370 y 10350 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 24000 y 100000 (UFC/g).

En el **Grafico 4.10**, la probabilidad de que los hongos y levadura tomen valores superiores o inferiores a 800000 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 275000 y 4400000 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es  $5,2E+07$  (UFC/g)

En el **Grafico 4.10**, la probabilidad de que el actinomiceto tome valores superiores o inferiores a 1150000 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 282500 y 3875000 representada por el primer y tercer cuartil

En el **Grafico 4.10**, la probabilidad de que la variable respiración microbial tome valores superiores o inferiores a 182,99 es 0.5, donde esta probabilidad

se encuentra entre 144,40 y 246,51 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.10**, la probabilidad de que la biomasa microbial tome valores superiores o inferiores a 0,08 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0,03 y 0,27 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 0,797

### **Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Microbiológicas**

La prueba de bondad de ajuste para las variables microbiológicas de la enmienda orgánica sólida: bocashi se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***$H_0$ : Las variables microbiológicas tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$***

**Vs.**

***$H_1$ : No es verdad  $H_0$***

En la **Tabla 4.22** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables microbiológicas pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.22</b> <b>Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi</b> <b>Prueba K-S</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOSCMAe	1,1E+09	1245278473	0,68
EOSCMA <sub>n</sub>	14423	30887,53256	0,069
EOSCMH <sub>yL</sub>	6578000	16056689,71	0,042
EOSCMA	2126000	2471649,022	0,394
EOSCR	188,163	77,8095931	0,904
EOSCMB	0,1736	0,235126538	0,197

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La **Tabla 4.22** muestra el valor p, de la prueba de bondad de ajuste de la variable *hongos y levadura*, esta es menor que 0.05 a diferencia de las otras variables microbiológicas; por lo que se afirma que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; es decir que la variable hongos y levadura del análisis microbiológico de la enmienda orgánica sólida: bocashi no tiene una distribución  $N(6578000, 16056689,71)$ .

#### 4.1.3. Enmiendas Orgánicas Líquidas: Microorganismos Locales

##### Codificación de las Variables:

<b>Tabla 4.23</b> <b>Enmiendas Orgánicas Líquidas</b> <b>Microorganismos Locales</b> <b>Análisis Químico</b>
---

EOLLQK	Potasio
EOLLQP	Fósforo
EOLLQCa	Calcio
EOLLQMg	Magnesio
EOLLQN	Nitrógeno
EOLLQZn	Zinc
EOLLQCu	Cobre
EOLLQSi	Silicio
EOLLQPH	PH
EOLLQCE	Conductividad Eléctrica
EOLLQS	Salinidad
<b>Análisis Físico</b>	
EOLLQT	Temperatura
EOLLQTS	Total de Sólidos Disueltos
<b>Análisis Microbiológicos</b>	
EOLLMC	Coliforme
EOLLMEC	E.Coli
EOLLMHyL	Hongos y Levadura

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

#### 4.1.3.1. Análisis Químico: Macronutrientes

La **Tabla 4.24** registra el resumen del análisis univariado de los *macronutrientes* de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos locales, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

Variable	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOLLQK	8890	15066.80	5022.27	1.75	1.60	1226	1536	15922
EOLLQP	113.07	61.73	20.58	1.82	3.90	63.89	105.60	131.17
EOLLQCa	541.56	155.78	51.93	1.14	0.14	424	520	653
EOLLQMg	131.11	30.92	10.31	0.86	-0.43	103	128	158
EOLLQN	0.07	0.08	0.03	1.13	-0.06	0.01	0.04	0.13

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable química *potasio* (K), tiene un promedio estimado de  $8890 \pm 5022.27$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (1.60) y de sesgo positivo (1.75) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *fósforo* (P), tiene un promedio estimado de  $113.07 \pm 20.58$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez” es determinada por el coeficiente de curtosis (3.90) y el sesgo positivo (1.82) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

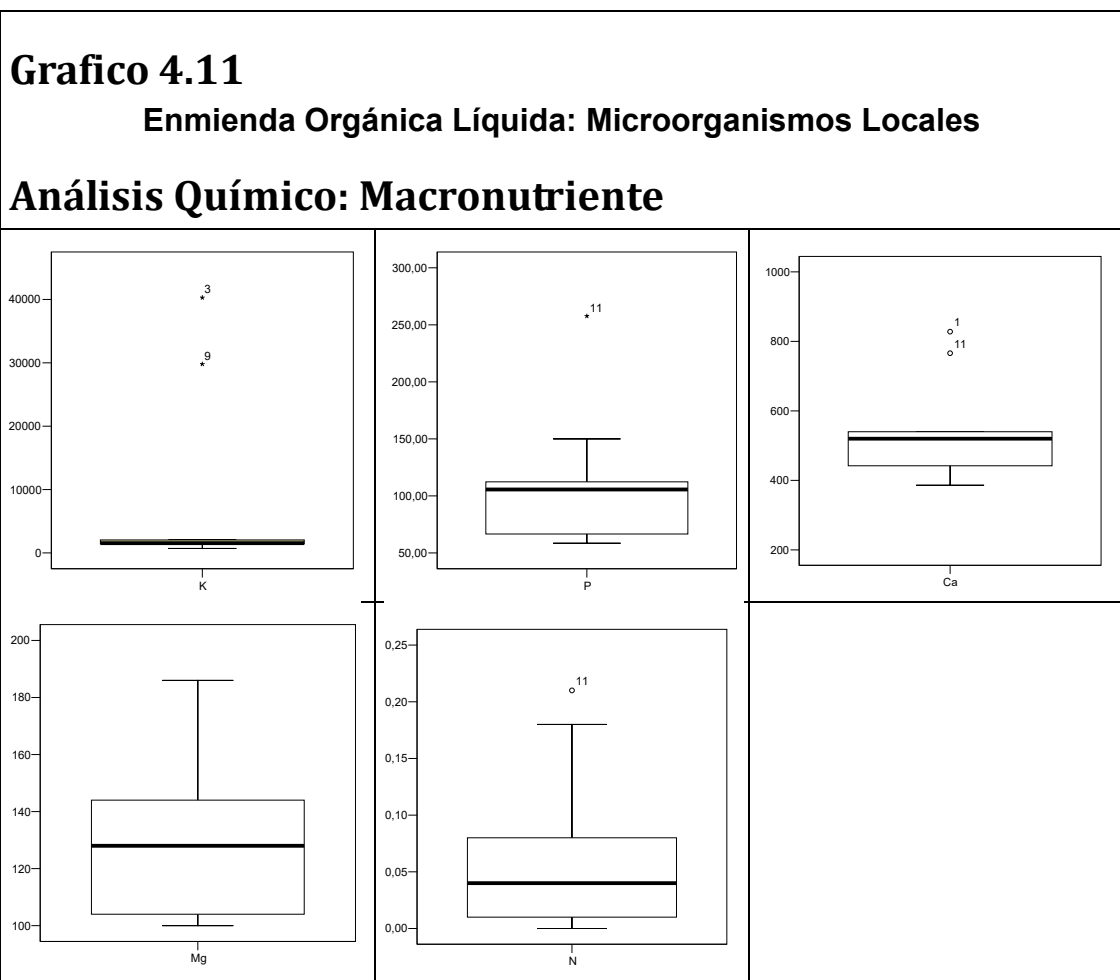
La variable química *calcio* (Ca), tiene un promedio estimado de  $541.56 \pm 51.93$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (0.14) y de sesgo positivo (1.14) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *magnesio* (Mg), tiene un promedio estimado de  $131.11 \pm 10.31$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.43) y de sesgo positivo (0.86) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *nitrógeno* (N), tiene un promedio estimado de  $0.07 \pm 0.03$  (%). Su “simetría” y “picudez” es determinada por el coeficiente de

curtosis (-0.06) y el sesgo positivo (1.13) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.11** muestra los diagramas de caja de cada uno de los *macronutrientes* del análisis químico de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos locales. Estos se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.11** se observa que la probabilidad de que el potasio tome valores superiores o inferiores a 1536 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 1226 y 15922 que representa el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 50200 Y 40300 ppm(Ug/g).

En el **Grafico 4.11**, la probabilidad de que el fósforo tome valores superiores o inferiores a 105.60 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 63.89 y 131.17 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 257.64 ppm(Ug/g).

En el **Grafico 4.1**, la probabilidad de que el calcio tome valores superiores o inferiores a 520 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 424 y 653 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 766. 82 ppm(Ug/g).

En el **Grafico 4.11**, la probabilidad de que el magnesio tome valores superiores o inferiores a 128 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 103 y 158 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.11**, la probabilidad de que el nitrógeno tome valores superiores o inferiores a 0.04 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se



encuentra entre 0.01 y 0.13 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 0.21 (%).

#### 4.2.3.1.1.1. Prueba de Bondad de Ajuste de los Macronutrientes

La prueba de bondad de ajuste para los macronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánica líquida en microorganismos locales se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

*$H_0$ : Los macronutrientes de los microorganismos locales tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

*$H_1$ : No es verdad  $H_0$*

En la **Tabla 4.25** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si los macronutrientes del análisis químico en los microorganismos locales pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

Tabla 4.25 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Locales Prueba K-S para los Macronutrientes			
Variables	Media	Desviación Estándar	Valor P
EOLLQK	8890	15066.80	0.049
EOLLQP	113.07	61.73	0.469
EOLLQCa	541.56	155.78	0.473
EOLLQMg	131.11	30.92	0.836

EOLLQN	0.07	0.08	0.820
--------	------	------	-------

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La **Tabla 4.25**, muestra el valor p de la prueba de bondad de ajuste de la variable *potasio*, esta es menor que 0.05 a diferencia de los otros macronutrientes, por lo que se afirma que para esta variable existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; es decir que el macronutriente potasio del análisis químico proveniente de microorganismos locales no tiene una distribución  $N(8890, 15066.80)$ .

#### 4.1.3. 2. Análisis Químico: Micronutrientes

La **Tabla 4.26** registra el resumen del análisis univariado de los *micronutrientes* de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos locales, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

Tabla 4.26 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Locales Resumen Univariado de los Micronutrientes								
Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOLLQZn	1.93	1.47	0.49	2.01	3.91	1.15	1.40	2.45
EOLLQCu	1.05	0.99	0.33	0.76	-0.62	0.20	0.50	1.80
EOLLQSi	1.39	1.75	0.58	0.96	-0.23	0.05	0.08	2.69

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

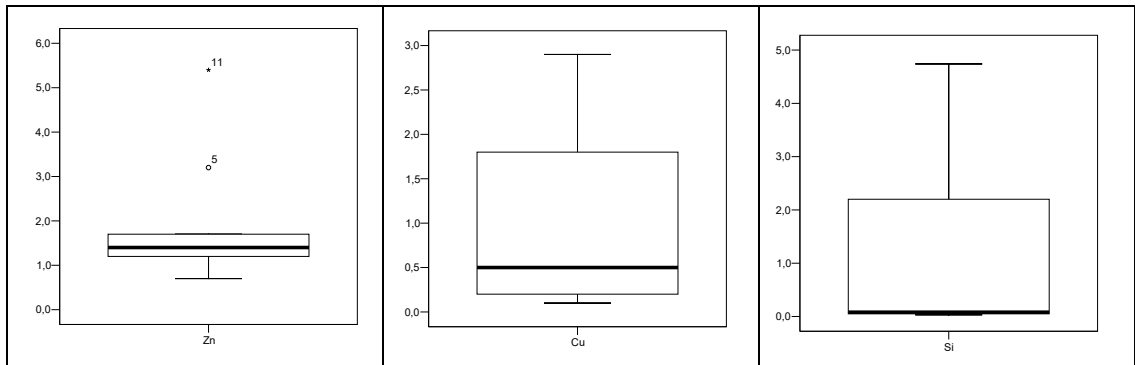
La variable química *zinc* (Zn), tiene como promedio estimado  $1.93 \pm 0.49$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, esta característica del indicador químico: zinc es determinada por el coeficiente de curtosis (3.91) y de sesgo positivo (2.01) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *cobre* (Cu), tiene un promedio estimado de  $1.05 \pm 0.33$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.62) y de sesgo positivo (0.76) como una distribución mesocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *silicio* (Si), tiene un promedio estimado de  $1.390 \pm 0.584$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.232) y de sesgo positivo (0.963) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.12** muestra los diagramas de caja de cada uno de los micronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos locales. Estos se describen a continuación:

**Gráfico 4.12**  
**Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Locales**  
**Análisis Químico: Micronutriente**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.12** se observa que la probabilidad de que el zinc tome valores superiores o inferiores a 1.40 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 1.15 y 2.45 que representa el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 3.2, 5.4 ppm(Ug/g)

En el **Grafico 4.12** se observa que la probabilidad de que el cobre tome valores superiores o inferiores a 0.5 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.2 y 1.8 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.12** se observa que la probabilidad de que el silicio tome valores superiores o inferiores a 0,08 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.05 y 2.69 representada por el primer y tercer cuartil.

### Prueba de Bondad de Ajuste de los Micronutrientes

La prueba de bondad de ajuste para los micronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánicas líquidas en microorganismos locales se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

*$H_0$ : Los micronutrientes de los microorganismos locales tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

*$H_1$ : No es verdad  $H_0$*

En la **Tabla 4.27** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si los micronutrientes del análisis químico en los microorganismos locales pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.27</b>			
<b>Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Locales</b>			
<b>Prueba K-S para los Micronutrientes</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOLLQZn	1.933	1.476	0.247
EOLLQCu	1.056	0.995	0.541
EOLLQSi	1.390	1.753	0.287

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables, es mayor que 0.05, por lo que concluimos que existe evidencia estadística

para no rechazar la hipótesis nula; es decir que los micronutrientes provenientes de microorganismos locales, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.27* para cada caso.

#### 4.1.3.3. Otros Análisis Químico

La *Tabla 4.28* registra el resumen del análisis univariado de las variables químicas de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos locales, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

Tabla 4.28 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Locales Resumen Univariado de las Variables Químicas								
VARIABLES	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOLLQPH	4.28	0.47	0.15	0.68	-0.67	3.87	4.33	4.65
EOLLQCE	9.15	1.66	0.55	0.36	1.42	7.92	9.52	9.65
EOLLQS	5.13	1.07	0.35	0.72	1.91	4.29	5.24	5.46

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

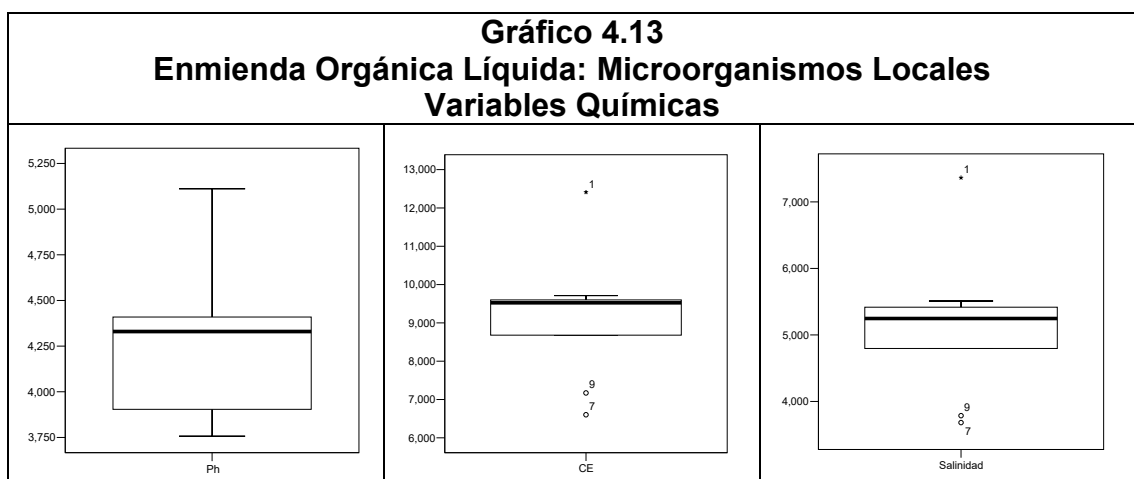
La variable química *pH*, tiene un promedio estimado de  $4.28 \pm 0.16$ . Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.68) y de sesgo positivo (0.69) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *conductividad, eléctrica* tiene una promedio estimado de  $9.16 \pm 0.55$ . Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de

curtosis (1.42) y de sesgo positivo (0.36) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *salinidad*, tiene como un estimado de  $5.14 \pm 0.36$  (ppt). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (1.92) y de sesgo positivo (0.72) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.13** muestra los diagramas de caja de cada una de las variables químicas de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos locales. Estos se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.13** se observa que la probabilidad de que el pH tome valores superiores o inferiores a 4.33 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 3.88 y 4.65 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.13**, la probabilidad de que la conductividad eléctrica tome valores superiores o inferiores a 9.52 (mS/cm) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 7.93 y 9.66 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar datos considerados como aberrantes.

En el **Grafico 4.13**, la probabilidad de que la salinidad tome valores superiores o inferiores a 5.24 (ppm) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 4.9 y 5.46 representada por el primer y tercer cuartil.

### **Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Químicas**

La prueba de bondad de ajuste para las variables químicas de la enmienda orgánica líquida en microorganismos locales se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***H<sub>0</sub>**: Las variables químicas de los microorganismos  
locales tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

***H<sub>1</sub>**: No es verdad  $H_0$*



En la **Tabla 4.29** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables químicas en los microorganismos locales, pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.29</b> <b>Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Locales</b> <b>Prueba K-S para las Variables Químicas</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOLQPHL	4.28	0,47	0,77
EOLQCEL	9.15	1,66	0,584
EOLQSL	5.13	1,07	0,614

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor  $p$ , de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables químicas, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que las variables químicas de las enmiendas orgánicas líquidas en los microorganismos locales tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la **Tabla 4.29** para cada caso.

#### 4.1.3.4. Análisis Físico

La **Tabla 4.30** registra el resumen del análisis univariado de las variables físicas de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos locales, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

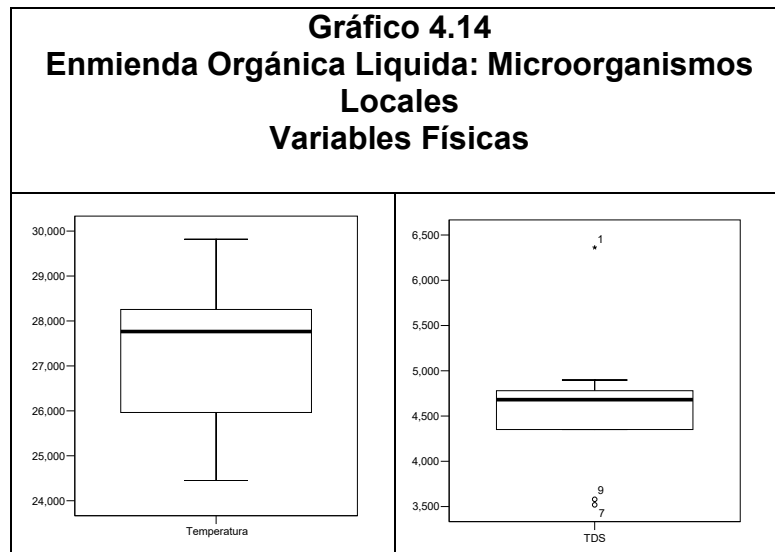
Tabla 4.30 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Locales Resumen Univariado de las Variables Físicas								
Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOLLFTemp	27.27	1.92	0.64	-0.07	-1.30	25.54	27.76	28.98
EOLLFTDS	4.61	0.83	0.28	0.857	2.196	3.965	4.68	4.83

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable física *temperatura*, tiene un promedio estimado de  $27.28 \pm 0.64$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.3) y de sesgo negativo (-0.07) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable física *densidad de solutos totales* (TDS), tiene un promedio estimado de  $4.61 \pm 0.28$  (g/ml). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (2.19) y de sesgo positivo (0.86) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica

El **Grafico 4.14** muestra los diagramas de caja de cada una de las variables físicas de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos locales. Estos se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

En el **Gráfico 4.14** se observa que la probabilidad de que la temperatura tome valores superiores o inferiores a 27.77 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 25.55 y 28.99 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Gráfico 4.14**, la probabilidad de que la densidad de solutos totales tome valores superiores o inferiores a 4.68 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 3.97 y 4.84 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que existen varios datos considerados aberrantes.

### Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Físicas

La prueba de bondad de ajuste para las variables físicas de la enmienda orgánica líquida en microorganismos locales se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***H<sub>0</sub>***: Las variables físicas de los microorganismos locales tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$

**Vs.**

***H<sub>1</sub>***: No es verdad  $H_0$

La **Tabla 4.31** presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables físicas en los microorganismos locales pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.31</b>			
<b>Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Locales</b>			
<b>Prueba K-S</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOLLFTemp	27.27	1.92	0.981
EOLLFTDS	4.61	0.83	0.618

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para las variables físicas, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que las variables físicas de las enmiendas orgánicas líquidas en los microorganismos locales tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la **Tabla 3.31** para cada caso.

#### 4.1.3.5. Análisis Microbiológico

La **Tabla 4.32** registra el resumen del análisis univariado de las variables *microbiológicas* de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos locales, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

Tabla 4.32 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Locales Resumen Univariado de las Variables Microbiológicas								
Variabes	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOLLMC	120	236.78	78.93	2.76	7.92	2	22	120
EOLLMEC	2.25	0.77	0.25	1.18	4.41	2	2.25	2.25
EOLLMHyL	657.55	241.33	80.44	-3	9	738	738	738

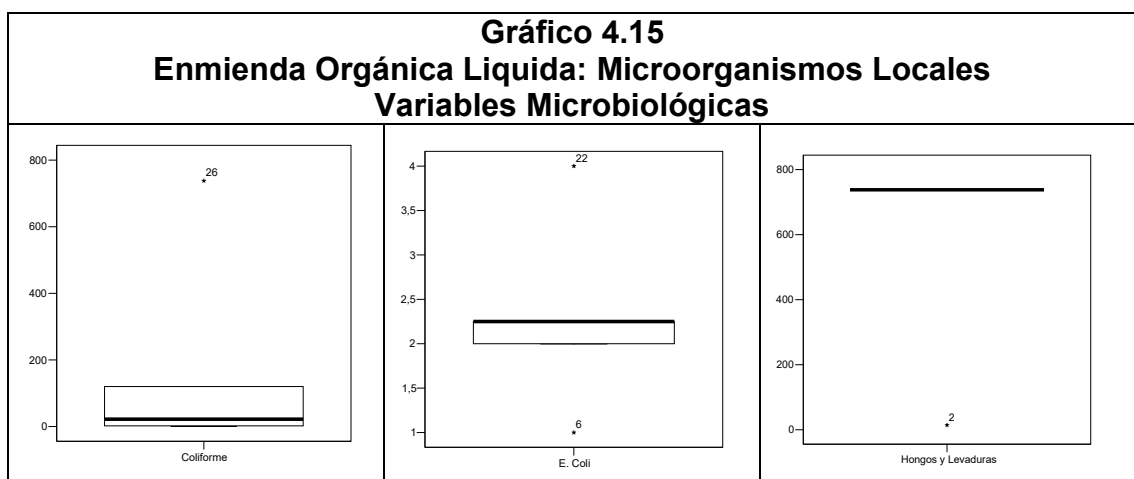
Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable microbiológica *coliforme*, tiene un promedio estimado de  $120 \pm 78.93$  (UFC/ml). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (7.92) y de sesgo positivo (2.76) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable microbiológica *escherichia coli*, tiene un promedio estimado de  $2.25 \pm 0.25$  (UFC/ml). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (4.41) y de sesgo positivo (1.18) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica

La variable microbiológica *hongos y levadura*, tiene un promedio estimado de  $657.55 \pm 80.44$  (UFC/ml). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (9) y de sesgo negativo (-3) como una distribución leptocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

El **Grafico 4.15** muestra los diagramas de caja de cada una de las variables microbiológicas de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos locales. Estos se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.15** se observa que la probabilidad de que la variable microbiológica coliforme tome valores superiores o inferiores a 22 (UFC/ml)

es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 2 y 120 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 738 (UFC/ml).

En el **Grafico 4.15**, la probabilidad de que la variable microbiológica E. coli tome valores superiores o inferiores a 2.25 (UFC/ml) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 2 y 2.25 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 1 y 4 (UFC/ml).

En el **Grafico 4.15**, la probabilidad de que la variable microbiológica hongos y levadura tome el valor de 738 (UFC/ml) en el primero, segundo y tercer cuartil es 1.00. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 14 (UFC/ml).

### **Prueba de Bondad de Ajuste de las Variable Microbiológicas**

La prueba de bondad de ajuste para las variables microbiológicas de la enmienda orgánica líquida en microorganismos locales se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

*H<sub>0</sub>: Las variables microbiológicas de los microorganismos locales tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

$H_1$ : No es verdad  $H_0$

En la **Tabla 4.33** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables microbiológicas en los microorganismos locales pueden ser modeladas mediante una distribución Normal.

<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOLLMC	120	236.78	0.131
EOLLMC	2.25	0.77	0.131
EOLLMHyL	657.55	241.33	0.016

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La **Tabla 4.33** muestra el valor p, de la prueba de bondad de ajuste de la variable hongos y levadura; esta es menor que 0.05 a diferencia de las otras variables microbiológicas, por lo que se afirma, que para esta variable existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula; es decir que hongos y levadura proveniente de microorganismos locales no tiene una distribución  $N(657.55, 241.33)$ .

#### **4.1.4. Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos eficientes**

**Codificación de las Variables:**



<b>Tabla 4.34</b> <b>Enmiendas Orgánicas Líquidas</b> <b>Microorganismos Eficientes</b>	
<b>Análisis Químico</b>	
EOLEQK	Potasio
EOLEQP	Fósforo
EOLEQCa	Calcio
EOLEQMg	Magnesio
EOLEQN	Nitrógeno
EOLEQZn	Zinc
EOLEQCu	Cobre
EOLEQSi	Silicio
EOLEQPH	PH
EOLEQCE	Conductividad Eléctrica
EOLEQS	Salinidad
<b>Análisis Físico</b>	
EOLEQT	Temperatura
EOLEQTSD	Total de Sólido Disuelto
<b>Análisis Microbiológicos</b>	
EOLEMC	Coliforme
EOLEMEC	E.Coli
EOLEMHyL	Hongos y Levadura

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

#### 4.1.4.1. Análisis Químico: Macronutrientes

La **Tabla 4.35** registra el resumen del análisis univariado de los *macronutrientes* de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos eficientes, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

<b>Tablas 4.35</b> <b>Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes</b> <b>Resumen Univariado de los Macronutrientes</b>								
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Sesgo</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>	<b>Q3</b>
EOLEQK	16839.78	19523.09	6507.70	0.72	-1.23	1117	2728	35200
EOLEQP	132.36	64.36	21.46	0.84	-0.19	81.38	119.05	182.97
EOLEQCa	533.11	120.35	40.12	0.49	-1.21	418	544	644
EOLEQMg	133.78	22.81	7.60	-0.31	-1.63	110	132	156

EOLEQN	0.06	0.04	0.02	0.49	-1.82	0.02	0.03	0.11
--------	------	------	------	------	-------	------	------	------

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable química *potasio* (K), tiene un promedio estimado de  $16839.78 \pm 6507.7$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.23) y de sesgo positivo (0.72) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

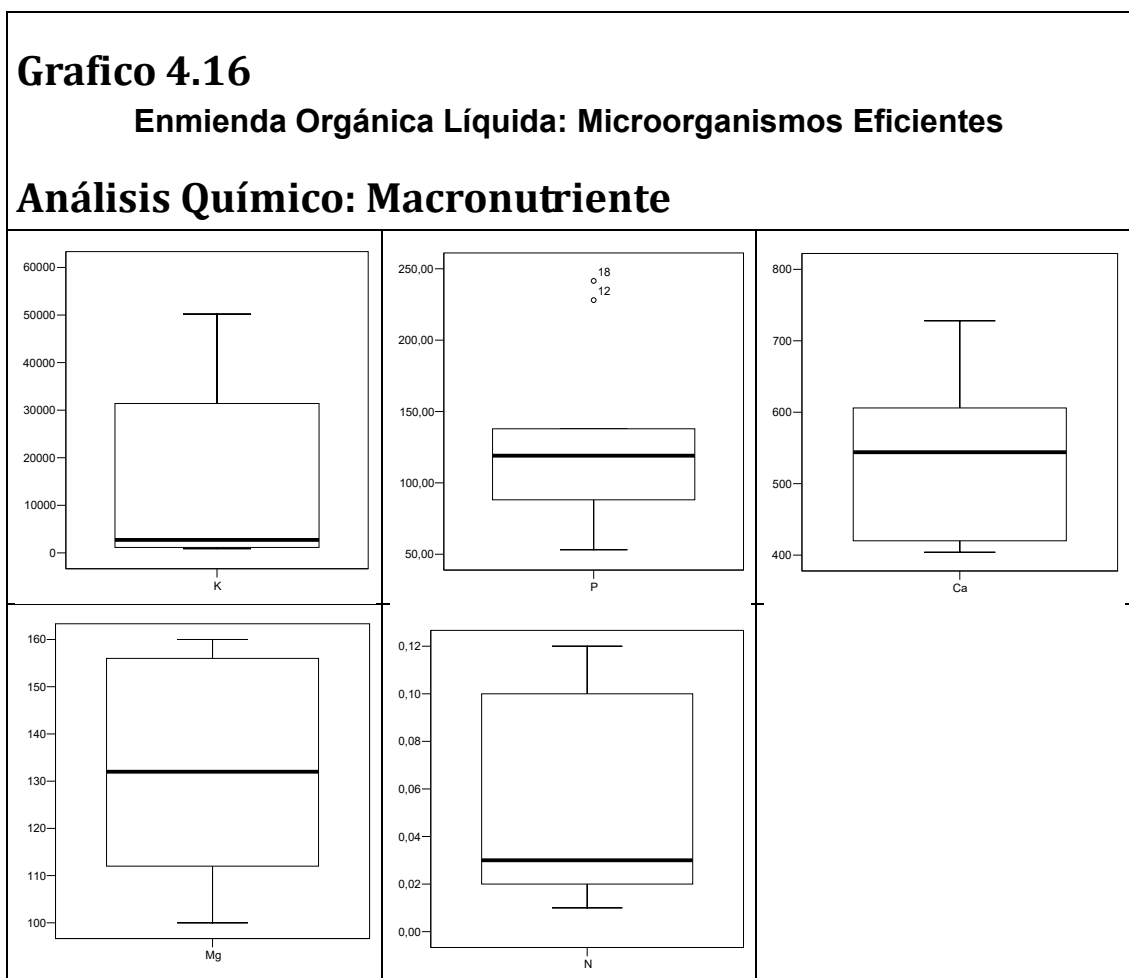
La variable química *fósforo* (P), tiene un promedio estimado de  $132.36 \pm 21.46$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.19) y el sesgo positivo (0.84) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *calcio* (Ca), tiene un promedio estimado de  $533.11 \pm 40.12$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.21) y de sesgo positivo (0.49) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *magnesio* (Mg), tiene un promedio estimado de  $133.78 \pm 7.60$  ppm(Ug/g). Su simetría y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.64) y de sesgo negativo (-0.31) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable química *nitrógeno* (N), tiene un promedio estimado de  $0.06 \pm 0.02$  (%). Su simetría y “picudez” es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.82) y el sesgo positivo (0.49) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Grafico 4.16** muestra los diagramas de caja de cada uno de los macronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos eficientes. Estos se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.16** se observa que la probabilidad de que el potasio tome valores superiores o inferiores a 2728 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra en un rango de 1117 y 35200 que representa el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.16**, la probabilidad de que el fósforo tome valores superiores o inferiores a 119.05 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 81.38 y 182.97 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 228.04, 241.5 ppm(Ug/g).

En el **Grafico 4.16**, la probabilidad de que el calcio tome valores superiores o inferiores a 544 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 418 y 644 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.16**, la probabilidad de que el magnesio tome valores superiores o inferiores a 132 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 110 y 156 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.16**, la probabilidad de que el nitrógeno tome valores superiores o inferiores a 0.03 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.02 y 0.11 representada por el primer y tercer cuartil.

### Prueba de Bondad de Ajuste de los Macronutrientes

La prueba de bondad de ajuste para los macronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánicas liquidas en microorganismos eficientes se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

*$H_0$ : Los macronutrientes de los microorganismos eficientes tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

*$H_1$ : No es verdad  $H_0$*

En la **Tabla 4.36** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si los macronutrientes del análisis químico en los microorganismos locales pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.36</b>			
<b>Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes</b>			
<b>Prueba K-S para los Macronutrientes</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>
EOLEQK	16839.78	19523.09	0.313
EOLEQP	132.36	64.36	0.660
EOLEQCa	533.11	120.35	0.866
EOLEQMg	133.78	22.81	0.938
EOLEQN	0.06	0.04	0.457

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor  $p$ , de la prueba de bondad de ajuste para cada uno de los macronutrientes, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que los macronutrientes provenientes de microorganismos eficientes, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.36* para cada caso.

#### 4.1.4.2. Análisis Químico: Micronutrientes

La *Tabla 4.37* registra el resumen del análisis univariado de los *micronutrientes* de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos eficientes, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

Tabla 4.37 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes Resumen Univariado de los Micronutrientes								
Indicador	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOLEQZn	3.14	2.02	0.67	1.32	1.78	1.60	2.90	4.35
EOLEQCu	1.19	0.86	0.29	-0.22	-2.36	0.30	1.80	1.85
EOLEQSi	2.13	1.95	0.65	0.44	-1.12	0.10	2.03	3.89

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

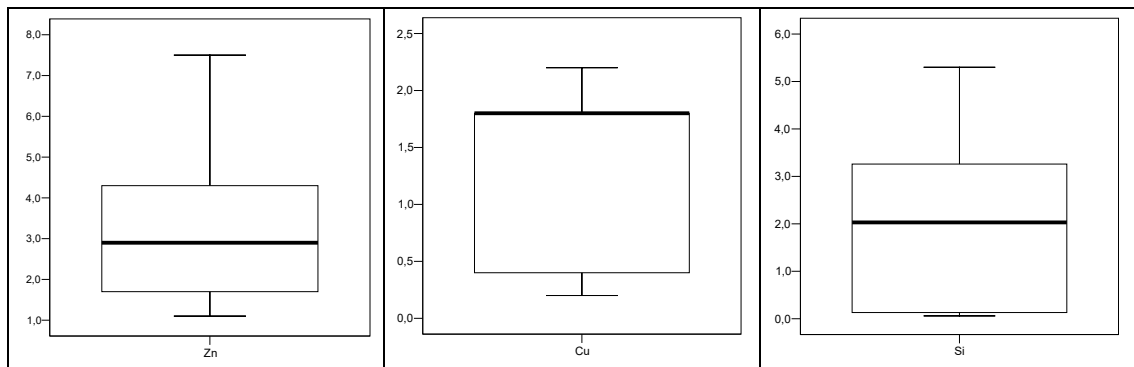
La variable química *zinc* (Zn), tiene un promedio estimado de  $3.14 \pm 0.67$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (1.78) y de sesgo positivo (1.32) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *cobre* (Cu), tiene un promedio estimado de  $1.19 \pm 0.29$  ppm(Ug/g). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-2.36) y de sesgo negativo (-0.22) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable química *silicio* (Si), tiene un promedio estimado de  $2.13 \pm 0.65$  (%). En cuanto a su simetría y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.12) y de sesgo positivo (0.44) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

El **Gráfico 4.17** muestra los diagramas de caja de cada uno de los micronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos eficientes. Estos se describen a continuación:

**Gráfico 4.17**  
**Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes**  
**Análisis Químico: Micronutriente**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.17** se observa que la probabilidad de que el zinc tome valores superiores o inferiores a 2.90 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 1.60 y 4.35 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.17**, la probabilidad de que el cobre tome valores superiores o inferiores a 1.80 ppm(Ug/g) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.30 y 1.85 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.17**, la probabilidad de que el silicio tome valores superiores o inferiores a 2.03 (%) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 0.10 y 3.89 representada por el primer y tercer cuartil.

### Prueba de Bondad de Ajuste de los Micronutrientes



La prueba de bondad de ajuste para los micronutrientes del análisis químico de la enmienda orgánicas líquidas en microorganismos eficientes se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

**$H_0$ :** Los micronutrientes de los microorganismos eficientes tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$

**Vs.**

**$H_1$ :** No es verdad  $H_0$

En la **Tabla 4.38** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si los micronutrientes del análisis químico en los microorganismos eficientes pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

Tabla 4.38 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes Prueba K-S para los Micronutrientes			
variable	Media	Desviación Estándar	Valor P
EOLEQZn	3.14	2.02	0.897
EOLEQCu	1.19	0.86	0.322
EOLEQSi	2.13	1.95	0.930

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables, es mayor que 0.05, por lo que concluimos que existe evidencia estadística

para no rechazar la hipótesis nula; es decir que los micronutrientes provenientes de microorganismos eficientes, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.38* para cada caso.

#### 4.1.4.3. Otros Análisis Químico

La *Tabla 4.39* registra el resumen del análisis univariado de las variables químicas de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos eficientes, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

Tabla 4.39 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes Resumen Univariado de las Variables Químicas								
Variable	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOLEQPH	4.14	0.46	0.15	0.95	-0.51	3.80	3.89	4.53
EOLEQCE	8.71	1.66	0.55	-1.09	-0.18	7.18	9.59	9.74
EOLEQS	4.83	0.99	0.33	-1.00	-0.18	3.91	5.14	5.50

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable química  $pH$ , tiene un promedio estimado de  $4.14 \pm 0.15$ . Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.51) y

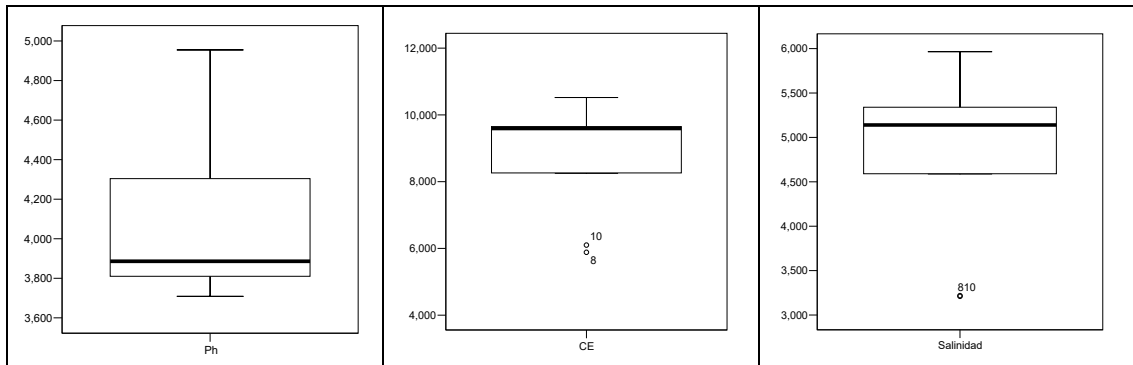
de sesgo positivo (0.95) como una distribución platocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable química *conductividad eléctrica* (CE), tiene un promedio estimado de  $8.71 \pm 0.55$ . Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.18) y de sesgo negativo (-1.09) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable química *salinidad*, tiene un promedio estimado de  $4.83 \pm 0.33$  (ppt). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.18) y de sesgo negativo (-1.00) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

El **Grafico 4.18** muestra los diagramas de caja de cada una de las variables químicas de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos eficientes. Estos se describen a continuación:

<p style="text-align: center;"><b>Gráfico 4.18</b> <b>Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes</b> <b>Variables Químicos</b></p>
---



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.18** se observa que la probabilidad de que el pH tome valores superiores o inferiores a 3,89 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 3,80 y 4,53 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.18**, la probabilidad de que la conductividad eléctrica tome valores superiores o inferiores a 9.59 (mS/cm) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 7.18 y 9.74 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 5.883, 6.099.

En el **Grafico 4.18**, la probabilidad de que la salinidad tome valores superiores o inferiores a 5.14 (ppt) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 3.91 y 5.50 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 3.21, 3.219.

### Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Químicas

La prueba de bondad de ajuste para las variables químicas de la enmienda orgánica líquida en microorganismos eficientes se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***H<sub>0</sub>***: Las variables químicas de los microorganismos eficientes tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$

**Vs.**

***H<sub>1</sub>***: No es verdad  $H_0$

La **Tabla 4.40** presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables químicas en los microorganismos eficientes, pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

Tabla 4.40 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes Prueba K-S para las Variables Químicas			
Variabes	Media	Desviación Estándar	Valor P
EOLEQPH	4.14	0.46	0.530
EOLEQCE	8.71	1.66	0.592
EOLEQS	4.83	0.99	0.638

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables químicas, es mayor que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que las variables químicas de la enmienda orgánica líquida en microorganismos eficientes tiene una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la **Tabla 4.40** para cada caso.

#### 4.1.4.4. Análisis Físico

La **Tabla 4.41** registra el resumen del análisis univariado de las variables físicas de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos eficientes, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

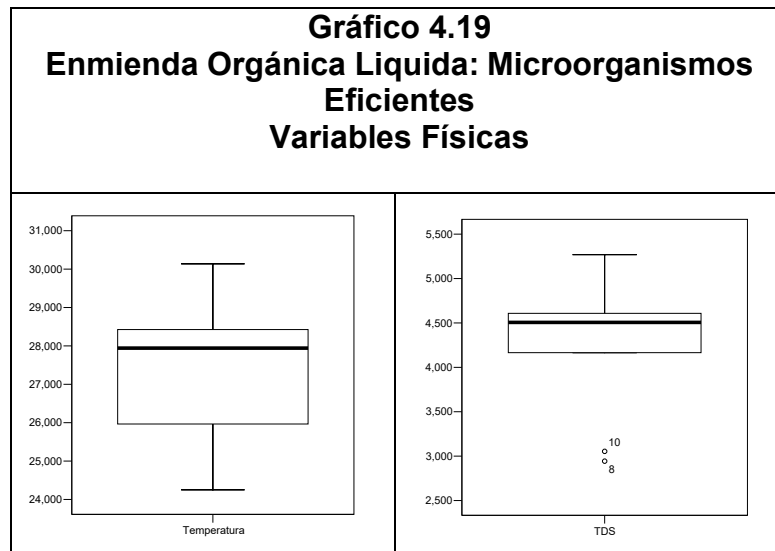
Tabla 4.41 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes Resumen Univariado de las Variables Físicas								
Variabes	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOLEFTemp	27.31	2.10	0.70	-0.12	-1.35	25.41	27.94	29.11
EOLEFTDS	4.29	0.79	0.26	-0.97	-0.01	3.61	4.51	4.77

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La variable física *temperatura*, tiene un promedio estimado de  $27.31 \pm 0.70$  (%). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.35) y de sesgo negativo (-0.12) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

La variable física *densidad de solutos totales*, tiene un promedio estimado de  $4.29 \pm 0.26$  (g/ml). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-0.01) y de sesgo negativo (-0.97) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

El **Grafico 4.19** muestra los diagramas de caja de cada uno de las variables físicas de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos eficientes. Estos se describen a continuación:



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.19** se observa que la probabilidad de que la temperatura tome valores superiores o inferiores a 27.94 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 25.41 y 29.11 representada por el primer y tercer cuartil.

En el **Grafico 4.19**, la probabilidad de que la densidad de solutos totales tome valores superiores o inferiores a 4.51 es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 3.61 y 4.77 representada por el primer y tercer cuartil.

También se puede observar que los datos considerados aberrantes son 2.94, 3.05.

### Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Físicas

La prueba de bondad de ajuste para las variables físicas de la enmienda orgánica líquida en microorganismos eficientes se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

$H_0$ : Las variables físicas de los microorganismos eficientes tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$

**Vs.**

$H_1$ : No es verdad  $H_0$

La **Tabla 4.42** presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables físicas en los microorganismos eficientes pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

Tabla 4.42 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes Prueba K-S para las Variables Físicas			
Variabes	Media	Desviación Estándar	Valor P
EOLEFTemp	27.31	2.10	0.947
EOLEFTDS	4.29	0.79	0.502

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow



El valor  $p$ , de la prueba de bondad de ajuste para las variables físicas, es mayor que 0.05. Por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula de estas variables, es decir que tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en la *Tabla 4.42* para cada caso.

#### 4.1.4.5. Análisis Microbiológico

La *Tabla 4.32* registra el resumen del análisis univariado de las variables *microbiológicas* de las enmiendas orgánicas líquidas en microorganismos eficientes, que se aplicaron por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras:

Tabla 4.43 Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes Resumen Univariado de las Variables Microbiológicas								
Variables	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	Sesgo	Curtosis	Q1	Q2	Q3
EOLEMC	193.36	231.63	77.21	1.86	3.97	22.00	193.40	258.70
EOLEMEC	3.25	1.36	0.45	0.51	2.17	2.63	3.25	3.63
EOLEMHyl	514.67	335.90	111.97	-0.89	-1.61	86.00	738.00	738.00

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

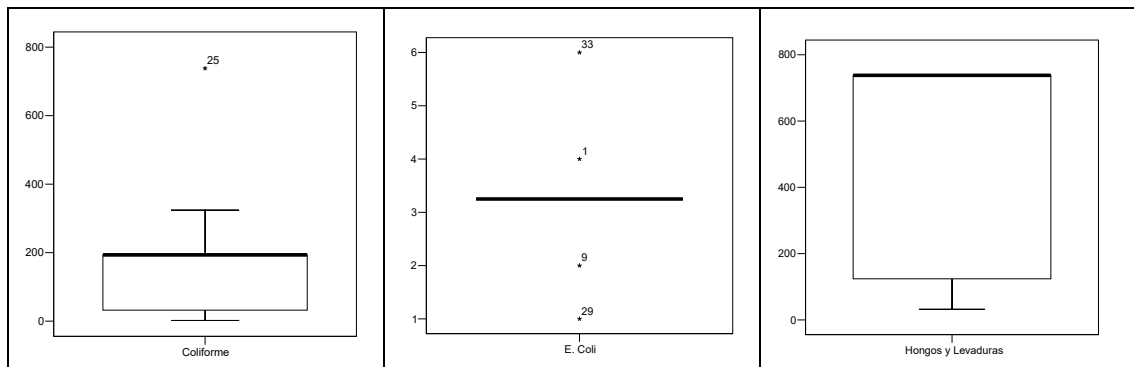
La variable microbiológica coliforme, tiene un promedio estimado de  $193.36 \pm 77.21$  (UFC/ml). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (3.97) y de sesgo positivo (1.86) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica.

La variable microbiológica *escherichia coli*, tiene un promedio estimado de  $3.25 \pm 0.45$  (UFC/ml). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (2.17) y de sesgo positivo (0.51) como una distribución leptocúrtica con sesgo positivamente asimétrica

La variable microbiológica *hongos y levadura*, tiene un promedio estimado de  $514.67 \pm 111.97$  (UFC/ml). Su “simetría” y “picudez”, es determinada por el coeficiente de curtosis (-1.61) y de sesgo negativo (-0.89) como una distribución platocúrtica con sesgo negativamente asimétrica.

El **Grafico 4.20** muestra los diagramas de caja de cada una de las variables microbiológicas de la enmienda orgánica líquida para los microorganismos eficientes. Estos se describen a continuación:

**Gráfico 4.20**  
**Enmienda Orgánica Líquida: Microorganismos Eficientes**  
**Variables Microbiológicas**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el **Grafico 4.20** se observa que la probabilidad de que la variable microbiológica coliforme tome valores superiores o inferiores a 193.40 (UFC/ml) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 22.00 y 258.70 representada por el primer y tercer cuartil. También se puede observar que el dato considerado aberrante es 738 (UFC/ml).

En el **Grafico 4.20**, la probabilidad de que la variable microbiológica escherichia coli tome valores superiores o inferiores a 3.25 (UFC/ml) es 0.5, donde esta probabilidad se encuentra entre 2.63 y 3.63 representada por el primer y tercer cuartil. También se observar varios datos extremos considerados.

En el **Grafico 4.20**, la probabilidad de que la variable microbiológica hongos y levadura tome valores superiores o inferiores a 738 (UFC/ml) es 0.5,

donde esta probabilidad se encuentra entre 86 y 738 representada por el primer y tercer cuartil.

### **Prueba de Bondad de Ajuste de las Variables Microbiológicas**

La prueba de bondad de ajuste para las variables microbiológicas de la enmienda orgánica líquida en microorganismos eficientes se plantea en la siguiente prueba de hipótesis:

***H<sub>0</sub>**: Las variables microbiológicas de los microorganismos eficientes tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$*

**Vs.**

***H<sub>1</sub>**: No es verdad  $H_0$*

En la **Tabla 4.44** se presenta el resumen de la prueba de bondad de ajuste (K-S) que se evaluó con un 95% de confianza para constatar si las variables microbiológicas en los microorganismos eficientes pueden ser modelados mediante una distribución Normal.

<b>Tabla 4.44 Microorganismos Eficientes Prueba K-S para las Variables Microbiológicas</b>			
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor P</b>

EOLEMC	193.36	231.63	0.491
EOLEMEC	3.25	1.36	0.491
EOLEMHyL	514.67	335.90	0.092

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El valor p, de la prueba de bondad de ajuste para cada una de las variables microbiológicas, es mayores que 0.05, por lo que se afirma que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula; es decir que las variables microbiológicas provenientes de microorganismos eficientes, tienen una distribución  $N(\mu, \sigma)$  detallado en el *Cuadro 4.44* para cada caso.

## 4.2. Análisis Bivariado

### 4.2.1. Análisis de Correlación

El coeficiente de correlación lineal,  $\rho_{ij}$  entre  $X_i$  y  $X_j$  es un número entre -1 y 1,

se lo define como  $E[(X_i - \mu_i)(X_j - \mu_j)] = \rho_{ij}$  y se lo estima con la siguiente

formula  $\hat{\rho}_{ij} = r_{ij} = \frac{S_{ij}}{S_i S_j}$  que mide la fuerza de la relación lineal entre el par de

variables estudiadas. Cuando  $\hat{\rho} = 0$  indica que las dos variables no están

relacionados linealmente, cuando  $\hat{\rho}$  es igual a 1 ó -1 se dice que hay una

relación lineal perfecta entre  $X_i$  y  $X_j$ . si el coeficiente de correlación lineal  $\hat{\rho}$

es positivo se dice que estos están directamente relacionados y si es negativo, este par de variables están inversamente relacionados, es decir

que una variable es creciente y la otra decreciente o viceversa.

#### 4.2.1.1. Enmiendas Orgánicas Sólidas

La matriz de datos para el análisis de correlación está integrada por las siguientes variables para las enmiendas orgánicas sólidas:

<b>Tabla 4.45</b>	
<b>Enmiendas Orgánicas Sólidas</b>	
<b>Análisis Químico</b>	
EOSQK	Potasio
EOSQP	Fósforo
EOSQCa	Calcio
EOSQMg	Magnesio
EOSQN	Nitrógeno
EOSQZn	Zinc
EOSQCu	Cobre
EOSQMn	Manganeso
EOSQB	Boro
EOSQSi	Silicio
EOSQFe	Hierro
EOSQC	Carbono
EOSQMO	Materia Orgánica
EOSQAH	Acido Húmico
EOSQCE	Conductividad Eléctrica
EOSQCIC	Intercambio Catiónico
EOSQPH	PH
<b>Análisis Físico</b>	
EOSFH	Humedad
EOSFD	Densidad
EOSFTP	Tamaño de Partículas
<b>Análisis Microbiológicos</b>	
EOSMAe	Aerobio T
EOSMAh	Anaerobios T
EOSCMHyL	Hongos y Levadura
EOSMA	Actinomicetos
EOSMR	Respiración Microbial
EOSMB	Biometría Microbial

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Para el análisis, se ha tomado un total de 26 variables con valores cuantitativos que están compuestos por análisis químicos, físicos y microbiológicos de las enmiendas orgánicas sólidas: compost y bocashi.

Se presenta la matriz de correlación de  $\hat{\rho}_{26 \times 26} = \left( \hat{\rho}_{ij} \right) \in M_{26 \times 26}$ , donde  $\rho_{ij} \in [-1,1]$ . En esta matriz se muestra también el valor de significancia de la prueba chi-cuadrada de Pearson.

El estadístico Chi-cuadrada de Pearson, prueba una hipótesis nula que las frecuencias relativas de la ocurrencia de acontecimientos observados siguen una distribución de frecuencia especificada. Los acontecimientos se asumen para ser independientes y para tener la misma distribución, y los resultados de cada acontecimiento deben ser mutuamente exclusivos. Dado esto con un Nivel de significancia de 0.05 y/o de 0.01 en algunos de los casos, se muestra la matriz de correlación de la Enmienda Orgánica Sólida.

Esta matriz de correlación se encuentra en los **Anexos 4**. Es necesario puntualizar que para el cálculo de la prueba de pearson no se tomo en cuenta los coeficientes de correlación de las variables consigo mismas, ya que siempre estos serán igual a uno.



#### 4.2.1.2. Enmiendas Orgánicas Líquidas

La matriz de datos para el análisis de correlación está integrada por las siguientes variables para las enmiendas orgánicas líquidas:

<b>Tabla 4.46</b>	
<b>Enmiendas Orgánicas Líquidas</b>	
<b>Análisis Químico</b>	
EOLQK	Potasio
EOLQP	Fósforo
EOLQCa	Calcio
EOLQMg	Magnesio
EOLQN	Nitrógeno
EOLQZn	Zinc
EOLQCu	Cobre
EOLQSi	Silicio
EOLQpH	pH
EOLQCE	Conductividad Eléctrica
EOLQS	Salinidad
<b>Análisis Físico</b>	
EOLFT	Temperatura
EOLFTSD	Total de Sólidos Disueltos
<b>Análisis Microbiológicos</b>	
EOLMC	Coliforme
EOLMEC	EscherichiaColi
EOLMHyL	Hongos y Levadura

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Para este análisis, se ha tomado un total de 16 variables con valores cuantitativos que están compuestos por análisis químicos, físicos y microbiológicos de las Enmiendas Orgánicas Líquidas.

El **Anexo 5** presenta la matriz de correlación de  $\hat{\rho}_{26 \times 26} = \left( \hat{\rho}_{ij} \right) \in M_{26 \times 26}$ ,

donde  $\rho_{ij} \in [-1,1]$ . En esta matriz se muestra también el valor de

significancia de la prueba Chi-cuadrada de Pearson, con un Nivel de significancia de 0.05 y/o de 0.01 en algunos de los casos. Es necesario puntualizar que para el cálculo de la prueba de pearson no se tomo en cuenta los coeficientes de correlación de las variables consigo mismas, ya que siempre estos serán igual a uno.

También se puede observar en los **Anexo 6, 7 y 8** la correlación de las 16 variables para cada una de las tres provincias de estudio: Los Ríos, El Oro y Guayas

### 4.3. Análisis Multivariado

#### 4.3.1. Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística que sintetiza la información, es decir, construye nuevas variables resultado de la combinación lineal de las variables originales, reduciendo así el número de variables y analizándolas como componentes, para la explicación de un todo. Para verificar si la técnica de componentes principales puede ser aplicada a un grupo de datos, se debe aplicar la prueba estadística de *Bartlett* en la cual se plantea el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0 : \Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_{pp} \end{bmatrix}$$

Vs

$H_1$  : No es verdad  $H_0$

Sea  $u = \frac{\det S}{S_{11} + S_{22} + \cdots + S_{pp}} = \det R$ , siendo  $S = \hat{\Sigma}$  y  $R = \hat{\rho}$ .

Entonces la región crítica está definida a través de  $u' = - \left[ \nu - \frac{2p+5}{6} \right] \ln u$ ,

donde  $\nu$ : grados de libertad de la matriz de datos =  $n-1$  y  $u'$  es

aproximadamente  $\chi^2(f)$  con  $f = \frac{p(p+1)}{2}$ .

Con  $(1-\alpha)$  100% de confianza se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$  si,  $u' \geq \chi^2_{\alpha, f}$ .

$H_0$  es construido bajo supuestos de normalidad de  $X$ , donde  $\sigma_{ij} = 0$  garantiza que  $X_i$  y  $X_j$  son independientes, por lo que no sería aconsejable la aplicación de Componentes Principales.

#### **4.3.1.1. Enmiendas Orgánicas Sólidas**

Para las enmiendas orgánicas sólidas, no se realizó el análisis de componentes principales, ya que esta generaba en la matriz de varianza y covarianza autovalores negativos, creando así una matriz de correlación entre las variables a analizar no definida positiva.

#### **4.3.1.2. Enmiendas Orgánicas Líquidas**

Se trató de construir en las enmiendas orgánicas líquidas, el análisis de componentes principales para los dos tipos de tratamientos que corresponden a: *microorganismos* y *meses de preparación del biol*, para las variables agrupadas por: *nutrientes*, *químicos* y *físicos*, y finalmente *microbiológicos*.

##### **4.3.1.2.1. Ubicación - Fuente de Microorganismos**

Se analizaron los nutrientes en forma separada: macronutrientes y micronutrientes debido que al realizar el análisis de componentes principales al grupo de variables denominadas “nutrientes”; generaban autovalores

negativos, creando así una matriz de correlación entre las variables a analizar no definida positiva.

### **Macronutrientes**

Realizada la prueba estadística de *Bartlett* para los datos de estudio: “*macronutrientes*” en las enmiendas orgánicas líquidas, se tiene un *valor*  $p=0.706$  (véase **Tabla 4.47**), por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir, los valores de las covarianzas son iguales a cero, afirmando así que existe independencia entre las variables de la matriz de datos de los análisis químicos: macronutrientes, por lo cual no sería útil construir el análisis de Componentes Principales.

<b>Tabla 4.47 Ubicación - Fuente de Microorganismos: Macronutrientes Prueba de Bartlett</b>	
Estadístico de prueba	7.205
Grados de libertad	10
Valor P	0.706

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

### **Micronutrientes**

Realizada la prueba de significancia estadística de *Bartlett* para los datos de estudio: “*micronutrientes*” en las enmiendas orgánicas líquidas, se tiene un *valor*  $p=0.081$  (véase **Tabla 4.48**), por lo que se acepta la hipótesis nula, es

decir los valores de las covarianzas son iguales a cero, afirmando así que existe independencia entre las variables de la matriz de datos de los análisis químicos: micronutrientes, por lo cual no sería útil construir el análisis de Componentes Principales.

<b>Tabla 4.48</b> <b>Ubicación - Fuente de</b> <b>Microorganismos:</b> <b>Micronutrientes</b> <b>Prueba de Bartlett</b>	
Estadístico de prueba	6.728
Grados de libertad	3
Valor P	0.081

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

### **Químicos y Físicos**

Realizada la prueba de significancia estadística de *Bartlett* para los datos de estudio: “*químicos y físicos*” en las enmiendas orgánicas líquidas, se tiene un *valor p*=0.001 (véase **Tabla 4.49**), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos algunas de las variables están correlacionadas y consecuentemente se puede proceder con el análisis de Componentes Principales.

<b>Tabla 4.49</b> <b>Ubicación - Fuente de</b> <b>Microorganismos: Químicos y</b> <b>físicos</b> <b>Prueba de Bartlett</b>	
Estadístico de prueba	29.998
Grados de libertad	10
Valor P	0.001

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La **Tabla 4.50** muestra: Las componentes, los valores propios, porcentajes de varianza obtenidos y el porcentaje de explicación acumulado para cada componente.

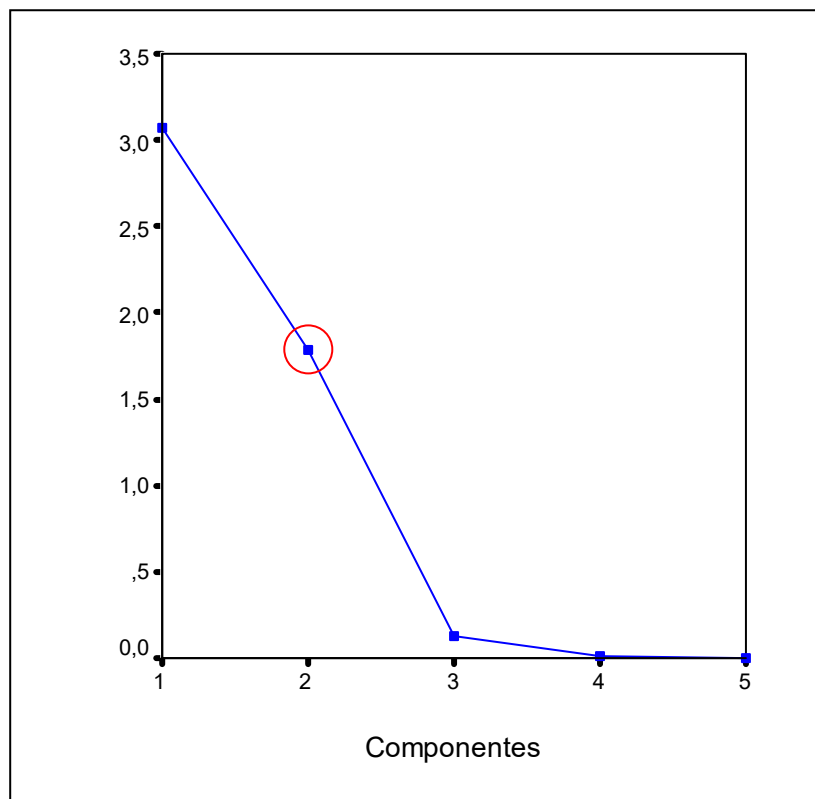
<b>Tabla 4.50</b> <b>Enmiendas Orgánicas Líquidas</b> <b>Ubicación - Fuente de Microorganismos: Químicos</b> <b>y físicos</b> <b>Varianza Explicada por las Componentes</b> <b>Principales</b>			
Componente	Valores Propios		
	$\lambda_i$	Porción de Varianza Explicada	Porción acumulada
1	3.076	61.524	61.524
<b>2</b>	<b>1.781</b>	<b>35.629</b>	<b>97.153</b>
3	0.130	2.599	99.752
4	0.012	0.233	99.985
5	0.001	0.015	100.000

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El **Gráfico 4.21** de sedimentación, esta representado por el eje de las Y que son los valores propios y en el eje de las X que es el número de Componentes Principales, que corresponden a cada valor propio, se tomó

los dos primeros componente con la que explica un 97.15% de la varianza total.

**Gráfico 4.21**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Ubicación - Fuente de Microorganismos: Químicos y físicos**  
**Gráfico de Sedimentación**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Los respectivos coeficientes de las dos Componentes consideradas, se presentan en la **Tabla 4.51**. Se observa que, en la primera Componente las



variables que presentaron mayor peso correspondieron a “Conductividad Eléctrica”, “Salinidad” y “Total de Sólidos Disueltos”, por la que esta componente se la denominó “Químicos y Físicos”.

En el caso de la segunda Componente, las variables que presentaron un mayor peso fueron “pH” y “Temperatura”; la misma que se le dio el nombre “Ubicación - Fuente de Microorganismos”

<b>Tabla 4.51</b> <b>Ubicación - Fuente de</b> <b>Microorganismos: Químicos y</b> <b>físicos</b> <b>Coefficientes de las Componentes</b> <b>Principales</b>		
<b>Variables</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
EOLQpH	0,101	-0,968
EOLQCE	0,935	0,346
EOLQS	0,993	0,120
EOLFTSD	0,990	0,056
EOLFT	-0,476	0,840

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

### **Microbiológicos**

Realizada la prueba de significancia estadística de *Bartlett* para los datos de estudio: “*microbiológicos*” en las enmiendas orgánicas líquidas, se tiene un valor  $p=0.088$  (véase **Tabla 4.52**), por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir los valores de las covarianzas son iguales a cero, afirmando así que existe independencia entre las variables de la matriz de datos de los análisis

microbiológicos, por lo cual no sería útil construir el análisis de Componentes Principales.

<b>Tabla 4.52</b> <b>Ubicación – Fuente de</b> <b>Microorganismos:</b> <b>Microbiológicos</b> <b>Prueba de Bartlett</b>	
Estadístico de prueba	6.56
Grados de libertad	3
Valor P	0.088

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

#### 4.3.1.2.2. Ubicación - Meses de Preparación

##### ***Nutrientes***

Realizada la prueba de significancia estadística de *Bartlett* para los datos de estudio: “*nutrientes*” en las enmiendas orgánicas líquidas, se tiene un *valor*  $p=0.003$  (véase **Tabla 4.53**), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos algunas de las variables son correlacionadas y consecuentemente se procedió con el análisis de Componentes Principales.

<b>Tabla 4.53</b> <b>Ubicación – Meses de</b> <b>Preparación: Nutrientes</b> <b>Prueba de Bartlett</b>	
Estadístico de prueba	52.991
Grados de libertad	28
Valor P	0.003

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

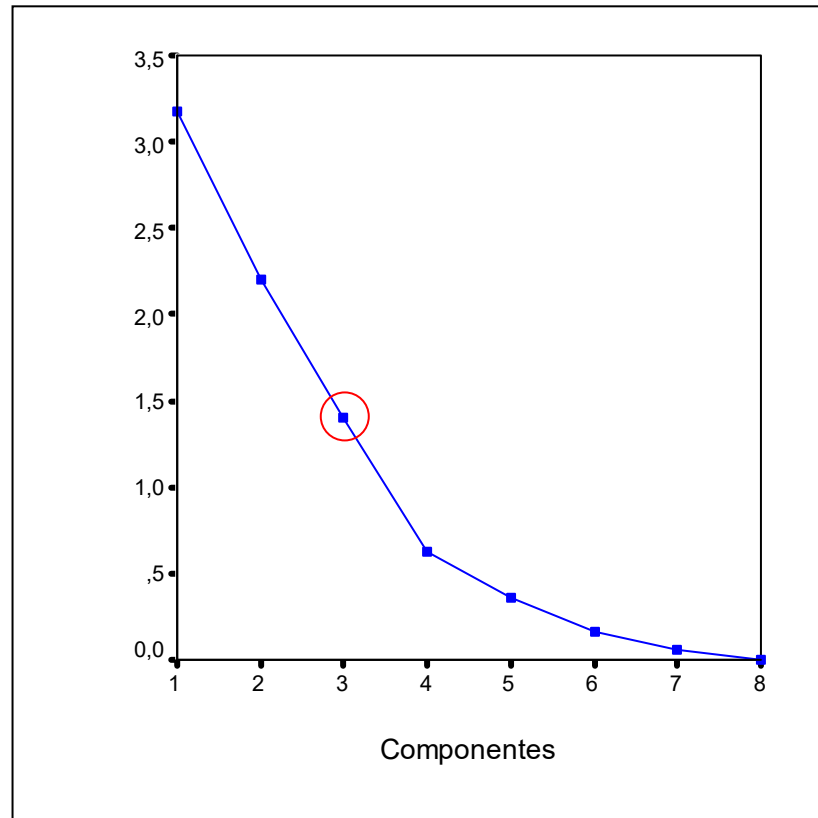
La **Tabla 4.54** muestra: los valores propios, porcentajes de varianza obtenidos y el porcentaje de explicación acumulado para cada componente.

<b>Tabla 4.54</b> <b>Enmiendas Orgánicas Líquidas</b> <b>Ubicación - Meses de Preparación: Nutrientes</b> <b>Varianza Explicada por las Componentes Principales</b>			
Componente	Valores Propios		
	$\lambda_i$	Porción de Varianza Explicada	Porción acumulada
1	3,178	39,729	39,729
2	2,202	27,522	67,251
<b>3</b>	<b>1,402</b>	<b>17,526</b>	<b>84,777</b>
4	0,630	7,873	92,650
5	0,362	4,523	97,173
6	0,166	2,074	99,247
7	0,060	0,748	99,996
8	0,000	0,004	100,000

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El **Gráfico 4.22** de sedimentación esta representado por el eje de las Y que son los valores propios y en el eje de las X que es el número de Componentes Principales que corresponden a cada valor propio, se toma el tercer componente con la que explica un 84.78% de la varianza total.

**Gráfico 4.22**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Nutrientes**  
**Gráfico de Sedimentación**



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

Los respectivos coeficientes de los tres Componentes considerados, de los 8 calculados se presentan en la **Tabla 4.55** donde la componente uno y dos presentan pesos mas altos. Se observa que en la primera Componente las variables que presentaron mayor peso correspondieron a “Potasio”,

“Nitrógeno”, “Zinc”, “Cobre” y “Silicio por la que esta componente se la denominó “Nutrientes”.

En el caso de la segunda Componente, las variables que presentaron un mayor avance fueron “Fósforo” y “Calcio”; la misma que se le dio el nombre “Ubicación - Meses de preparación”.

En el tercer componente, la variable que presentó un mayor avance fue “Magnesio”, la misma que se le dio el nombre “Hacienda”.

<b>Tabla 4.55</b>			
<b>Enmiendas Orgánicas Líquidas</b>			
<b>Ubicación - Meses de Preparación: Nutrientes</b>			
<b>Coefficientes de las Componentes Principales</b>			
<b>Variables</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
EOLQK	0,633	0,455	0,495
EOLQP	0,425	-0,830	0,299
EOLQCa	-0,183	0,903	-0,120
EOLQMg	0,037	0,585	0,628
EOLQN	0,758	-0,240	0,458
EOLQZn	0,863	0,199	-0,317
EOLQCu	0,812	0,218	-0,153
EOLQSi	0,763	0,053	-0,571

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se realizó el ACP para los nutrientes, separando macronutrientes y micronutrientes:

### **Macronutrientes**

Realizada la prueba de significancia estadística de *Bartlett* para los datos de estudio: “*macronutrientes*” en las enmiendas orgánicas líquidas, se tiene un *valor p*=0.091 (véase **Tabla 4.56**), por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir los valores de las covarianzas son iguales a cero, afirmando así que existe independencia entre las variables de la matriz de datos de los análisis químicos: macronutrientes, por lo cual no sería útil construir el análisis de Componentes Principales.

<b>Tabla 4.56</b> <b>Ubicación - Meses de</b> <b>Preparación: Macronutrientes</b> <b>Prueba de Bartlett</b>	
Estadístico de prueba	16.328
Grados de libertad	10
Valor P	0.091

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

### **Micronutrientes**

Realizada la prueba de significancia estadística de *Bartlett* para los datos de estudio: “*micronutrientes*” en las enmiendas orgánicas líquidas, se tiene un *valor p*=0.009 (véase **Tabla 4.57**), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos algunas de las variables son correlacionadas y consecuentemente se puede proceder con el análisis de Componentes Principales.

<b>Tabla 4.57</b> <b>Ubicación - Meses de Preparación: Micronutrientes</b> <b>Prueba de Bartlett</b>	
Estadístico de prueba	11.623
Grados de libertad	3
Valor P	0.009

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La **Tabla 4.58** muestra: Las Componentes, los valores propios, porcentajes de varianza obtenidos y el porcentaje de explicación acumulado para cada componente.

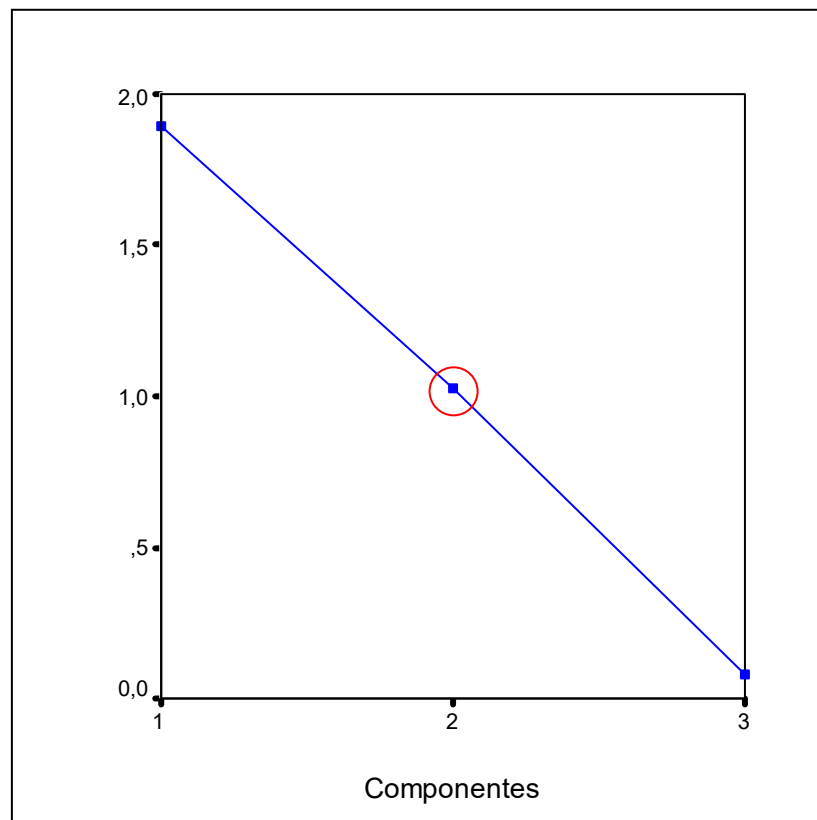
<b>Tabla 4.58</b> <b>Enmiendas Orgánicas Líquidas</b> <b>Ubicación - Meses de Preparación: Micronutrientes</b> <b>Varianza Explicada por las Componentes Principales</b>			
Componente	Valores Propios		
	$\lambda_i$	Porción de Varianza Explicada	Porción acumulada
1	1,895	63,172	63,172
<b>2</b>	<b>1,027</b>	<b>34,227</b>	<b>97,399</b>
3	0,078	2,601	100,000

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El **Gráfico 4.23** de sedimentación, esta representado por el eje de las Y que son los valores propios y en el eje de las X que es el número de Componentes Principales, que corresponden a cada valor propio, se tomó

los dos primeros componente con la que explica un 97.399% de la varianza total.

**Gráfico 4.23**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Micronutrientes**  
**Gráfico de Sedimentación**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Los respectivos coeficientes de los dos Componentes consideradas, se presentan en la **Tabla 4.59** donde se puede apreciar que en la primera Componente, las variables que presentaron mayor peso correspondieron a



“Cobre” y “Silicio”, por la que esta componente se la denominó “Micronutrientes”.

En el caso de la segunda Componente, la variable que presentó un mayor avance fue el “Zinc”, la misma que se le dio el nombre “Ubicación - meses de preparación”.

<b>Tabla 4.59</b> <b>Enmiendas Orgánicas Líquidas</b> <b>Ubicación - Meses de preparación:</b> <b>Micronutrientes</b> <b>Coefficientes de las Componentes</b> <b>Principales</b>		
<b>Variables</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
EOLQZn	0,281	0,957
EOLQCu	-0,925	0,331
EOLQSi	0,980	0,038

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

### **Químicos y Físicos**

Realizada la prueba de significancia estadística de *Bartlett* para los datos de estudio: “*químicos y físicos*” en las enmiendas orgánicas líquidas, se tiene un *valor p=0.000* (véase **Tabla 4.60**), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos algunas de las variables son correlacionadas y consecuentemente se puede proceder con el análisis de Componentes Principales.

<b>Tabla 4.60</b> <b>Ubicación - Meses de</b> <b>Preparación: Químicos y físicos</b> <b>Prueba de Bartlett</b>	
Estadístico de prueba	74.131
Grados de libertad	10
Valor P	0.000

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La **Tabla 4.61** muestra: Las componentes, los valores propios, porcentajes de varianza obtenidos y el porcentaje de explicación acumulado para cada componente.

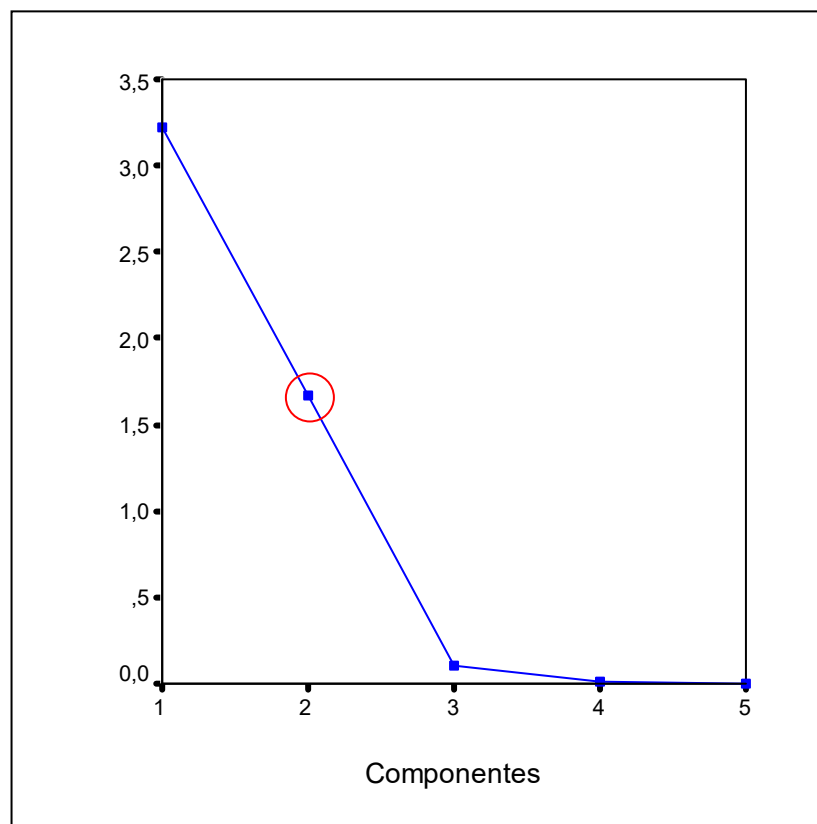
<b>Tabla 4.61</b> <b>Enmiendas Orgánicas líquidas</b> <b>Ubicación - Meses de Preparación: Químicos y</b> <b>Físicos</b> <b>Varianza Explicada por las Componentes</b> <b>Principales</b>			
Componente	Valores Propios		
	$\lambda_i$	Porción de Varianza Explicada	Porción acumulada
1	3.219	64.371	64.371
<b>2</b>	<b>1.668</b>	<b>33.359</b>	<b>97.729</b>
3	0.107	2.141	99.870
4	0.006	0.122	99.992
5	0.000	0.008	100.000

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El **Gráfico 4.24** de sedimentación esta representado por el eje de las Y que son los valores propios y en el eje de las X que es el número de Componentes Principales, que corresponden a cada valor propio. Con un

97.72% de explicación de la varianza total se seleccionan las dos primeras componentes.

**Gráfico 4.24**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Químicos y físicos**  
**Gráfico de Sedimentación**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Los respectivos coeficientes de los dos Componentes considerados, se presentan en la **Tabla 4.62** Se observa que, en la primera Componente las variables que presentaron mayor peso correspondieron a “Conductividad

Eléctrica”, “Salinidad” y “Total de Sólidos Disueltos”, por la que esta componente se la denominó “Químicos y Físicos”.

En el caso de la segunda Componente, las variables que presentaron un mayor avance fueron “pH” y “Temperatura”, las mismas que se le dio el nombre “Ubicación - Meses de preparación”.

<b>Tabla 4.62</b> <b>Enmiendas Orgánicas Líquidas</b> <b>Ubicación - Meses de preparación:</b> <b>Químicos y físicos</b> <b>Coefficientes de las Componentes</b> <b>Principales</b>		
<b>Variables</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
EOLQPH	0.385	-0.895
EOLQCE	0.944	0.326
EOLQS	0.968	0.250
EOLFTSD	0.967	0.246
EOLFT	-0.554	0.798

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

### **Microbiológicos**

Realizada la prueba de significancia estadística de *Bartlett* para los datos de estudio: “microbiológicos” en las enmiendas orgánicas líquidas, se tiene un valor  $p=0.875$  (véase **Tabla 4.63**), por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir los valores de las covarianzas son iguales a cero, afirmando así que existe independencia entre las variables de la matriz de datos de los análisis

microbiológicos, por lo cual no sería útil construir el análisis de Componentes Principales.

<b>Cuadro 4.63</b> <b>Ubicación - Meses de</b> <b>Preparación: Microbiológicos</b> <b>Prueba de Bartlett</b>	
Estadístico de prueba	0.691
Grados de libertad	3
Valor P	0.875

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

#### **4.3.1.3. Representación gráfica utilizando Componentes Principales**

Un biplot, de manera generalizada, es una representación gráfica de los datos de una matriz  $n \times p$ , de donde se seleccionan dos variables a ser representadas.

Con varias variables uno puede construir un gráfico de dispersión de un arreglo matricial, pero este no es un simple gráfico de unidades muestrales. Por otra parte, un gráfico bi-dimensional de unidades muestrales puede ser obtenido al graficar las dos primeras componentes principales. El fundamento del biplot es añadir la información acerca de las variables al gráfico de las componentes principales

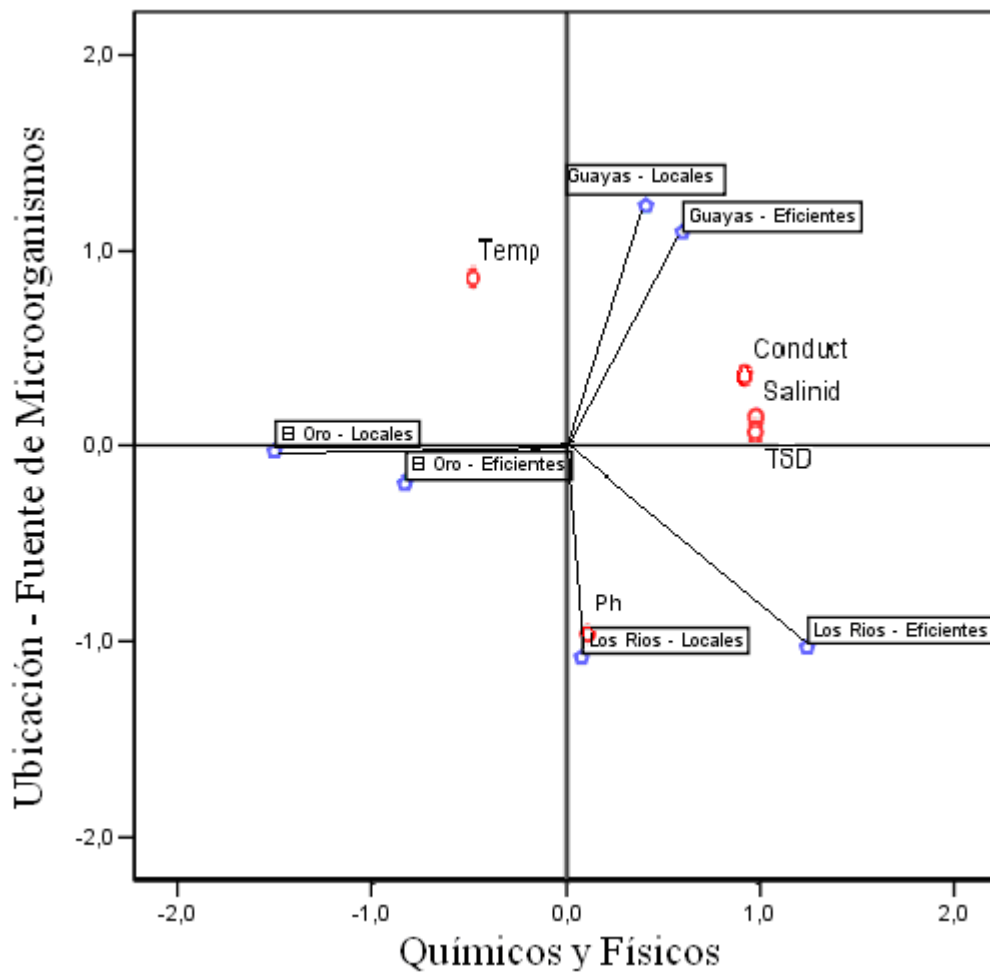
En este estudio, a través de un biplot y utilizando el ACP graficaremos los componentes de: (i) *Nutrientes*, (ii) *Químicos y físicos* versus “*Ubicación - Fuente de microorganismos*” y “*Ubicación - Meses de preparación*”, según el

caso como fueron construidas. Con el fin de identificar si existe alguna asociación en los diferentes tratamientos de las enmiendas orgánicas líquidas en las variables de estudio.

### **Ubicación - Fuente de Microorganismos: *Químicos y Físicos***

En el **Grafico 4.25** se observa las variables que pertenecen a “*Químicos y Físicos*” de las enmiendas orgánicas líquidas, en las tres diferentes ubicación con los dos tipos de microorganismos (locales y eficientes). La variable que explica la primera componente es “*Químicos y Físicos*”, para la segunda componente principal “Ubicación - Fuente de microorganismos”.

**Gráfico 4.25**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Ubicación - Fuente de Microorganismos: Químicos y Físicos**  
**Biplot de las dos primeras componentes**



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

Se puede constatar que tanto para la provincia del Guayas, El Oro y Los Ríos existe una asociación entre los dos tipos de microorganismos (locales y eficientes) para cada una de estas ubicaciones.

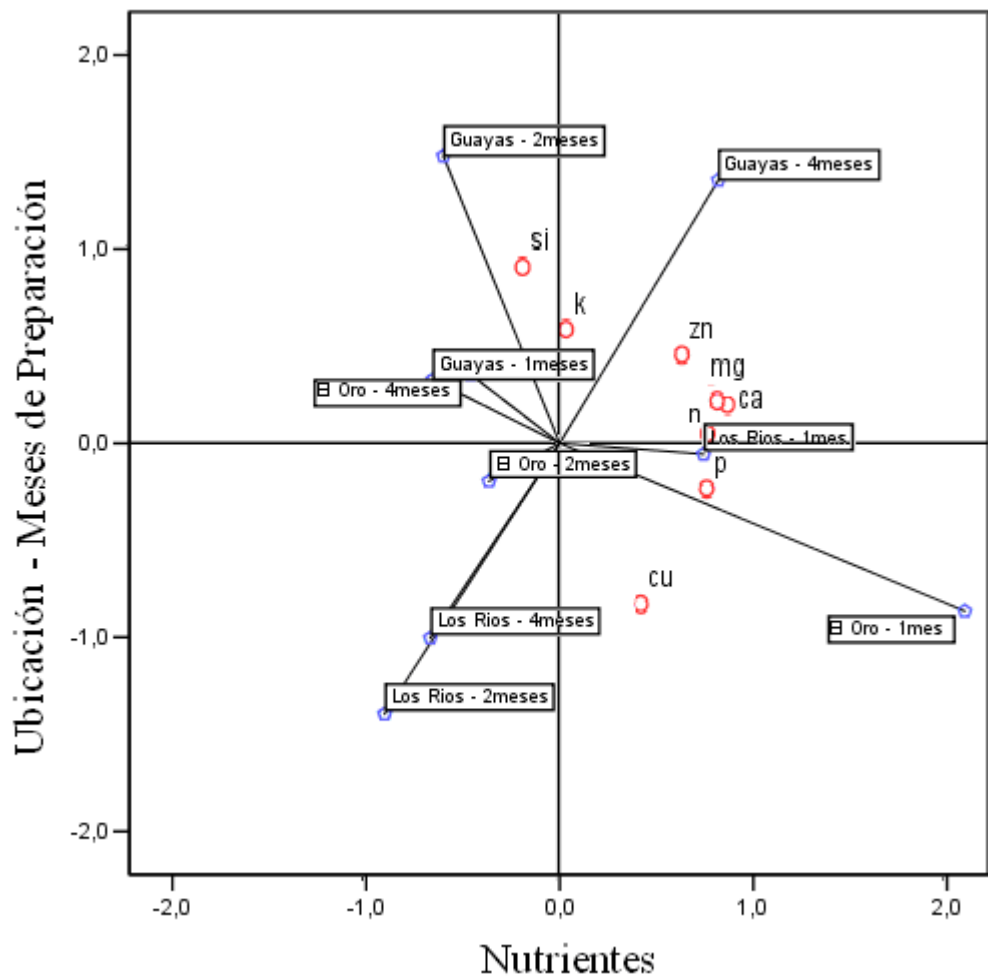
Las variables: conductividad eléctrica, salinidad y total de sólidos disueltos están asociados con los microorganismos eficientes de de la provincia del Guayas y Los Ríos.

#### **Ubicación - Meses de preparación: *Nutrientes***

En el **Grafico 4.26** se observan las variables que pertenecen a “*Nutrientes*” de las enmiendas orgánicas líquidas en las tres diferentes ubicación en los meses de preparación (uno, dos y cuatro meses). La variable que explica la primera componente es “*Nutrientes*”, para la segunda componente principal “Ubicación - Meses de preparación”.



**Gráfico 4.26**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Nutrientes**  
**Biplot de las dos primeras componentes**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

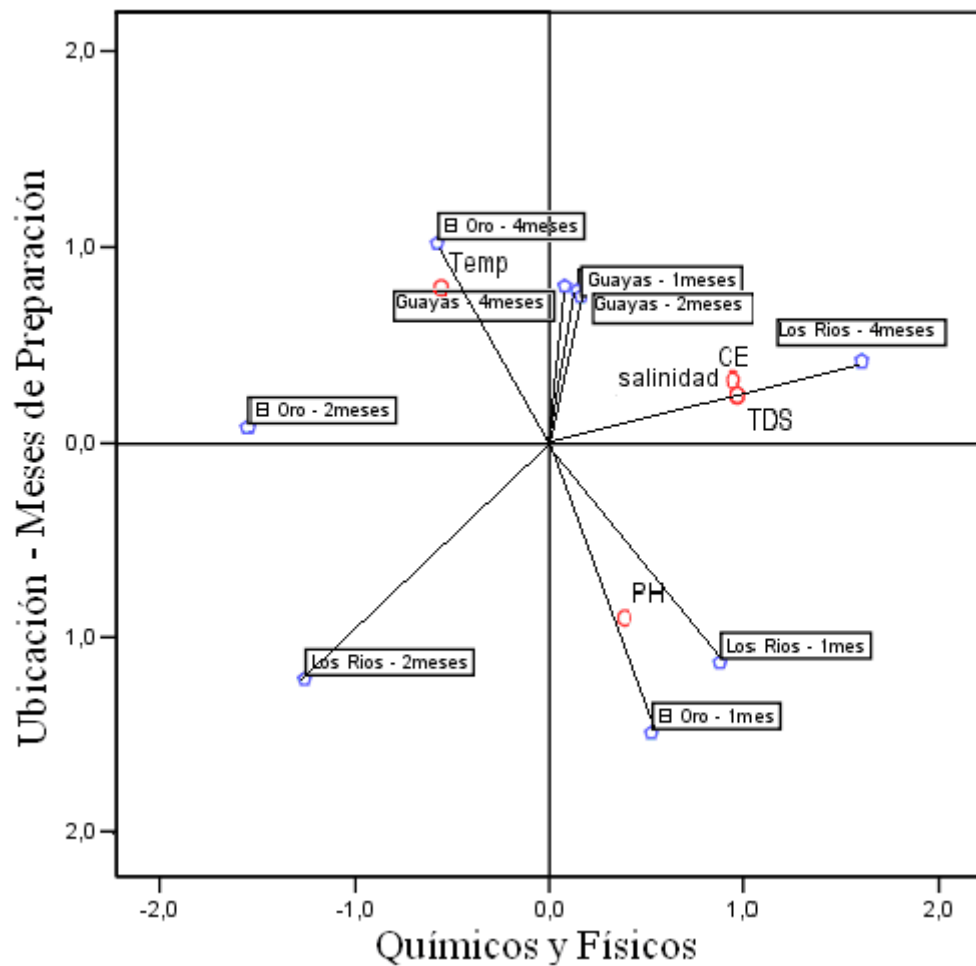
En el biplot se puede constatar que para las ubicación de: EL Oro y Los Ríos en un mes de preparación y Guayas en cuatro meses de preparación, están asociados con los nutrientes: potasio, zinc, magnesio, calcio, nitrógeno,

fósforo y cobre. Nótese que en la provincia de Los Ríos en un mes de preparación, tiene una fuerte asociación con cinco de los ocho nutrientes a diferencia del tratamiento de dos y cuatro meses de preparación en la misma provincia.

#### **Ubicación - Meses de preparación: *Químicos y Físicos***

En el **Grafico 4.27** se observan las variables que pertenecen a “*Químicos y Físicos*” de las enmiendas orgánicas líquidas en las tres diferentes ubicación en los meses de preparación (uno, dos y cuatro meses). La variable que explica la primera componente es “*Químicos y Físicos*”, para la segunda componente principal “Ubicación - Meses de preparación”.

**Gráfico 4.27**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Químicos y Físicos**  
**Biplot de las dos primeras componentes**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se puede constatar que para las ubicación: en los tres diferentes meses de preparación en Guayas, en Los Ríos y El Oro en cuatro meses de

preparación están asociados con los parámetros: conductividad eléctrica, total de sólidos disueltos, salinidad y temperatura.

#### **4.3.2. Análisis de Conglomerados**

El Análisis de Conglomerados o Análisis de “Clusters” es una técnica estadística en la que se pretende encontrar patrones para clasificar datos (variables u observaciones) en grupos homogéneos denominados conglomerados.

Se utilizó el método jerárquico, el cual parte de  $n$  observaciones multivariadas, donde cada una de ellas se considera un conglomerado, a fin de que utilizando distancias entre cada uno de ellos se vaya reduciendo el número de conglomerados hasta llegar a uno solo.

Para identificar los conglomerados entre los casos de este estudio primero se haya la distancia euclidiana entre pares de observaciones.

Luego, mediante el método aglomerativo de Ward se determinan progresivamente los conglomerados. Y la representación gráfica de estos conglomerados se denomina “Dendograma”.

### 4.3.2.1. Enmiendas Orgánicas Sólidas

#### 4.3.2.1.1. Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida

##### **Nutrientes**

La **Tabla 4.64** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*nutrientes*” entre los casos: “*ubicación - tipo de enmienda orgánica sólida*”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una mediada de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

<b>Tabla 4.64</b> <b>Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Nutrientes</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>					
<i>Ubicación - Tipo de EOS</i>	1: Guayas - Compost	2:El Oro - Compost	3:Guayas - Bocashi	4:El Oro - Bocashi	5:Los Ríos -Bocashi
1: Guayas - Compost	0,000				
2:El Oro - Compost	4,931	0,000			
3:Guayas - Bocashi	3,052	2,376*	0,000		
4:El Oro - Bocashi	3,322*	5,980	4,159	0,000	
5:Los Ríos - Bocashi	4,474	5,712	4,523	4,850	0,000

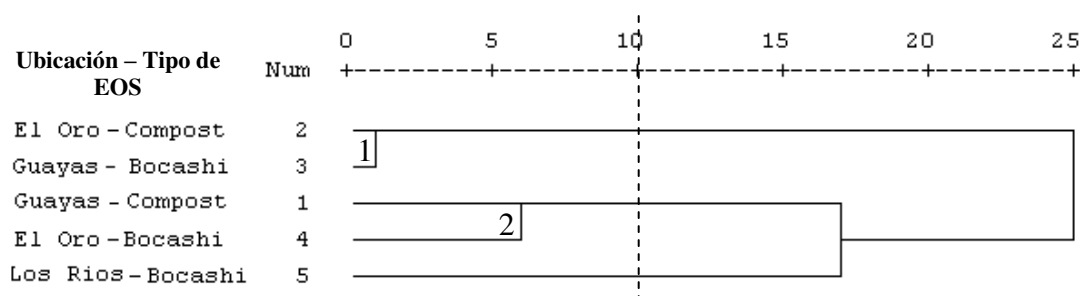
\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El dendograma (o diagrama de árbol) muestra la similaridad entre los casos (*ubicación - tipo de enmiendas orgánicas sólidas*). Los casos o clusters que se encuentran mas cerca del lado izquierdo y agrupados, son mas similares entre si.

Se Observa en el **Gráfico 4.28** el dendograma para las variables “*nutrientes*”, en los casos: *ubicación - tipo de enmiendas orgánicas sólidas*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad del 25% para cada caso.

**Gráfico 4.28**  
**Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Nutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa dos grupos que están conformados: el primero por la provincia de El Oro con el tipo de enmienda orgánica sólida “compost” y la provincia del Guayas con el tipo de enmienda

orgánica sólida “bocashi”. El segundo grupo está formado por la provincia del Guayas con el tipo de enmienda orgánica sólida “compost” y la provincia de El Oro con el tipo de enmienda orgánica sólida “bocashi”.

Se analizaron los nutrientes en forma separada, en macronutrientes y micronutrientes, para los casos: *ubicación - tipo de enmienda orgánica sólida*.

### **Macronutrientes**

La **Tabla 4.65** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*macronutrientes*” entre los casos: “*ubicación - tipo de enmienda orgánica sólida*”, estos valores representan la similitud o disimilitud entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similitud.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

Tabla 4.65 Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Macronutrientes Matriz de Proximidades Distancia Euclidiana					
Ubicación - Tipo de EOS	1: Guayas - Compost	2:El Oro - Compost	3:Guayas - Bocashi	4:El Oro - Bocashi	5:Los Ríos -Bocashi
1: Guayas - Compost	0,000				
2:El Oro - Compost	3,420	0,000			
3:Guayas - Bocashi	2,409	1,620*	0,000		
4:El Oro - Bocashi	2,501*	5,141	3,712	0,000	
5:Los Ríos - Bocashi	1,772	3,879	2,767	2,752*	0,000

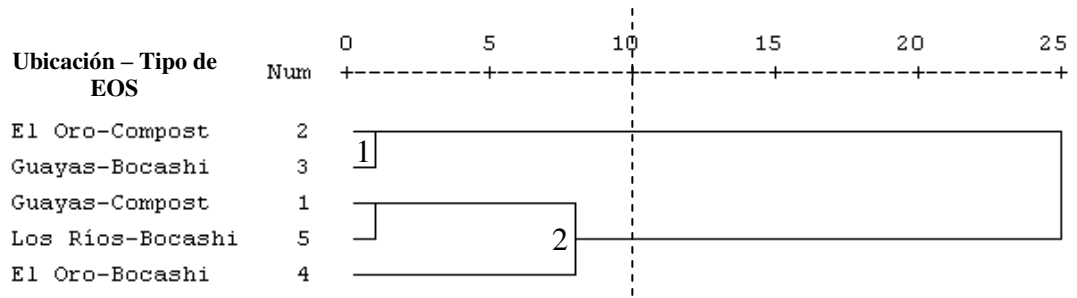
\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.29** el dendograma para las variables “macronutrientes”, en los casos: *ubicación - tipo de enmiendas orgánicas sólidas*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.



**Gráfico 4.29**  
**Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólidas: Macronutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa dos grupos, que están conformados: el primero por la provincia de El Oro con el tipo de enmienda orgánica sólida “compost” y la provincia del Guayas con el tipo de enmienda orgánica sólida “bocashi”. El segundo grupo esta formado por la provincia del Guayas con el tipo de enmienda orgánica sólida “compost” y la provincia de Los Ríos con el tipo de enmienda orgánica sólida “bocashi”; y estos con la provincia de El Oro con el tipo de enmienda orgánica sólida “bocashi”, dentro del mismo grupo.

### **Micronutrientes**

La **Tabla 4.66** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “micronutrientes” entre los casos: “ubicación - tipo de enmienda orgánica sólida”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una mediada de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

<b>Tabla 4.66</b> <b>Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Micronutrientes</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>					
<i>Ubicación - Tipo de EOS</i>	1: Guayas - Compost	2:El Oro - Compost	3:Guayas - Bocashi	4:El Oro - Bocashi	5:Los Ríos -Bocashi
1: Guayas - Compost	0,000				
2:El Oro - Compost	3,553	0,000			
3:Guayas - Bocashi	1,874	1,738*	0,000		
4:El Oro - Bocashi	2,187*	3,054	1,876	0,000	
5:Los Ríos - Bocashi	4,108	4,193	3,578	3,994	0,000

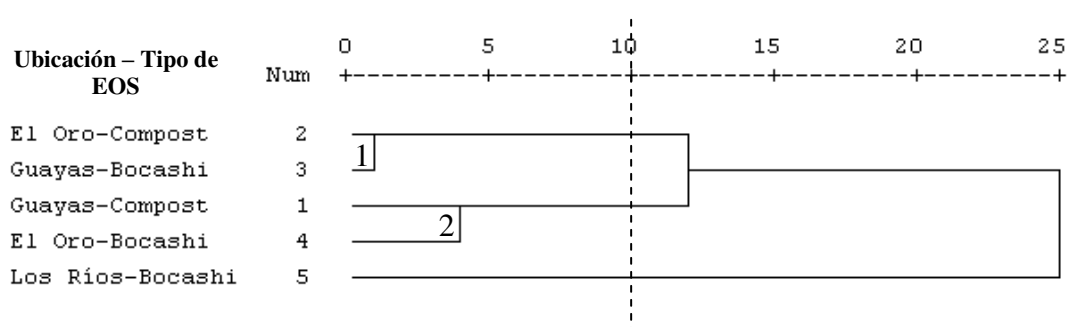
\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.66**, el dendograma para las variables “micronutrientes”, en los casos: *ubicación - tipo de enmiendas orgánicas*

*sólidas*. Este se divide en un sólo conglomerado claramente diferenciado con una disimilaridad de 25 % para cada caso.

**Gráfico 4.30**  
**Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólidas: Micronutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa dos grupos, que están conformados: el primero por la provincia de El Oro con el tipo de enmienda orgánica sólida “compost” y la provincia del Guayas con el tipo de enmienda orgánica sólida “bocashi”. El segundo grupo esta formado por la provincia del Guayas con el tipo de enmienda orgánica sólida “compost” y la provincia de El Oro con el tipo de enmienda orgánica sólida “bocashi”.

### Otros Químicos

La **Tabla 4.67** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “químicos” entre los casos: “ubicación - tipo de enmienda orgánica sólida”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

<b>Tabla 4.67</b> <b>Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Químicos</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>					
<i>Ubicación - Tipo de EOS</i>	1: Guayas - Compost	2:El Oro - Compost	3:Guayas - Bocashi	4:El Oro - Bocashi	5:Los Ríos -Bocashi
1: Guayas - Compost	0,000				
2:El Oro - Compost	4,896	0,000			
3:Guayas - Bocashi	3,391	3,615	0,000		
4:El Oro - Bocashi	3,665	5,049	3,429	0,000	
5:Los Ríos - Bocashi	3,049	4,387	2,300*	2,635*	0,000

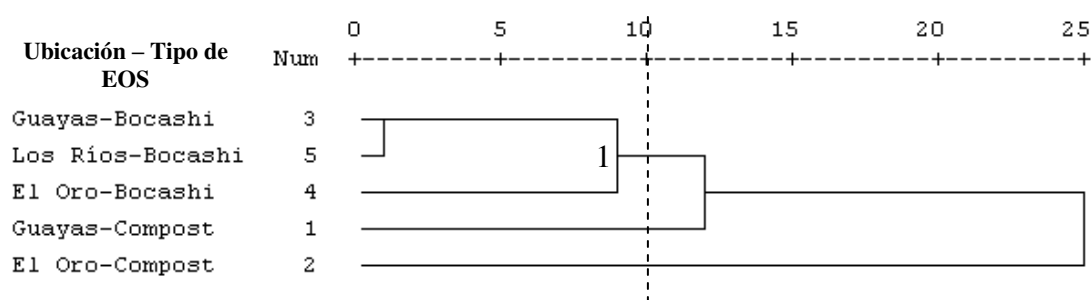
\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.31** el dendograma para las variables “químicos”, en los casos: *ubicación - tipo de enmiendas orgánicas sólidas*. Este se divide

en un sólo conglomerado claramente diferenciado con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.31**  
**Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Químicos**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa un sólo conglomerado que está conformado por: la provincia del Guayas y Los Ríos, ambos con el tipo de enmienda orgánica sólida “bocashi” y la provincia de El Oro con el tipo de enmienda orgánica sólida “bocashi” dentro del mismo grupo.

**Físicos**

La **Tabla 4.68** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “físicos” entre los casos: “ubicación - tipo de enmienda orgánica sólida”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre

cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

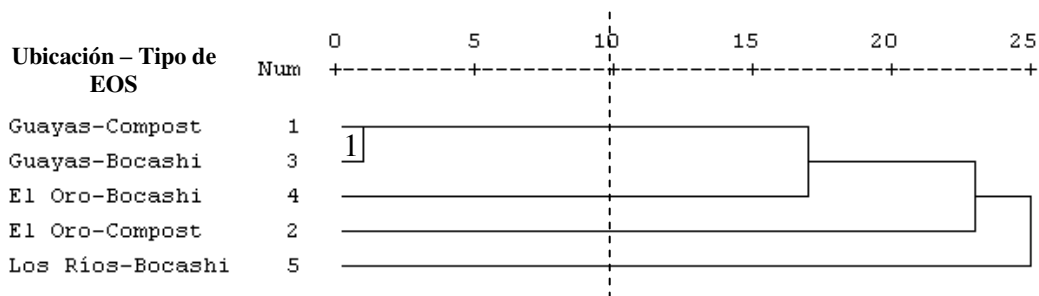
<b>Tabla 4.68</b> <b>Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Físicos</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>					
<i>Ubicación - Tipo de EOS</i>	1: Guayas - Compost	2:El Oro - Compost	3:Guayas - Bocashi	4:El Oro - Bocashi	5:Los Ríos -Bocashi
1: Guayas - Compost	0,000				
2:El Oro - Compost	2,457	0,000			
3:Guayas - Bocashi	1,100*	2,652	0,000		
4:El Oro - Bocashi	1,654	2,460	2,468	0,000	
5:Los Ríos - Bocashi	1,952	3,335	2,736	2,903	0,000

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.32** el dendograma para las variables “físicos”, en los casos: *ubicación - tipo de enmiendas orgánicas sólidas*. Este se divide en un sólo conglomerado claramente diferenciado con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.32**  
**Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Físico**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa un sólo conglomerado que está conformado por: la provincia del Guayas con los dos tipos de enmienda orgánica sólida “bocashi” y “Compost”.

**Microbiológicos**

La **Tabla 4.69** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “microbiológicos”, entre los casos: “ubicación - tipo de enmienda orgánica sólida”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

<b>Tabla 4.69</b> <b>Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Microbiológicos</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>					
<i>Ubicación - Tipo de EOS</i>	1: Guayas - Compost	2:El Oro - Compost	3:Guayas - Bocashi	4:El Oro - Bocashi	5:Los Ríos -Bocashi
1: Guayas - Compost	0,000				
2:El Oro - Compost	2,907	0,000			
3:Guayas - Bocashi	1,824*	2,292*	0,000		
4:El Oro - Bocashi	3,365	3,728	2,999	0,000	
5:Los Ríos - Bocashi	4,030	3,461	4,023	4,934	0,000

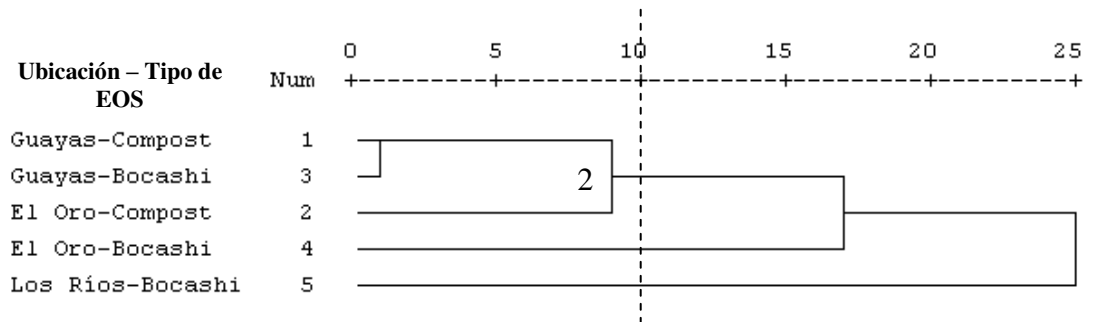
\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.33** el dendograma para las variables “microbiológicos”, en los casos: *ubicación - tipo de enmiendas orgánicas sólidas*. Este se divide en un sólo conglomerado claramente diferenciado con una disimilaridad de 25% para cada caso.



**Gráfico 4.33**  
**Ubicación - Tipo de Enmienda Orgánica Sólida: Microbiológicos**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa un solo conglomerado que está conformado por: la provincia del Guayas con los dos tipos de enmienda orgánica sólida “compost” y “bocashi” y la provincia de El Oro con el tipo de enmienda orgánica sólida “compost” dentro del mismo grupo.

### 4.3.2.2. Enmiendas Orgánicas Líquidas

#### 4.3.2.2.1. Ubicación - Fuente de Microorganismos

##### **Nutrientes**

La **Tabla 4.70** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*nutrientes*” entre los casos: “*ubicación - fuentes de microorganismos*”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

<b>Tabla 4.70</b> <b>Ubicación - Fuente de Microorganismos: Nutrientes</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>						
<i>Ubicación- microorganismos</i>	1:Los Ríos - Eficiente	2:El Oro - Eficientes	3:Guayas - Eficientes	4:Los Ríos - Locales	5:El Oro Locales	6:Guayas - Locales
1:Los Ríos - Eficiente	0,000					
2:El Oro - Eficientes	3,469	0,000				
3:Guayas - Eficientes	3,961	5,239	0,000			
4:Los Ríos - Locales	3,340*	4,926	5,608	0,000		
5:El Oro - Locales	2,973	2,279*	4,278	3,921	0,000	
6:Guayas - Locales	3,931	3,504	3,474	4,673	2,933*	0,000

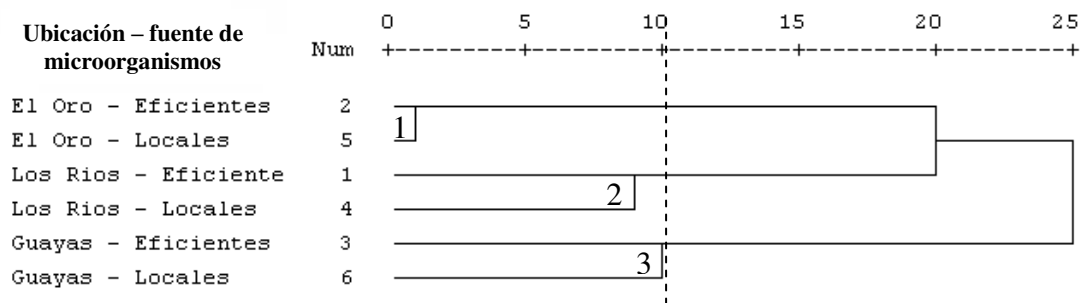
\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El dendograma (o diagrama de árbol) muestra la similaridad entre los casos (*Ubicación - fuente de microorganismos*). Los casos o clusters que se encuentran mas cerca del lado izquierdo y agrupados, son mas similares entre si.

Se Observa en el **Gráfico 4.34** el dendograma para las variables “*nutrientes*”, en los casos: *ubicación - fuente de microorganismos*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.34**  
**Ubicación - Fuente de Microorganismos: Nutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, observamos tres conglomerados que están conformados por las Ubicación de El Oro, Los Ríos y Guayas con

los dos diferentes microorganismos en cada caso que son: eficientes y locales.

Se analizaron los nutrientes en forma separada, en macronutrientes y micronutrientes, para los casos: *ubicación - fuentes de microorganismos*:

### ***Macronutrientes***

La **Tabla 4.71** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*macronutrientes*”, entre los casos: “*ubicación - fuentes de microorganismos*”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

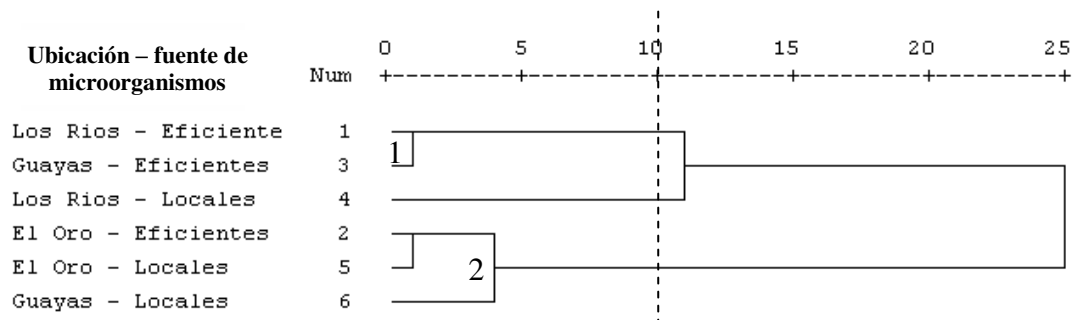
<b>Tabla 4.71</b> <b>Ubicación - Fuente de Microorganismos: Macronutrientes</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>						
<i>Ubicación - microorganismos</i>	1:Los Ríos - Eficiente	2:El Oro - Eficientes	3:Guayas - Eficientes	4:Los Ríos - Locales	5:El Oro - Locales	6:Guayas - Locales
1:Los Ríos - Eficiente	0,000					
2:El Oro - Eficientes	3,393	0,000				
3:Guayas - Eficientes	2,199*	4,180	0,000			
4:Los Ríos - Locales	2,910	4,674	3,242	0,000		
5:El Oro - Locales	2,727	2,203*	3,277	3,418	0,000	
6:Guayas - Locales	3,048	2,658*	2,535	3,566	2,26*8	0,000

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.35** el dendograma para las variables “macronutrientes”, en los casos: *ubicación- fuente de microorganismos*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.35**  
**Ubicación - Fuente de Microorganismos: Macronutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa dos conglomerados que están conformados; el primero por: la provincia de Los Ríos y Guayas en microorganismos eficientes. Y el segundo grupo por: la provincia de El Oro en los dos tipos de microorganismos (locales y eficientes) y la provincia del Guayas en microorganismos locales dentro del mismo grupo.

***Micronutrientes***

La **Tabla 4.72** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “micronutrientes” entre los casos: “ubicación - fuentes de microorganismos”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

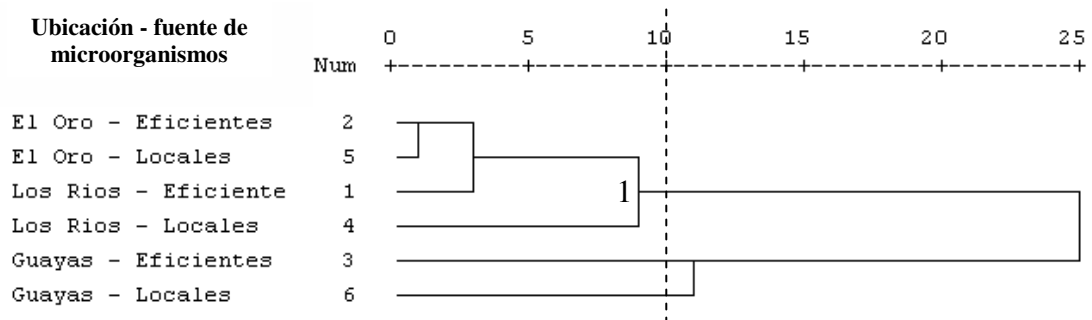
<b>Tabla 4.72</b> <b>Ubicación - Fuente de Microorganismos: Micronutrientes</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>						
<i>Ubicación - microorganismos</i>	1:Los Ríos - Eficiente	2:El Oro - Eficientes	3:Guayas - Eficientes	4:Los Ríos - Locales	5:El Oro - Locales	6:Guayas - Locales
1:Los Ríos - Eficiente	0,000					
2:El Oro - Eficientes	0,721*	0,000				
3:Guayas - Eficientes	3,295	3,158	0,000			
4:Los Ríos - Locales	1,639	1,557	4,576	0,000		
5:El Oro - Locales	1,183*	0,585*	2,750	1,923	0,000	
6:Guayas - Locales	2,482	2,283	2,376	3,021	1,860	0,000

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.36** el dendograma para las variables “micronutrientes”, en los casos: *ubicación - fuente de microorganismos*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.36**  
**Ubicación - Fuente de Microorganismos: Micronutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa un solo conglomerado que esta conformado por: la provincia de El Oro en los dos tipos de microorganismos (locales y eficientes), la provincia de Los Ríos en microorganismos eficientes dentro del mismo grupo. Y todos estos a Los Ríos con microorganismos locales.

### ***Químicos y físicos***

La **Tabla 4.73** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*químicos y físicos*”, entre los casos: “*ubicación - fuente de microorganismos*”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.



Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

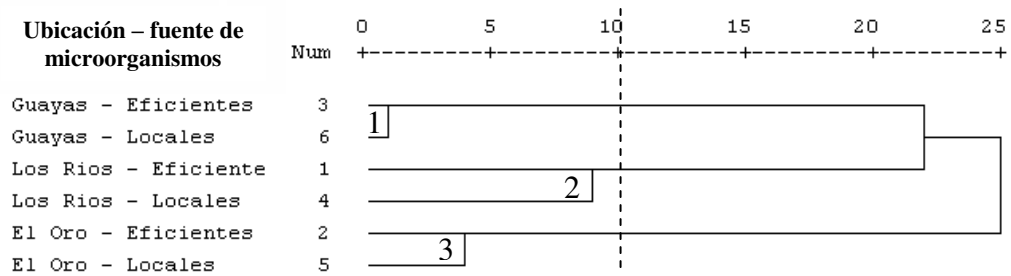
<b>Tabla 4.73</b> <b>Ubicación - Fuente de Microorganismos: Químicos y físicos</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>						
<i>Ubicación - microorganismos</i>	1:Los Ríos - Eficiente	2:El Oro - Eficientes	3:Guayas - Eficientes	4:Los Ríos - Locales	5:El Oro - Locales	6:Guayas - Locales
1:Los Ríos - Eficiente	0,000					
2:El Oro - Eficientes	3,801	0,000				
3:Guayas - Eficientes	3,076	3,076	0,000			
4:Los Ríos - Locales	2,222	2,230	3,105	0,000		
5:El Oro - Locales	5,004	1,335*	3,976	3,140	0,000	
6:Guayas - Locales	3,392	2,944	0,480*	3,174	3,755	0,000

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.37** el dendograma para las variables “*químicos y físicos*”, en los casos: *ubicación - fuente de microorganismos*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.37**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Ubicación - Fuente de Microorganismos: Químicos y Físicos**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa tres grupos diferentes que están conformados por las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro en los dos tipos de microorganismos (locales y eficientes) para cada una de las provincias mencionadas.

**Microbiológicos**

La **Tabla 4.74** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “microbiológicos” entre los casos: “ubicación - fuente de microorganismos”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

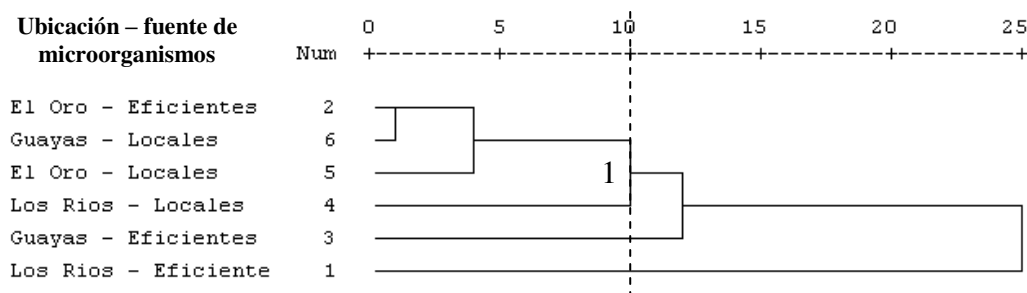
<b>Tabla 4.74</b> <b>Ubicación - Fuente de Microorganismos: Microbiológicos</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>						
<i>Ubicación - microorganismos</i>	1:Los Ríos - Eficiente	2:El Oro - Eficientes	3:Guayas - Eficientes	4:Los Ríos - Locales	5:El Oro -Locales	6:Guayas - Locales
1:Los Ríos - Eficiente	0,000					
2:El Oro - Eficientes	3,239	0,000				
3:Guayas - Eficientes	3,317	1,764	0,000			
4:Los Ríos - Locales	2,471	1,376	2,753	0,000		
5:El Oro - Locales	4,085	1,169*	2,565	1,978	0,000	
6:Guayas - Locales	3,583	0,847*	1,351	2,095	1,224*	0,000

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.38** el dendograma para las variables “microbiológicos”, en los casos: *ubicación - fuente de microorganismos*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.38**  
**Ubicación - Fuente de Microorganismos: Microbiológicos**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa un solo conglomerado que esta conformado por: la provincia de El Oro en los dos tipos de microorganismos (locales y eficientes), la provincia del Guayas dentro del mismo grupo y todos estos con Los Ríos en microorganismos locales.

#### 4.3.2.2.2. Ubicación - Meses de Preparación

##### **Nutrientes**

La **Tabla 4.75** muestra la matriz de proximidades e las variables denominadas “*nutrientes*”, entre los caso: “*ubicación - meses de preparación*”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

<b>Tabla 4.75</b> <b>Ubicación - Meses de Preparación: Nutrientes</b> <b>Matriz de Proximidades</b> <b>Distancia Euclidiana</b>									
<i>Ubicación - meses de preparación</i>	1:Los Ríos - 4meses	2:Los Ríos - 2meses	3:Los Ríos - 1mes	4:El Oro - 4meses	5:El Oro - 2meses	6:El Oro - 1mes	7:Guayas - 4meses	8:Guayas - 2meses	9:Guayas - 1mes
1:Los Ríos - 4meses	0,000								
2:Los Ríos - 2meses	1,633*	0,000							
3:Los Ríos - 1mes	3,860	3,849	0,000						
4:El Oro - 4meses	2,522	3,471	3,930	0,000					
5:El Oro - 2meses	2,834	2,786	2,544*	3,543	0,000				
6:El Oro - 1mes	5,173	5,443	3,406	5,338	5,119	0,000			
7:Guayas - 4meses	4,507	5,470	3,564	3,158	4,060	4,568	0,000		
8:Guayas - 2meses	4,590	4,605	3,810	3,886	3,513	6,140	4,299	0,000	
9:Guayas - 1mes	3,0343	2,998	3,539	2,587*	3,083	5,435	3,840	3,222	0,000

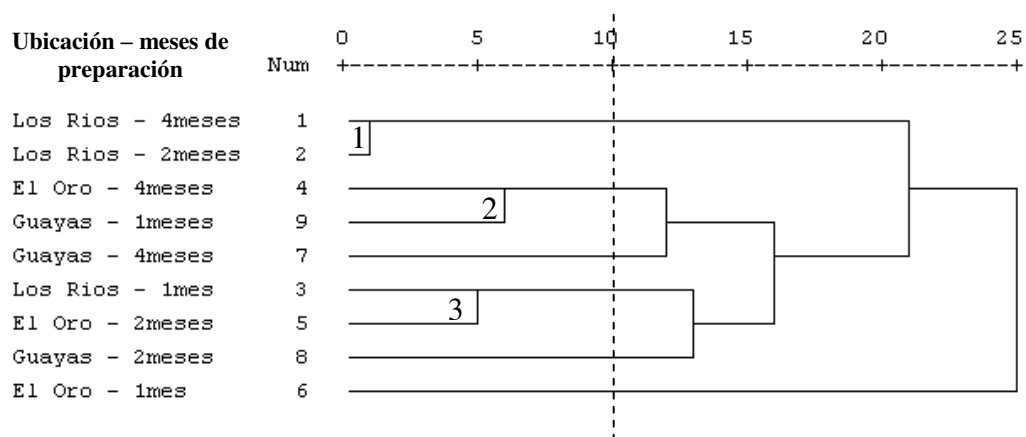
\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El dendograma (o diagrama de árbol) muestra la similaridad entre los casos (*ubicación - meses de preparación*). Los casos o clusters que se encuentran mas cerca del lado izquierdo y agrupados, son mas similares entre si.

Se Observa en el **Gráfico 4.39** el dendograma para las variables “*nutrientes*”, en los casos: *ubicación - meses de preparación*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.39**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Nutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa tres grupos que están conformados: el primero por la provincia de Los Ríos en dos y cuatro meses de preparación. El segundo por: El Oro en cuatro meses y Guayas en un mes de preparación. Y finalmente el tercer grupo por: Los Ríos en un mes y El Oro en dos meses de preparación.

Se analizaron los nutrientes en forma separada en macronutrientes y micronutrientes, para los casos: *ubicación - meses de preparación*.

### ***Macronutrientes***

La **Tabla 4.76** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*macronutrientes*” entre los casos: “*ubicación - meses de preparación*”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

**Tabla 4.76**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Macronutrientes**  
**Matriz de Proximidades**  
**Distancia Euclidiana**

<i>Ubicación - meses de preparación</i>	1:Los Ríos - 4meses	2:Los Ríos - 2meses	3:Los Ríos - 1mes	4:El Oro - 4meses	5:El Oro - 2meses	6:El Oro - 1mes	7:Guayas - 4meses	8:Guayas - 2meses	9:Guayas - 1mes
1:Los Ríos - 4meses	0,000								
2:Los Ríos - 2meses	1,596*	0,000							
3:Los Ríos - 1mes	3,502	3,464	0,000						
4:El Oro - 4meses	1,179*	2,408	3,088	0,000					
5:El Oro - 2meses	2,619	2,584	2,175*	2,872	0,000				
6:El Oro - 1mes	4,396	4,787	3,033	3,678	4,600	0,000			
7:Guayas - 4meses	3,558	4,576	2,873	2,888	3,313	3,049*	0,000		
8:Guayas - 2meses	2,546	2,279	2,722	2,894	1,286*	5,017	4,091	0,000	
9:Guayas - 1mes	1,879	1,389*	2,858	2,461	2,168	4,121	3,783	2,579*	0,000

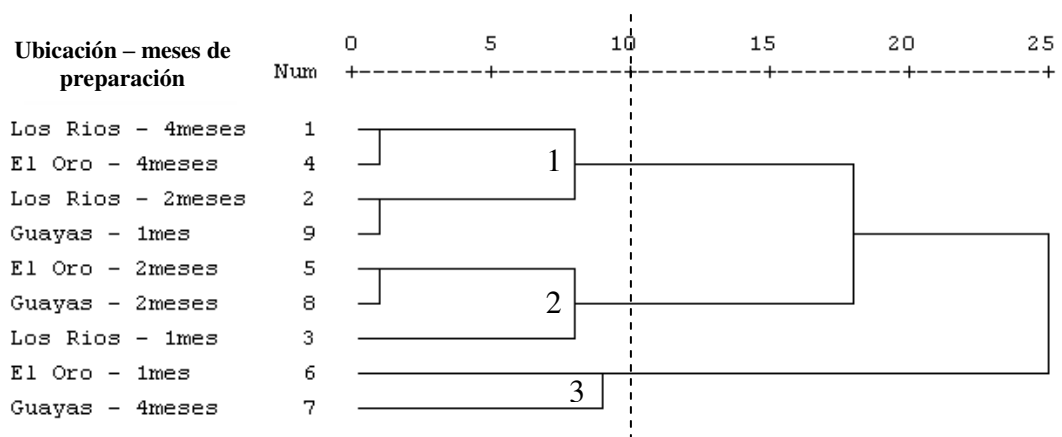
\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.40** el dendograma para las variables “macronutrientes”, en los casos: *ubicación - meses de preparación*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.



**Gráfico 4.40**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Macronutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa tres grupos o conglomerados que están conformados: el primero por la provincia de Los Ríos y el Oro, ambas en cuatro meses de preparación, Los Ríos en dos meses y Guayas en un mes de preparación dentro del mismo grupo. El segundo grupo esta conformado por: El Oro y Guayas, ambas en dos meses de preparación y Los Ríos con un mes de preparación dentro del mismo grupo. Y finalmente el tercer grupo por: El Oro en un mes y Guayas en cuatro meses de preparación.

## **Micronutrientes**

La **Tabla 4.77** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “micronutrientes”, entre los casos: “ubicación - meses de preparación”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

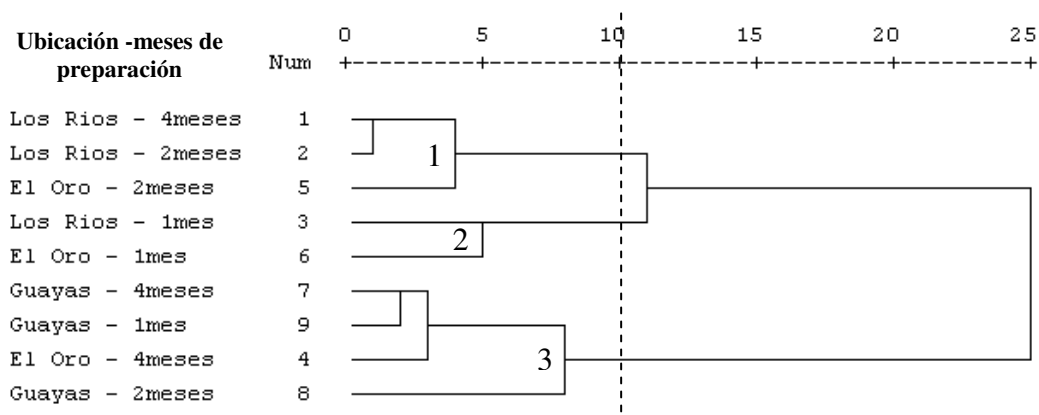
<b>Tabla 4.77</b>									
<b>Ubicación - Meses de Preparación: Micronutrientes</b>									
<b>Matriz de Proximidades</b>									
<b>Distancia Euclidiana</b>									
<i>Ubicación - meses de preparación</i>	1:Los Ríos - 4meses	2:Los Ríos - 2meses	3:Los Ríos - 1mes	4:El Oro - 4meses	5:El Oro - 2meses	6:El Oro - 1mes	7:Guayas - 4meses	8:Guayas - 2meses	9:Guayas - 1mes
1:Los Ríos - 4meses	0,000								
2:Los Ríos - 2meses	0,345*	0,000							
3:Los Ríos - 1mes	1,623	1,679	0,000						
4:El Oro - 4meses	2,229	2,500	2,431	0,000					
5:El Oro - 2meses	1,082*	1,043*	1,321	2,075	0,000				
6:El Oro - 1mes	2,726	2,591	1,551*	3,869	2,244	0,000			
7:Guayas - 4meses	2,767	2,996	2,110	1,279*	2,346	3,401	0,000		
8:Guayas - 2meses	3,820	4,002	2,666	2,594	3,270	3,539	1,322*	0,000	
9:Guayas - 1mes	2,382	2,657	2,086	0,797*	2,192	3,543	0,658*	1,931	0,000

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.41** el dendograma para las variables “micronutrientes”, en los casos: *ubicación - meses de preparación*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.41**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Micronutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, se observa tres grupos o conglomerados que están conformados: el primero por la provincia de Los Ríos en dos y cuatro meses de preparación y la provincia del Oro en dos meses de preparación dentro del mismo grupo. El segundo grupo esta determinado por: la provincia de Los Ríos y El Oro, ambas en un mes de preparación. Y finalmente el tercer grupo por: Guayas en cuatro y un mes de

preparación, la provincia de El Oro en cuatro meses de preparación, todo este grupo con la provincia del Guayas en dos meses de preparación.

### ***Químicos y físicos***

La **Tabla 4.78** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*químicos y físicos*” entre los casos: “*Ubicación - meses de preparación*”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

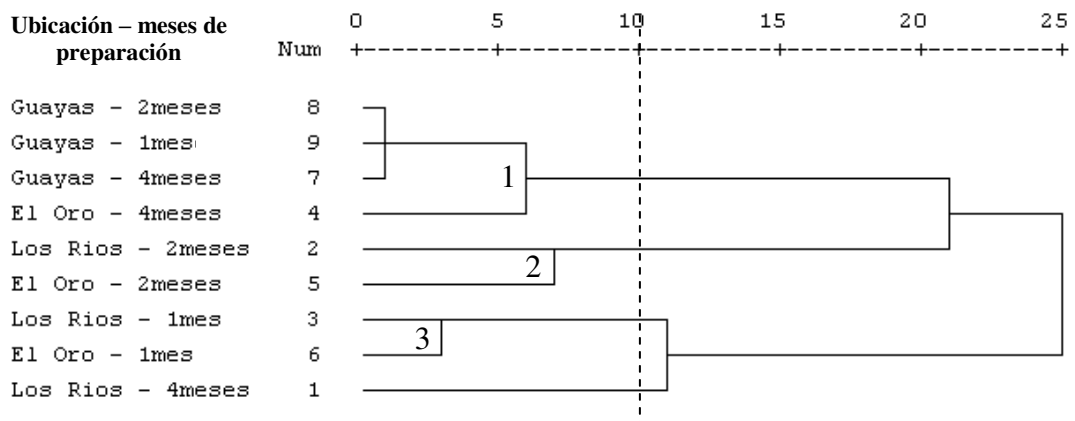
Tabla 4.78 Ubicación - Meses de Preparación: Químicos y físicos Matriz de Proximidades Distancia Euclidiana									
Ubicación - meses de preparación	1:Los Ríos - 4meses	2:Los Ríos - 2meses	3:Los Ríos - 1mes	4:El Oro - 4meses	5:El Oro - 2meses	6:El Oro - 1mes	7:Guayas - 4meses	8:Guayas - 2meses	9:Guayas - 1mes
1:Los Ríos - 4meses	0,000								
2:Los Ríos - 2meses	5,583	0,000							
3:Los Ríos - 1mes	2,404	3,945	0,000						
4:El Oro - 4meses	3,990	3,208	3,822	0,000					
5:El Oro - 2meses	5,698	2,079*	4,637	2,172	0,000				
6:El Oro - 1mes	3,136	3,283	0,851*	3,808	4,279	0,000			
7:Guayas - 4meses	2,792	3,565	2,929	1,274*	3,167	3,078	0,000		
8:Guayas - 2meses	2,677	3,620	2,845	1,381*	3,257	3,017	0,130*	0,000	
9:Guayas - 1mes	2,627	3,622	2,784	1,408*	3,268	2,968	0,191*	0,092*	0,000

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.42** el dendograma para las variables “*químicos y físicos*”, en los casos: *ubicación - meses de preparación*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.42**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Químicos y físicos**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, observamos tres grupos o conglomerados que están conformados: el primero por la provincia del Guayas en los tres diferentes meses de preparación y la provincia de El Oro cuatro meses de preparación dentro del mismo grupo. El segundo grupo está determinado por: la provincia de Los Ríos y El Oro, ambas en dos meses de preparación. Y finalmente el tercer grupo por: Los Ríos y El Oro, ambos en un mes de preparación.

### **Microbiológicos**

La **Tabla 4.79** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*microbiológicos*”, entre los casos: “*ubicación - meses de preparación*”, estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

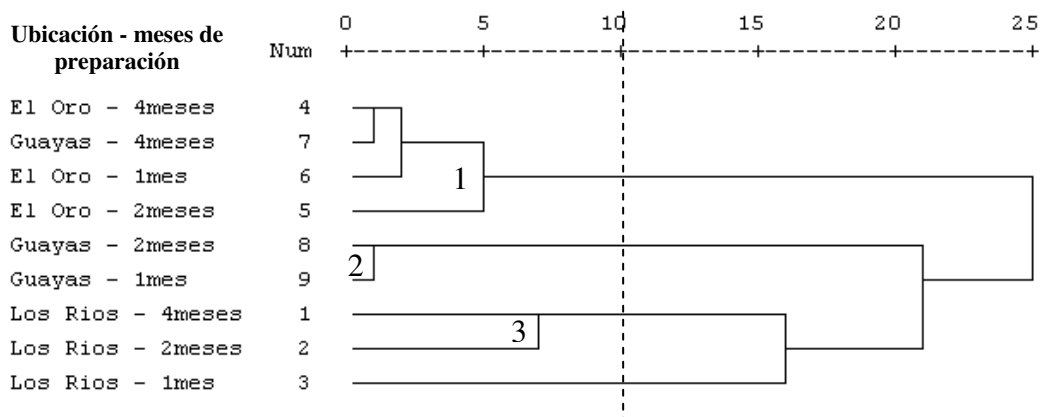
<b>Tabla 4.79</b>									
<b>Ubicación - Meses de Preparación: Microbiológicos</b>									
<b>Matriz de Proximidades</b>									
<b>Distancia Euclidiana</b>									
<i>Ubicación - meses de preparación</i>	1:Los Ríos - 4meses	2:Los Ríos - 2meses	3:Los Ríos - 1mes	4:El Oro - 4meses	5:El Oro - 2meses	6:El Oro - 1mes	7:Guayas - 4meses	8:Guayas - 2meses	9:Guayas - 1mes
1:Los Ríos - 4meses	0,000								
2:Los Ríos - 2meses	1,639	0,000							
3:Los Ríos - 1mes	3,450	2,428	0,000						
4:El Oro - 4meses	3,015	1,598	3,291	0,000					
5:El Oro - 2meses	2,782	1,470	3,175	0,788*	0,000				
6:El Oro - 1mes	3,324	1,947	3,537	0,632*	1,420	0,000			
7:Guayas - 4meses	3,071	1,823	3,702	0,452*	1,046	0,603	0,000		
8:Guayas - 2meses	2,811	1,935	3,378	1,891	1,104	2,522	2,093	0,000	
9:Guayas - 1mes	3,004	2,423	3,745	2,526	1,741	3,154	2,695	0,646*	0,000

\* *indica que entre ellos son muy similares*

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se Observa en el **Gráfico 4.43** el dendograma para las variables “microbiológicos”, en los casos: *ubicación - meses de preparación*. Este se divide en dos conglomerados claramente diferenciados con una disimilaridad de 25% para cada caso.

**Gráfico 4.43**  
**Ubicación - Meses de Preparación: Microbiológicos**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, observamos tres grupos o conglomerados que están conformados: el primero por la provincia de El Oro y Guayas, ambos en cuatro meses de preparación, El Oro en un mes de preparación dentro del mismo grupo y todos estos con la provincia de El Oro en dos meses de preparación como un solo conglomerado. El segundo grupo esta determinado por: la provincia del Guayas, en dos y un mes de



preparación. Y finalmente el tercer grupo por: Los Ríos en dos y un mes de preparación.

#### **4.3.2.3.3. Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación**

##### ***Nutrientes***

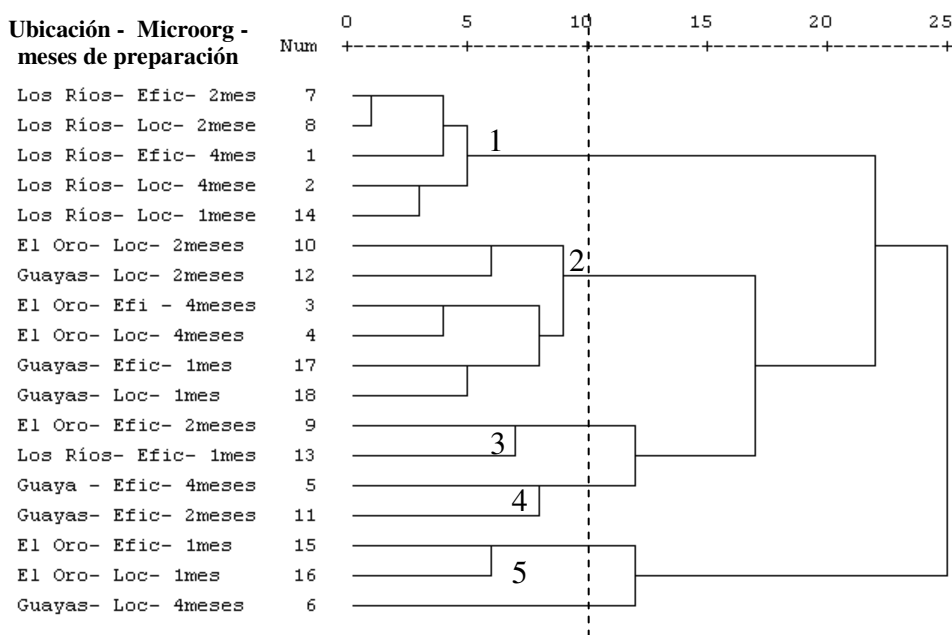
El **Anexo 9** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*nutrientes*”, entre los casos: “*ubicación - microorganismos - meses de preparación*”. Estos valores representan la similaridad o disimilaridad entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similaridad.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

En esta, se encuentran los 18 casos en las que se presentan los dos tipos de tratamientos que son: microorganismos y meses de preparación, en las tres diferentes provincias de estudio.

Se Observa en el **Gráfico 4.44** el dendograma para las variables “nutrientes”, en los casos: *ubicación - microorganismos - meses de preparación*. Con una disimilaridad de 25% para cada caso, el dendograma se divide en dos conglomerados claramente diferenciados.

**Gráfico 4.44**  
**Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación: Nutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, observamos cinco grupos o conglomerados que están conformados: el primero por los casos 7, 8, 1, 2 y 14 que representan el primer conglomerado. El segundo grupo esta

determinado por los casos: 10, 12, 3, 4, 17 y 18 que representan el segundo conglomerado. El tercer grupo esta determinado por los casos: 9 y 13 que representan el tercer conglomerado. El cuarto grupo esta determinado por los casos: 5 y 11 que representan el cuarto conglomerado. Y finalmente el quinto grupo representado por los casos: 15 y 16 que representan el quinto y último conglomerado.

Se analizó los nutrientes en forma separada, en macronutrientes y micronutrientes, para los casos: *ubicación - microorganismos - meses de preparación*:

### **Macronutrientes**

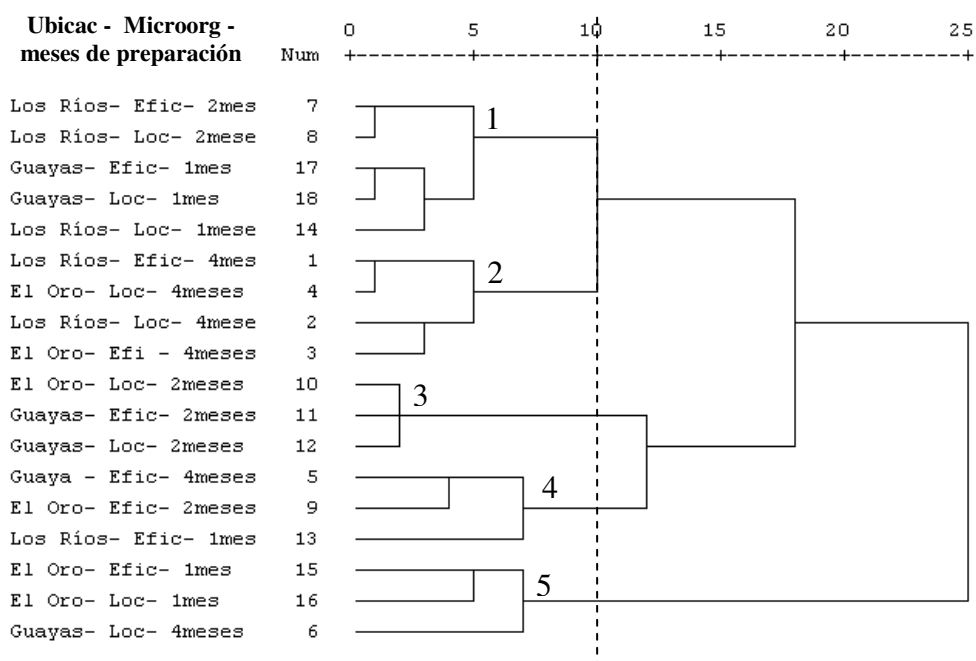
El **Anexo 10** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*macronutrientes*”, entre los casos: “*ubicación - microorganismos - meses de preparación*”. Estos valores representan la similitud o disimilitud entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similitud.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

En esta se encuentran los 18 casos en las que se presentan los dos tipos de tratamientos que son: microorganismos y meses de preparación, en las tres diferentes provincias de estudio.

Se Observa en el **Gráfico 4.45** el dendograma para las variables “macronutrientes”, en los casos: *ubicación - microorganismos - meses de preparación*. Con una disimilaridad de 25% para cada caso, el dendograma se divide en dos conglomerados claramente diferenciados.

**Gráfico 4.45**  
**Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación: Macronutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, observamos cinco grupos o conglomerados que están conformados: el primero por los casos 7, 8, 17, 18

y 14 que representan el primer conglomerado. El segundo grupo esta determinado por los casos: 1, 4, 2 y 3 que representan el segundo conglomerado. El tercer grupo esta determinado por los casos: 10, 11 y 12 que representan el tercer conglomerado. El cuarto grupo esta determinado por los casos: 5, 9 y 13 que representan el cuarto conglomerado. Y finalmente el quinto grupo representado por los casos: 15, 16 y 6 que representan el quinto y último conglomerado.

### ***Micronutrientes***

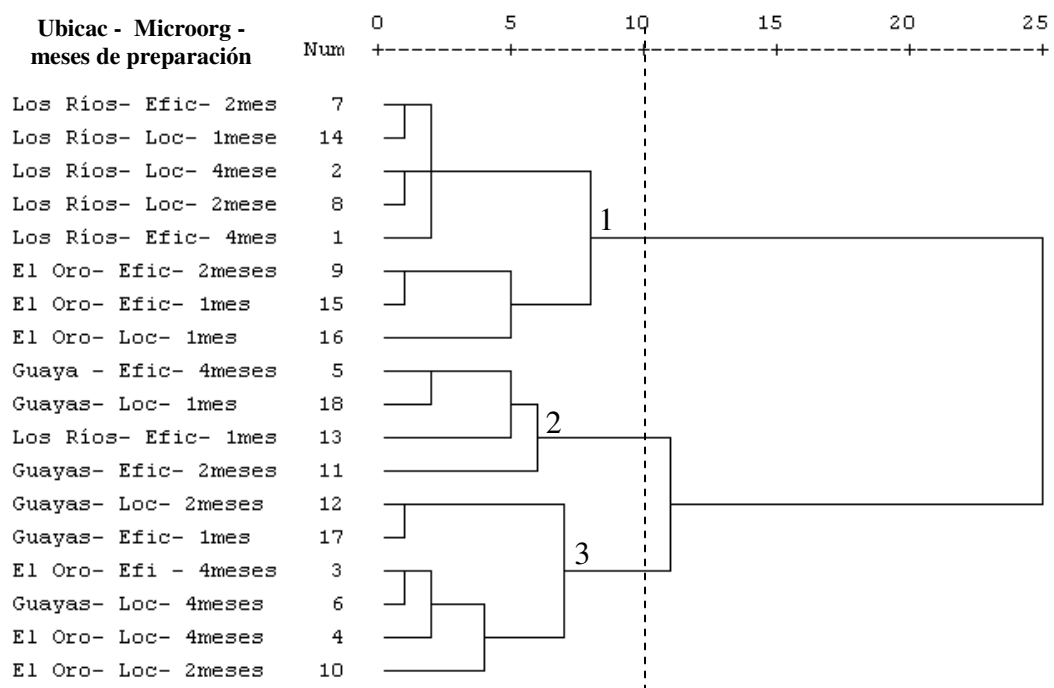
El **Anexo 11** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*micronutrientes*”, entre los casos: “*ubicación - microorganismos - meses de preparación*”. Estos valores representan la similitud o disimilitud entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similitud.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

En esta se encuentran los 18 casos en las que se presentan los dos tipos de tratamientos que son: microorganismos y meses de preparación, en las tres diferentes provincias de estudio.

Se Observa en el **Gráfico 4.46** el dendograma para las variables “micronutrientes” en los casos: *ubicación - microorganismos - meses de preparación*. Con una disimilaridad de 25% para cada caso, el dendograma se divide en dos conglomerados claramente diferenciados.

**Gráfico 4.46**  
**Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación: Micronutrientes**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similitud en cada caso, observamos tres grupos o conglomerados que están conformados: el primero por los casos 7, 14, 2, 8, 1, 9, 15 y 16 que representan el primer conglomerado. El segundo grupo esta determinado por los casos: 5, 18, 13 y 11 que representan el segundo conglomerado. Y finalmente el tercer grupo esta determinado por los casos: 12, 17, 3, 6, 4 y 10 que representan el tercer y último conglomerado.

### ***Químicos y físicos***

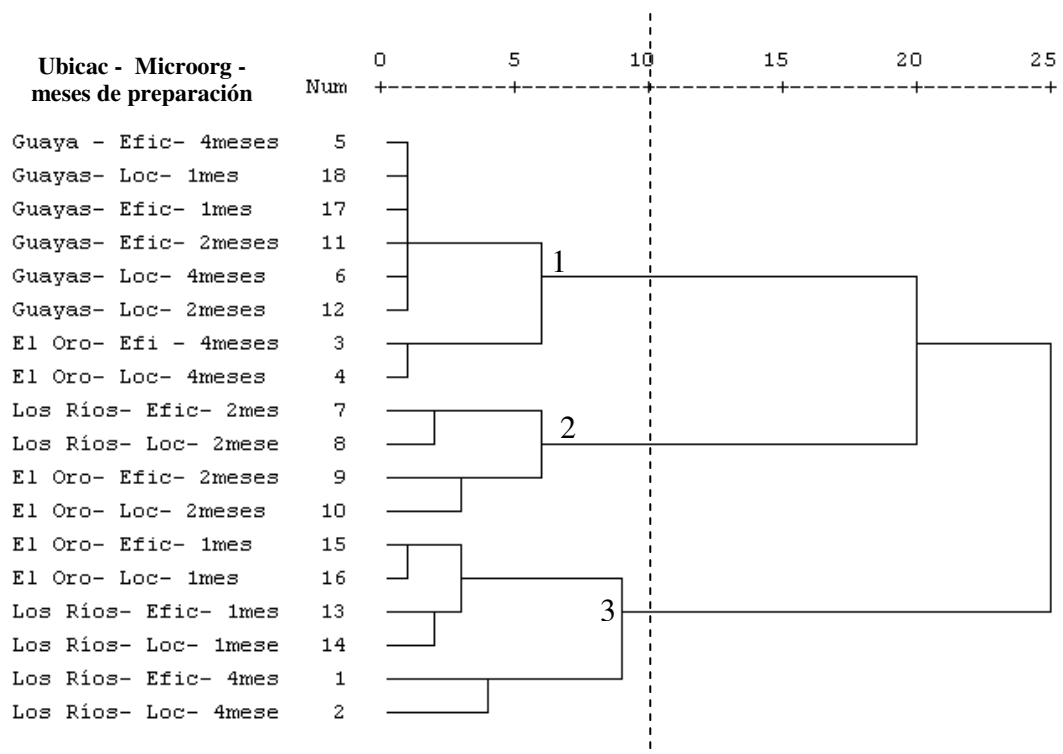
El **Anexo 12** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*químicos y físicos*”, entre los casos: “*ubicación - microorganismos - meses de preparación*”, estos valores representan la similitud o disimilitud entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similitud.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

En esta se encuentran los 18 casos en las que se presentan los dos tipos de tratamientos que son: microorganismos y meses de preparación, en las tres diferentes provincias de estudio.

Se Observa en el **Gráfico 4.47** el dendograma para las variables “químicos y físicos”, en los casos: *ubicación - microorganismos - meses de preparación*. Con una disimilaridad de 25% para cada caso, el dendograma se divide en dos conglomerados claramente diferenciados.

**Gráfico 4.7**  
**Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación:**  
**Químicos y Físicos**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow



Con un 90% de similitud en cada caso, observamos tres grupos o conglomerados que están conformados: el primero por los casos 5, 18, 17, 11, 6, 12, 3 y 4 que representan el primer conglomerado. El segundo grupo esta determinado por los casos: 7, 8, 9 y 10 que representan el segundo conglomerado. Y finalmente el tercer grupo esta determinado por los casos: 15, 16, 13, 14, 1 y 2 que representan el tercer y último conglomerado.

### ***Microbiológicos***

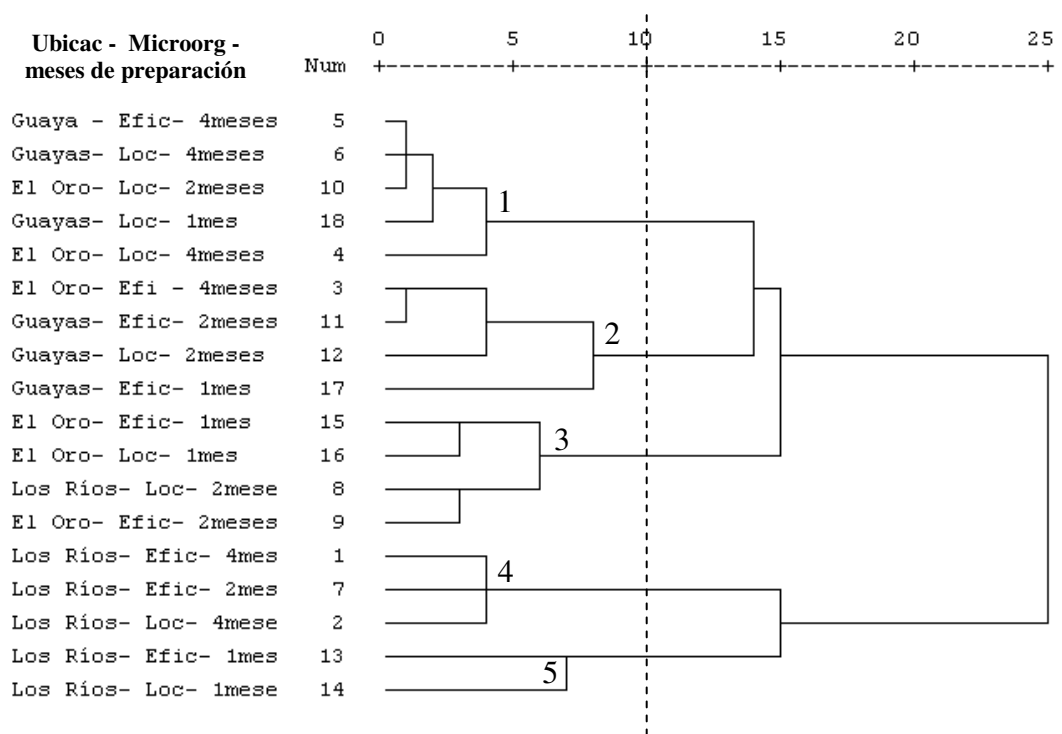
El **Anexo 13** muestra la matriz de proximidades de las variables denominadas “*microbiológicos*”, entre los casos: “*ubicación - microorganismos - meses de preparación*”, estos valores representan la similitud o disimilitud entre cada par de ítems. Se utilizó la distancia euclidiana, la cual es una medida de similitud.

Los valores muy grandes indican que entre ellos son muy diferentes y los más pequeños indican que son muy similares.

En esta se encuentran los 18 casos en las que se presentan los dos tipos de tratamientos que son: microorganismos y meses de preparación, en las tres diferentes provincias de estudio.

Se Observa en el **Gráfico 4.48** el dendograma para las variables “microbiológicos”, en los casos: *ubicación - microorganismos - meses de preparación*. Con una disimilaridad de 25% para cada caso, el dendograma se divide en dos conglomerados claramente diferenciados.

**Gráfico 4.48**  
**Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación: Microbiológicos**  
**Dendograma**



Fuente: CIBE – ESPOL    Autor: Pamela Crow

Con un 90% de similaridad en cada caso, observamos cinco grupos o conglomerados que están conformados: el primero por los casos 5, 6, 10, 18 y 4 que representan el primer conglomerado. El segundo grupo esta determinado por los casos: 3, 11, 12 y 17 que representan el segundo conglomerado. El tercer grupo esta determinado por los casos: 15, 16, 8 y 9 que representan el tercer conglomerado. El cuarto grupo esta determinado por los casos: 1, 7 y 2 que representan el cuarto conglomerado. Y finalmente el quinto grupo representado por los casos: 13 y 14 que representan el quinto y último conglomerado.

#### **4.3.3. Análisis Discriminante**

##### **Selección de Variables**

En el cálculo de las funciones discriminantes todas las variables ( $X_1, \dots, X_p$ ) son incluidas simultáneamente, sin considerar la capacidad discriminatoria de cada una de ellas. Sin embargo, si se utiliza un método de selección de variables para definir las funciones discriminantes, las variables ( $X_1, \dots, X_p$ ) se irán incluyendo en el modelo una a una, según sea su capacidad discriminatoria. De esta forma, es muy probable que, finalmente, no todas las variables originales se utilicen para construir las funciones discriminantes: únicamente se incluirán aquellas que más contribuyan a separar los grupos, con respecto a un cierto criterio, y se desestimarán aquellas cuya contribución sea escasa, bien porque no son

relevantes o porque la información que aportan ya esté recogida por alguna (o varias) de las variables ya incluidas en el modelo y resultan redundantes.

Entre los criterios para decidir qué variables entran o no en la definición de la función discriminante utilizaremos el de minimizar el estadístico Lambda de Wilks.

El estadístico lambda de Wilks también lo utilizaremos para evaluar si las funciones discriminantes canónicas contribuyeron significativamente en la separación de los grupos. Este estadístico mide el poder discriminante de un conjunto de variables y viene dada por:

$$\Lambda = \frac{|\mathbf{W}|}{|\mathbf{W} + \mathbf{B}|} \cdot \frac{1}{\prod_{i=1}^{\min(q-1,p)} (1 + \lambda_i)}$$

y toma valores entre 0 y 1 de forma que, cuanto más cerca de 0 esté, mayor es el poder discriminante de las variables consideradas y cuanto más cerca de 1, menor es dicho poder.

Este estadístico tiene una distribución lambda de Wilks con  $p$ ,  $q-1$  y  $n-q$  grados de libertad si se verifica la hipótesis nula:

$$H_0: \lambda_1 = \dots = \lambda_{\min\{q-1,p\}} = 0$$

Vs

*H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>*

Donde  $p$  es el número de variables que intervienen en la calificación y  $q$  el número de grupos.

### **Clasificación para dos poblaciones**

Se trató de construir una función de clasificación para los grupos de las enmiendas orgánicas sólidas (fuentes de materia orgánica) y para las enmiendas orgánicas líquidas (microorganismos), para lo cual se utilizó el método de Fisher para obtener una función de clasificación para cada grupo. La idea de Fisher fue maximizar la distancia estadística entre las medias de los grupos, a través de una selección apropiada del vector de coeficientes de la combinación lineal. La combinación lineal del vector de observaciones  $u_i$  y el vector de coeficientes  $Y_i$  es conocida como función lineal discriminante de Fisher de la forma:

$$D = u_1Y_1 + u_2Y_2 + \dots + u_pY_p = u'Y$$

Es necesario tener en cuenta que, el método de Fisher no requiere del supuesto de normalidad multivariada, también asume matrices de covarianzas homogéneas entre grupos y usa la métrica de Mahalanobis para la discriminación.

## Clasificación para más de dos poblaciones

El análisis discriminante canónico transforma las variables originales en un número pequeño de variables compuestas, denominadas funciones o variables canónicas, que maximizan la variación entre los grupos y minimizan la variación dentro de ellos. La combinación lineal para una función discriminante (DC) puede ser representada por:

$$DC = \mu_1 Y_1 + \mu_2 Y_2 + \dots + \mu_i Y_i = u'Y$$

Donde  $\mu_i$  es el coeficiente canónico y  $Y_i$  son las variables independientes medidas.

La distancia de Mahalanobis ( $D^2$ ), definida como el cuadrado de la distancia entre las medidas de los valores de DC (centros), fue utilizada para verificar si existían diferencias significativas entre los grupos. De esa forma, cuanto mayor el valor de  $D^2$ , mayor la distancia entre las medias de los dos grupos considerados.

En esta parte se trató de construir una función de discriminación para los grupos de las enmiendas orgánicas líquidas que hemos definido como *meses de preparación y ubicación*.

Para este estudio utilizamos el análisis discriminante con dos propósitos:

1. Un fin *descriptivo* que consiste en analizar si existen diferencias entre una serie de grupos en las que se divide una población, con respecto a un conjunto de variables.
2. Un fin predictivo que consiste en proporcionar procedimientos sistemáticos de clasificación de nuevas observaciones de origen desconocido en algunos de los grupos considerados.

#### **4.3.3.1. Enmiendas Orgánicas Sólidas**

##### **4.3.3.1.1. Fuentes de materia Orgánica (Compost / Bocashi)**

Para contrastar la hipótesis de igualdad de media entre los grupos (*fuentes de materia orgánica*), se calculó el estadístico lambda de Wilks y el estadístico F que se presentan en la **Tabla 4.80**. Cuando el valor de F para una determinada variable es grande y el valor de significancia (valor p) es menor que 0.10 se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre los grupos, por tanto hay diferencias significativas entre las *fuentes de materia orgánica* para esa variable, es decir, que las variables (18 en este caso) que tengan valores de significancia cercanos a cero tendrán un potencial de discriminación mayor que los otros.

<b>Tabla 4.80</b> <b>Fuentes de Materia Orgánica</b> <b>Prueba de Igualdad de la Media de los Grupos</b>					
<b>Variables</b>	<b>Lambda de Wilks</b>	<b>F</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Valor p</b>
<i>K</i>	0,999	0,010	1	18	0,920
<i>P</i>	0,993	0,120	1	18	0,733
<i>Ca</i>	0,975	0,458	1	18	0,507
<i>Mg</i>	0,873	2,607	1	18	0,124
<i>N</i>	0,982	0,329	1	18	0,573
<i>Zn</i>	0,990	0,178	1	18	0,679
<i>Cu</i>	0,985	0,275	1	18	0,606
<i>Mn</i>	0,961	0,728	1	18	0,405
<i>B</i>	0,891	2,201	1	18	0,155
<i>Si</i>	0,995	0,084	1	18	0,776
<i>Fe</i>	0,918	1,614	1	18	0,220
<i>Carbono Total</i>	0,959	0,765	1	18	0,393
<i>Materia Orgánica</i>	0,990	0,183	1	18	0,674
<i>Ácido Húmico</i>	0,942	1,105	1	18	0,307
<i>Conductividad Eléctrica</i>	0,997	0,057	1	18	0,815
<i>Intercambio Catiónico</i>	0,997	0,045	1	18	0,834
<i>pH</i>	0,885	2,346	1	18	0,143
<i>Humedad</i>	0,983	0,309	1	18	0,585

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se observa en la *Tabla 4.80*, que ninguna variable contribuyó de manera significativa a la clasificación de *fuentes de materia orgánica*.

La *Tabla 4.81* presenta el coeficiente de correlación canónica y el porcentaje de varianza explicada de cada una de las funciones canónicas, la cual nos permite analizar la importancia de cada función discriminante.



Tabla 4.81 Fuentes de materia orgánica Valores Propios			
Función	% Relativo de la Varianza	% Acumulado de la Varianza	Correlación Canónica
1	100,000	100,000	0,981

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Para esta función se tiene un valor de correlación canónica de 0.981, es decir hay una asociación entre la función discriminante y las *fuentes de materia orgánica*.

La **Tabla 4.82** registra los valores del contraste de significancia secuencial basado en el estadístico lambda de Wilks

Tabla 4.82 Fuentes de Materia Orgánica Lambda de Wilks				
Tras la función	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	Grados de Libertad	Valor p
1	0,037	29,639	18	0,041

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La **Tabla 4.82** muestra el valor del estadístico lambda de Wilks y el valor de la prueba Chi-cuadrado a un nivel de confianza del 90%, para contrastar la significancia de la función discriminante. Con un valor alto de 29.639 en la prueba Chi-cuadrada y un valor de significancia (*valor p*) menor que 0.10, se puede inferir que la función discriminante interpreta la diferencia entre los

grupos sin embargo como se pudo constatar anteriormente ninguna variable contribuyó de manera significativa a la clasificación de los grupos. Esto podría hacer que la función discriminante no sea lo suficientemente confiable para la discriminación de las *fuentes de materia orgánica*.

#### **4.3.3.2. Enmiendas Orgánicas Líquidas**

##### **4.3.3.2.1. Microorganismos (Locales / Eficientes)**

Para contrastar la hipótesis de igualdad de media entre los grupos (*microorganismos*), se calculó el estadístico lambda de Wilks y el estadístico F que se presentan en la **Tabla 4.83**. Cuando el valor de F para una determinada variable es grande y el valor de significancia (valor p) es menor que 0.10 se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre los grupos, por tanto hay diferencias significativas entre los *microorganismos* para esa variable, es decir, que las variables (15 en este caso) que tengan valores de significancia cercanos a cero tendrán un potencial de discriminación mayor que los otros.

<b>Tabla 4.83</b> <b>Microorganismos</b> <b>Prueba de Igualdad de la Media de los Grupos</b>					
Variables	Lambda de Wilks	F	gl1	gl2	Valor p
<i>K</i>	0,945	0,935	1	16	0,348
<i>P</i>	0,974	0,421	1	16	0,526
<i>Ca</i>	0,999	0,017	1	16	0,899
<i>Mg</i>	0,997	0,043	1	16	0,838
<i>N</i>	0,993	0,111	1	16	0,743
<i>Zn</i>	0,884	2,105	1	16	0,166
<i>Cu</i>	0,994	0,093	1	16	0,764
<i>Si</i>	0,957	0,722	1	16	0,408
<i>pH</i>	0,975	0,408	1	16	0,532
<i>Temperatura</i>	1,000	0,001	1	16	0,973
<i>Conductividad Eléctrica</i>	0,981	0,317	1	16	0,581
<i>TSD</i>	0,958	0,702	1	16	0,415
<i>Coliforme</i>	0,973	0,441	1	16	0,516
<i>E. coli</i>	0,813	3,692	1	16	0,073*
<i>Hongos y Levaduras</i>	0,937	1,074	1	16	0,315

\* Variable(s) que aporta significativamente a la función(es) discriminante

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se muestra en la *Tabla 4.83*, que sólo la variable Escherichia Coli contribuyó de manera significativa a la clasificación de los microorganismos.

La *Tabla 4.84* presenta el coeficiente de correlación canónica y el porcentaje de varianza explicada de la función canónica, la cual nos permite analizar la importancia de esta función discriminante.

Tabla 4.84 Microorganismos Valores Propios			
Función	% Relativo de la Varianza	% Acumulado de la Varianza	Correlación Canónica
1	100	100	0,794

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Para esta función tenemos un valor de correlación canónica de 0.794, es decir hay una asociación entre la función discriminante y los grupos (microorganismos).

La **Tabla 4.85** registra el valor del contraste de significación basado en el estadístico lambda de Wilks.

Tabla 4.85 Microorganismos Lambda de Wilks				
Tras la función	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	Grados de Libertad	Valor p
1	0,370	8,455	15	0,904

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La **Tabla 4.85** muestra el valor del estadístico lambda de Wilks y el valor de la prueba Chi-cuadrado a un nivel de confianza del 90%, para contrastar la significancia de la función discriminante. Con un valor bajo de 8.455 en la prueba Chi-cuadrada y un valor de significancia (*valor p*) mayor que 0.10, se

puede inferir que la función discriminante no interpreta la diferencia entre los grupos. Es decir estadísticamente no es confiable interpretar la diferencia de los microorganismos a través de esta función discriminante.

#### **4.3.3.2.2. Meses de preparación (uno / dos / cuatro meses)**

Para contrastar la hipótesis de igualdad de media entre los grupos (*meses de preparación*), se calculó el estadístico lambda de Wilks y el estadístico F que se presentan en la **Tabla 4.86**. Cuando el valor de F para una determinada variable es grande y el valor de significancia (valor p) es menor que 0.10 se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre los grupos, por tanto hay diferencias significativas entre los *meses de preparación* para esa variable, es decir, que las variables (15 en este caso) que tengan valores de significancia cercanos a cero tendrán un potencial de discriminación mayor que los otros.

Tabla 4.86 Meses de preparación Prueba de Igualdad de la Media de los Grupos					
Variables	Lambda de Wilks	F	gl1	gl2	Valor p
<i>K</i>	0,879	1,028	2	15	0,381
<i>P</i>	0,362	13,216	2	15	0,000*
<i>Ca</i>	0,738	2,668	2	15	0,102
<i>Mg</i>	0,755	2,428	2	15	0,122
<i>N</i>	0,632	4,373	2	15	0,032*
<i>Zn</i>	0,914	0,704	2	15	0,510
<i>Cu</i>	0,849	1,331	2	15	0,294
<i>Si</i>	0,995	0,037	2	15	0,963
<i>pH</i>	0,641	4,204	2	15	0,036*
<i>Temperatura</i>	0,697	3,262	2	15	0,067
<i>Conductividad Eléctrica</i>	0,590	5,209	2	15	0,019*
<i>Total de Sólidos Disueltos</i>	0,577	5,502	2	15	0,016*
<i>Salinidad</i>	0,571	5,625	2	15	0,015*
<i>Coliforme</i>	0,778	2,140	2	15	0,152
<i>E. coli</i>	0,955	0,355	2	15	0,707

\* Variable(s) que aporta significativamente a la función(es) discriminante

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se muestra en la *Tabla 4.86*, que las variables fósforo, nitrógeno, pH, conductividad eléctrica, total de sólidos disueltos y salinidad contribuyeron de manera significativa a la clasificación de los *meses de preparación*.

La *Tabla 4.87* presenta los coeficientes de correlación canónica y el porcentaje de varianza explicada de cada una de las funciones canónicas, la cual nos permite analizar la importancia de cada función discriminante.

Tabla 4.87 Meses de Preparación Valores Propios			
Función	% Relativo de la Varianza	% Acumulado de la Varianza	Correlación Canónica
1	78,750	78,750	0,990
2	21,250	100	0,965

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En la *Tabla 4.87* se observa que la capacidad discriminante de la primera función es del 78.75% frente al 21.50% de explicación de la segunda función. Estos valores confirman que la importancia relativa de la primera función es superior a la segunda función.

Los valores del coeficiente de correlación canónica indican que ambas funciones cumplen el objetivo de separar los grupos, ya que para estas funciones se obtuvo un valor de correlación canónica 0.990 y 0.965 respectivamente, es decir, ambas miden fuertemente la asociación entre las funciones discriminantes y los grupos (*meses de preparación*).

La *Tabla 4.88* registra los valores del contraste de significancia secuencial basado en el estadístico lambda de Wilks.

Tabla 4.88 Meses de Preparación Lambda de Wilks				
Tras la función	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	Grados de Libertad	Valor p
1	0,001	52,792	30	0,006
2	0,069	21,364	14	0,093

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La *Tabla 4.88* muestra los valores del estadístico lambda de Wilks y el valor de la prueba Chi-cuadrado a un nivel de confianza del 90%, para contrastar la significancia de cada función discriminante. Aquí se observa que es conveniente usar ambas funciones para interpretar las diferencias entre los *meses de preparación*.

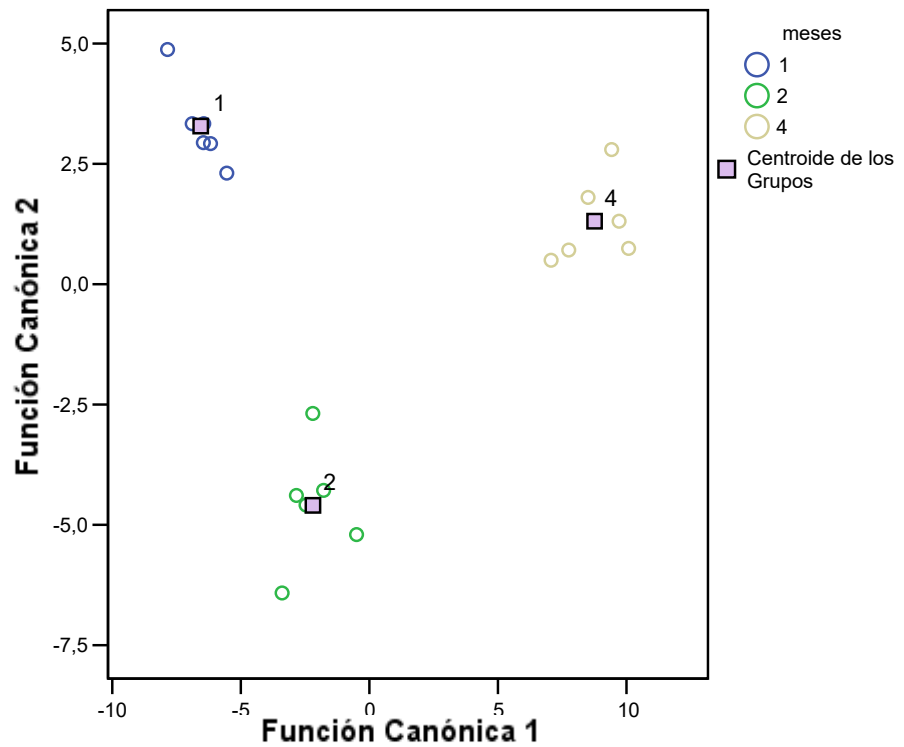
En el **Gráfico 4.49** presenta mediante una nube de puntos, la posición de las 18 observaciones y los tres centroides sobre los dos ejes discriminantes simultáneamente. El eje horizontal recoge las puntuaciones de la primera función discriminante y el eje vertical las de la segunda función discriminante. Los puntos se representan con un color distinto para cada grupo. Además se representa el centroide para cada *mes de preparación*. Las coordenadas de estos puntos son las siguientes: (-6.561, 3.285) para un mes de preparación, (-2.197, -4.594) para dos meses de preparación y (8.758, 1.309) para cuatro meses de preparación.



**Gráfico 4.49**

**Meses de Preparación**

**Gráfico de Dispersión de las Funciones Canónica**



Los coeficientes de la función discriminante estimada, se muestran en la **Tabla 4.89** junto con el término constante.

<b>Tabla 4.89</b> <b>Meses de Preparación</b> <b>Coficiente de la Función Discriminante</b> <b>Canónica</b>		
<b>Variables</b>	<b>Función</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
<i>K</i>	0,000	0,000
<i>P*</i>	-0,177	0,062
<i>Ca</i>	0,034	-0,014
<i>Mg</i>	0,008	0,111
<i>N*</i>	0,001	0,000
<i>Zn</i>	0,456	-0,884
<i>Cu</i>	0,498	-0,699
<i>Si</i>	0,000	0,000
<i>pH*</i>	8,464	-6,680
<i>Temperatura</i>	-0,617	0,201
<i>Conductividad Eléctrica*</i>	-2,870	-9,129
<i>Total de Sólidos Disueltos*</i>	20,378	15,506
<i>Salinidad*</i>	-12,635	5,641
<i>Coliforme</i>	-0,007	0,003
<i>E. coli</i>	-0,843	-1,638
<i>Constante</i>	-19,870	-0,829

\* Variable(s) que aporta significativamente a la función(es) discriminante

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Por tanto, según la *Tabla 4.89*, la expresión de la primera función discriminante canónica es:

$$FDC_1 = (-19.87) + (-0.177)P^* + (0.034)Ca + (0.008)Mg + (0.001)N^* + (0.456)Zn + (0.498)Cu + (8.464)pH^* + (-0.617)Temperatura + (-2.870)Conductividad\ Electrica^* + (20.378)Total\ de\ Sólidos\ Disueltos^* + (-12.635)Salinidad^* + (-0.007)Coliforme + (-8.829)EscherichiaColi$$

y la segunda es:

$$FDC_2 = (-0.829) + (0.062)P^* + (-0.014)Ca + (0.111)Mg + (0.000)N^* + (-0.884)Zn + (-0.699)Cu + (-6.680)pH^* + (0.201)Temperatura + (-9.129)Conductividad\ Electrica^* + (15.506)Total\ de\ Sólidos\ Disueltos^* + (5.641)Salinidad^* + (0.003)Coliforme + (-1.638)EscherichiaColi$$

### **Evaluación del procedimiento de Clasificación para meses de preparación**

Para comprobar la potencia de las dos funciones discriminantes obtenidas, del grupo: *meses de preparación*, se introdujo dentro del modelo las siguientes nuevas observaciones. Los valores propuestos se muestran en la siguiente tabla:

<b>Variables</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<i>K</i>	1330	19500	1930
<i>P*</i>	170	100	59,13
<i>Ca</i>	420	390	480
<i>Mg</i>	152	120	120
<i>N*</i>	0,08	0,025	0,09
<i>Zn</i>	4,2	3,2	1,1
<i>Cu</i>	0,9	1,9	0,9
<i>Si</i>	3,13	2,5	2,1
<i>Ph*</i>	4,1	3,99	4,152
<i>Temperatura</i>	26,3	26,5	27,15
<i>Conductividad Eléctrica*</i>	9,2	8,24	10,99
<i>Total de sólidos disueltos*</i>	4,7	3,2	5,6
<i>Salinidad*</i>	5,13	3,4	6,39
<i>Coliforme</i>	130	69	39
<i>E. coli</i>	2,2	3,2	2,85

\* Variable(s) que aporta significativamente a la función(es) discriminante

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La simulación se realizó de dos maneras, la primera utilizando todas las variables predictoras para la construcción de las funciones discriminantes canónicas. La segunda utilizando sólo las variables predictoras que de manera significativa contribuyeron a dichas funciones. Estos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.91 Meses de Preparación Coordenadas de las Simulaciones				
Meses	Utilizando todas las variables predictoras		Utilizando solo variables predictoras significativos	
	FDC1	FDC2	FDC1	FDC2
4	5,495	3,688	6,633	-2,332
2	-8,223	-24,35	-5,223	-27,69
1	-11,849	9,016	-10,75	0,175

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

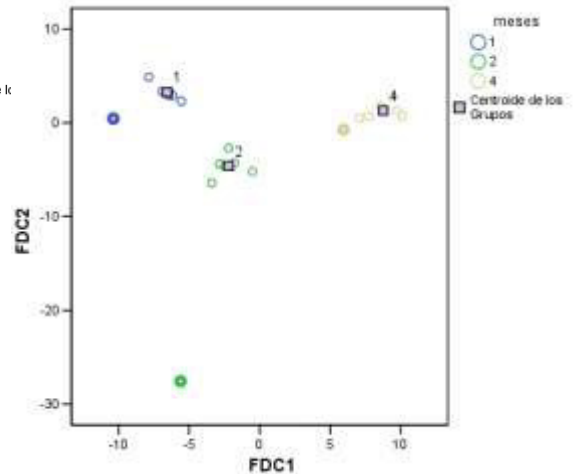
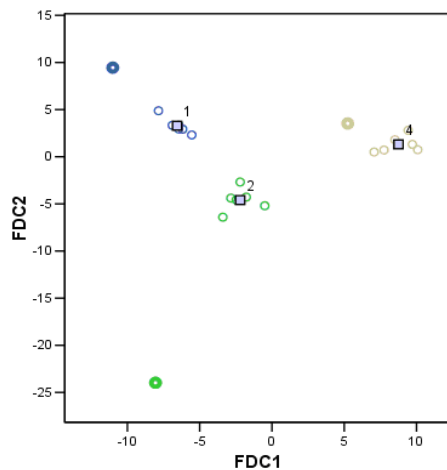
Se presenta mediante una nube de puntos en el **Gráfico 4.50** las coordenadas de las simulaciones obtenidas en la *Tabla 4* sobre los dos ejes discriminantes simultáneamente. El eje horizontal recoge la puntuación de la primera función discriminante y el eje vertical la de la segunda función discriminante para ambos casos. Estos puntos se representan con un color distinto para cada mes de preparación y mas resaltadas a diferencia de los otros puntos que forman los grupos.

**Gráfico 4.50**

**Simulación de la Función Canónica: Meses de Preparación**

**Todos las Variables Predictoras**

**Sólo Variables Predictoras Significativas**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El *Gráfico 4.50* demuestra que ambas funciones cumplen el trabajo de clasificar entre los grupos ya sea, utilizando todo las variables predictoras o solo las predictoras significativas, confirmando también que el modelo discriminante es confiable para predecir mediante procedimientos sistemáticos la clasificación de nuevas observaciones desconocidas en alguno de los grupos considerados, y no solo, identificar que existe diferencia en una serie de grupos en las que se divide una población.

#### 4.3.3.2.3. Ubicación (Los Ríos / El Oro / Guayas)

Para contrastar la hipótesis de igualdad de media entre los grupos (*ubicación*), se calculó el estadístico lambda de Wilks y el estadístico F que se presentan en la **Tabla 4.92** Cuando el valor de F para una determinada variable es grande y el valor de significancia (valor p) es menor que 0.10 se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias entre los grupos, por tanto hay diferencias significativas entre los grupos, es decir, que las variables (15 en este caso) que tengan valores de significancia cercanos a cero tendrán un potencial de discriminación mayor que los otros.

Tabla 4.92 Ubicación de las Provincias Prueba de Igualdad de la Media de los Grupos					
Variables	Lambda de Wilks	F	gl1	gl2	Valor p
<i>K</i>	0,953	0,373	2	15	0,695
<i>P</i>	0,949	0,405	2	15	0,674
<i>Ca</i>	0,923	0,621	2	15	0,550
<i>Mg</i>	0,906	0,781	2	15	0,476
<i>N</i>	0,874	1,083	2	15	0,364
<i>Zn</i>	0,909	0,753	2	15	0,488
<i>Cu</i>	0,555	6,021	2	15	0,012*
<i>Si</i>	0,534	6,552	2	15	0,009*
pH	0,631	4,386	2	15	0,032*
<i>Temperatura</i>	0,658	3,896	2	15	0,043*
<i>Conductividad Eléctrica</i>	0,828	1,557	2	15	0,243
<i>Total de Sólidos Disueltos</i>	0,864	1,185	2	15	0,333
<i>Coliformes</i>	0,730	2,779	2	15	0,094*
<i>E. coli</i>	0,851	1,316	2	15	0,297

\* Variable(s) que aporta significativamente a la función(es) discriminante

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La *Tabla 4.92* muestra que las variables: cobre, silicio, pH, temperatura y coliformes contribuyeron de manera significativa a la clasificación de los grupos (*ubicación*).

La *Tabla 4.93* presenta los coeficientes de correlación canónica y el porcentaje de varianza explicada de cada una de las funciones canónicas, la cual nos permite analizar la importancia de cada función discriminante.

<b>Tabla 4.93</b> <b>Ubicación de las Provincias</b> <b>Valores Propios</b>			
<b>Función</b>	<b>% Relativo de la Varianza</b>	<b>% Acumulado de la Varianza</b>	<b>Correlación Canónica</b>
1	75,705	75,705	0,997
2	24,295	100,000	0,992

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En la *Tabla 4.93* se observa que la capacidad discriminante de la primera función es del 75.70% frente al 24.30% de explicación de la segunda función. Estos valores confirman que la importancia relativa de la primera función es superior a la segunda función.

Los valores del coeficiente de correlación canónica indican que ambas funciones cumplen el objetivo de separar los grupos, ya que para estas funciones se obtuvo un valor de correlación canónica 0.997 y 0.992



respectivamente, es decir, ambas miden fuertemente la asociación entre las funciones discriminantes y los grupos (*ubicación*).

La **Tabla 4.94** registra los valores del contraste de significación secuencial basado en el estadístico lambda de Wilks.

Tabla 4.98 Ubicación de las Provincias Lambda de Wilks				
Tras la función	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	Grados de Libertad	Valor p
1	0,000	79,540	28	0,000
2	0,016	34,987	13	0,001

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La **Tabla 4.98** muestra los valores del estadístico lambda de Wilks y el valor de la prueba Chi-cuadrado a un nivel de confianza del 90%, para contrastar la significancia de cada función discriminante. Aquí se observa que es conveniente usar ambas funciones para interpretar las diferencias entre los grupos (*ubicación*).

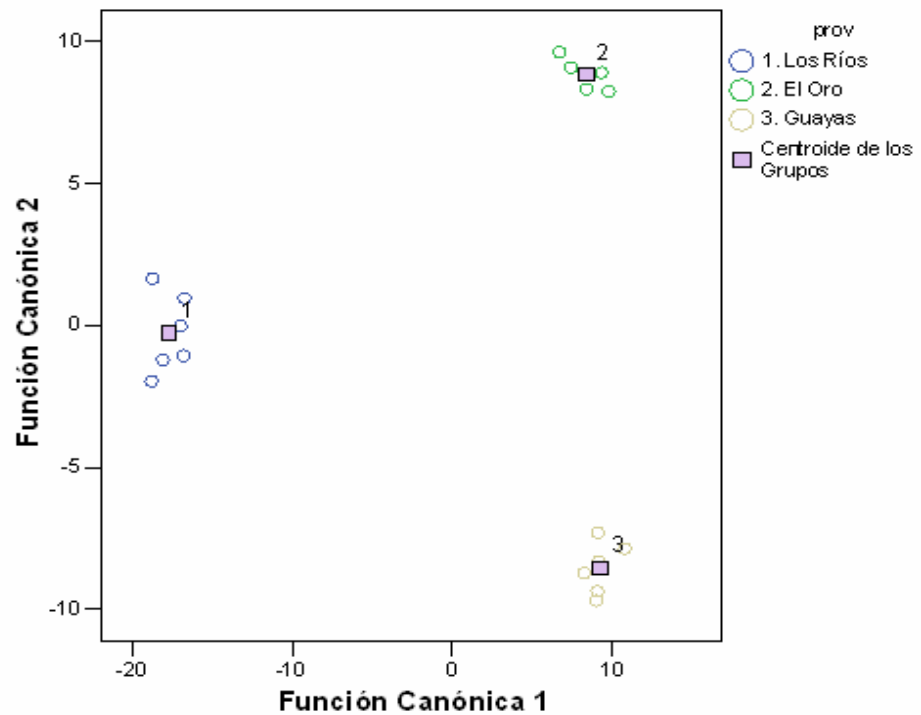
En el **Gráfico 4.51** presenta mediante una nube de puntos, la posición de las 18 observaciones y los tres centroides sobre los dos ejes discriminantes simultáneamente. El eje horizontal recoge las puntuaciones de la primera función discriminante y el eje vertical las de la segunda función discriminante. Los puntos se representan con un color distinto para cada

grupo. Además se representa el centroide para la ubicación de cada provincia. Las coordenadas de estos puntos son las siguientes: (-17.692, -0.282) para la provincia de los Ríos, (8.415, 8.821) para la provincia de El Oro y (9.277, -8.539) para la provincia del Guayas.

**Gráfico 4.51**

**Ubicación por provincias**

**Gráfico de Dispersión de las Funciones Canónica**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

El *Gráfico 4.51* destaca que la segunda función discrimina mejor a los grupos que la primera: la distancia entre los centroides sobre el eje de la

función canónica 2 es mayor que las observadas en el eje de la función canónica 1.

Los coeficientes de la función discriminante estimada, se muestran en la **Tabla 4.99** junto con el término constante:

<b>Tabla 4.99</b> <b>Ubicación de las provincias</b> <b>Coefficiente de la Función Discriminante</b> <b>Canónica</b>		
<b>Variables Predictores</b>	<b>Función</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
<i>k</i>	0,000	0,000
<i>p</i>	0,254	0,104
<i>ca</i>	-0,067	0,035
<i>mg</i>	0,002	-0,228
<i>N</i>	0,014	-0,001
<i>zn</i>	0,263	0,145
<i>Cu*</i>	-3,393	-2,659
<i>Si*</i>	0,000	0,000
<i>pH*</i>	-10,112	9,232
<i>Temperatura*</i>	6,456	4,557
<i>Conductividad Eléctrica</i>	11,468	-9,723
<i>Total de sólidos disueltos</i>	-19,167	21,204
<i>Coliforme*</i>	-0,003	-0,009
<i>E. coli</i>	-0,759	-0,637
<i>Constante</i>	-146,921	-159,047

\* Variable(s) que aporta significativamente a la función(es) discriminante

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Por tanto, según la *Tabla 4*, la expresión de la primera función discriminante es:

$$FDC_1 = (-146.921) + (0.254)P + (-0.067)Ca + (0.002)Mg + (0.014)N + (0.263)Zn + (-3.393)Cu^* + (-10.112)pH^* + (6.456)Temperatura + (11.468)Conductividad\ Electrica + (-19.167)Total\ de\ Sólidos\ Disueltos^* + (-0.003)Coliforme^* + (-0.759)Escherichia\ Coli$$

y la segunda es:

$$FDC_2 = (-159.047) + (0.104)P + (0.035)Ca + (-0.228)Mg + (-0.001)N + (0.145)Zn + (-2.659)Cu^* + (9.232)pH^* + (4.557)Temperatura + (-9.723)Conductividad\ Electrica + (21.204)Total\ de\ Sólidos\ Disueltos^* + (-0.009)Coliforme^* + (-0.637)Escherichia\ Coli$$

### **Evaluación del procedimiento de Clasificación para Ubicación de las Provincias**

Para comprobar la potencia de las dos funciones discriminantes obtenidas, del grupo: *Ubicación de las provincias*, se introdujo dentro del modelo las siguientes nuevas observaciones. Los valores propuestos se muestran en la siguiente tabla:

<b>Tabla 4.100</b> <b>Valores Propuestos para la Simulación para los tres</b> <b>Diferentes Provincias</b>			
<b>Variables</b>	<b>Los Ríos</b>	<b>El Oro</b>	<b>Guayas</b>
<i>K</i>	9307	11353	17933
<i>P</i>	122	139	106
<i>Ca</i>	504	588	519
<i>Mg</i>	121	137	138
<i>N</i>	0,038	0,09	0,05
<i>Zn</i>	1,83	2,65	3,13
<i>Cu*</i>	1,76	1,25	0,35
<i>Si*</i>	0,8	1,00	3,48
<i>Ph*</i>	4,52	4,24	3,86
<i>Temperatura*</i>	25,72	28,02	28,12
<i>Conductividad Eléctrica</i>	9,132	8	9,62
<i>Total de Sólidos Disueltos</i>	4,653	4,03	4,64
<i>Coliforme*</i>	319,6	95,13	55,23
<i>E. coli</i>	2,83	2,17	3,25

\* Variable(s) que aporta significativamente a la función(es) discriminante

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La simulación se realizó de dos maneras, la primera utilizando todas las variables predictoras para la construcción de las funciones discriminantes canónicas. La segunda utilizando sólo las variables predictoras que de manera significativa contribuyeron a dichas funciones. Estos resultados se muestran en la siguiente tabla:

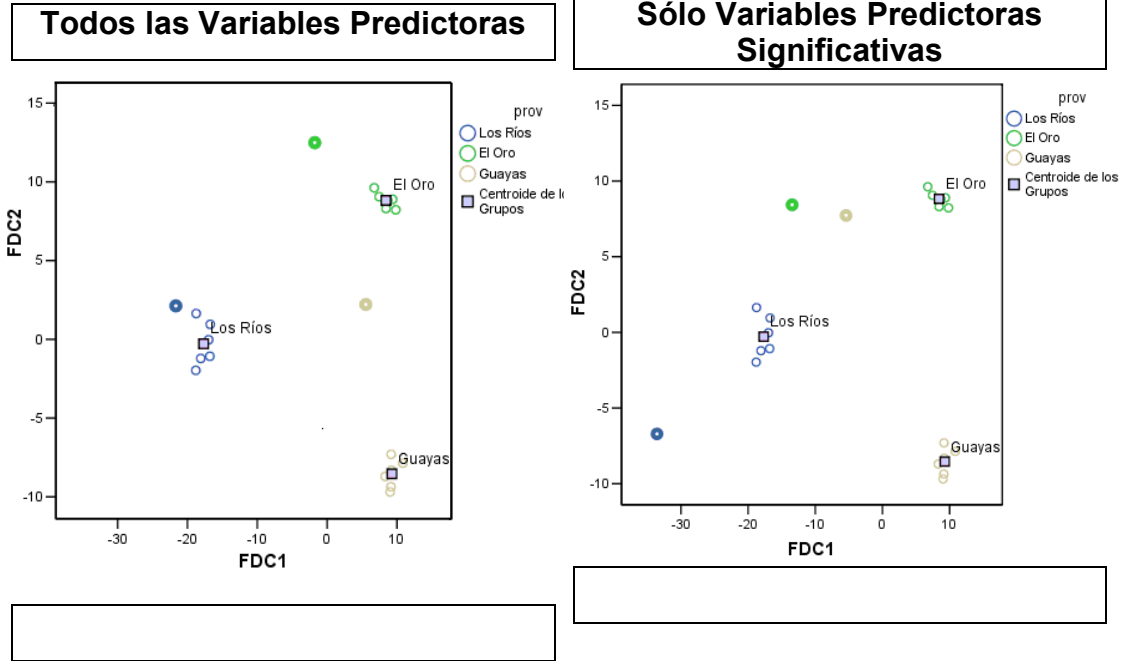
Tabla 4.101 Ubicación de las Provincias Coordenadas de las simulaciones				
Provincias	Utilizando todas las variables predictoras		Utilizando solo variables predictoras significativas	
	FDC1	FDC2	FDC1	FDC2
<i>Los Ríos</i>	-21,947	2,522	-33,572	-7,769
<i>El Oro</i>	-3,361	13,09	-13,451	3,577
<i>Guayas</i>	6,926	2,723	-5,782	3,288

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

Se presenta mediante una nube de puntos en el **Gráfico 4.52** las coordenadas de las simulaciones obtenidas en la *Tabla 4* sobre los dos ejes discriminantes simultáneamente. El eje horizontal recoge la puntuación de la primera función discriminante y el eje vertical la de la segunda función discriminante para ambos casos. Estos puntos se representan con un color distinto para cada provincia y mas resaltadas a diferencia de los otros puntos que forman los grupos.

**Gráfico 4.52**

**Simulación de la Función Canónica: Ubicación de las provincias**



Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En el *Gráfico 4.52* se observa que al utilizar todas las variables predictoras, las nuevas observaciones, principalmente en Los Ríos y El Oro se ajustan mejor al modelo discriminante, ya que caen dentro o muy cerca de los grupos, mientras que en el caso de Guayas esto no ocurre; esta nueva observación vista desde la función discriminante canónica 1, cae en el grupo de El Oro; y al observarla en función de la segunda discriminante canónica, esta observación cae en el grupo de Los Ríos.

Dado esto, se analizó de manera mas detallada el comportamiento de cada variable predictora en el modelo discriminante, para conocer cuales de estas están asociadas a las funciones y cuales influyen en la separación de los grupos, especialmente para el caso de Guayas.

Utilizando la matriz de estructura, se presenta en la **Tabla 4.102** las correlaciones de cada variable predictora con las funciones discriminantes canónicas:

<b>Tabla 4.102</b>		
<b>Ubicación de las Provincias</b>		
<b>Matriz de Estructura</b>		
<b>Variables predictoras</b>	<b>Funciones</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
<i>Temperatura</i>	0,053*	-0,001
<i>Coliforme</i>	-0,044*	0,009
<i>Mg</i>	0,024*	-0,002
<i>Zn</i>	0,022*	-0,014
<i>Hongos y levaduras</i>	0,145	-0,34*
<i>Si</i>	0,040	-0,098*
<i>Cu</i>	-0,052	0,070*
<i>Conductividad eléctrica</i>	-0,006	-0,058*
<i>pH</i>	-0,046	0,054*
<i>Escherichia coli</i>	-0,003	-0,057*
<i>Total de sólidos disueltos</i>	-0,014	-0,045*
<i>N</i>	0,021	0,032*
<i>Salinidad</i>	0,015	-0,032*
<i>P</i>	0,000	0,030*
<i>CA</i>	0,013	0,029*
<i>K</i>	0,011	-0,020*

\* Variable(s) que están altamente correlacionados con la función discriminante

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow



Se observa en la *Tabla 4.102* que las variables predictoras: temperatura, coliforme, magnesio y zinc, tienen mayor correlación con la función discriminante canónica 1, la cual tiene una variabilidad del 75.7% (véase *Tabla 4.98*).

Mientras que, las variables predictoras: hongos y levaduras, silicio, cobre, conductividad eléctrica, pH, escherichia coli, total de sólidos disueltos, nitrógeno, salinidad, fósforo, calcio y potasio, tienen mayor correlación con la segunda función discriminante canónica, la cual tiene un 24.3% de variabilidad (véase *Tabla 4.98*).

En la ***Tabla 4.103*** se realiza una comparación de medias para los grupos (El Oro y Guayas) donde las muestras son independientes y sus varianzas desconocidas. El contraste de hipótesis para muestras independientes divide los casos en dos grupos y compara las medias de los grupos respecto a una variable. El contraste de hipótesis para la comparación de medias es:

$$H_0: \mu_T - \mu_P = 0$$

$$H_1: \mu_T - \mu_P > 0$$

Antes de analizar los resultados del contraste de la diferencia de medias, es conveniente valorar la comparación de las varianzas de ambos grupos (*basándose en el estadístico F de Snedecor*). El cual plantea el siguiente contraste:

$$H_0: \sigma_T^2 = \sigma_P^2$$

$$H_1: \sigma_T^2 \neq \sigma_P^2$$

<b>Tabla 4.103</b>						
<b>Ubicación de las Provincias</b>						
<b>Comparación de Medias entre los grupos Guayas y El Oro</b>						
<b>Variables</b>	<b>Prueba para muestras independientes</b>	<b>Prueba de Levene</b>		<b>Prueba t para igualdad de medias</b>		
		<b>F</b>	<b>valor p</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>valor p</b>
<i>K</i>	Se asume varianzas iguales	1,285	0,283	-0,669	10,000	0,518
<i>P</i>	No se asume varianzas iguales	1,285	0,009	0,935	5,550	0,389
<i>Ca</i>	Se asume varianzas iguales	0,083	0,779	0,830	10,000	0,426
<i>Mg</i>	Se asume varianzas iguales	0,054	0,821	-0,081	10,000	0,937
<i>N</i>	Se asume varianzas iguales	0,002	0,962	0,792	10,000	0,447
<i>Zn</i>	Se asume varianzas iguales	1,211	0,297	-0,401	10,000	0,697
<i>Cu</i>	No se asume varianzas iguales	52,903	0,000	1,782	5,099	0,134
<i>Si</i>	Se asume varianzas iguales	0,207	0,659	-2,879	10,000	0,016*
<i>pH</i>	No se asume varianzas iguales	30,654	0,000	1,615	5,058	0,167
<i>Temperatura</i>	No se asume varianzas iguales	32,701	0,000	-0,084	5,070	0,937

<i>Conductividad eléctrica</i>	No se asume varianzas iguales	14,283	0,004	-3,242	5,029	0,023*
<i>Total de sólidos disueltos</i>	No se asume varianzas iguales	11,559	0,007	-2,457	5,263	0,055
<i>Salinidad</i>	No se asume varianzas iguales	14,000	0,004	-2,723	5,147	0,040*
<i>Coliforme</i>	Se asume varianzas iguales	14,061	0,757	0,818	10,000	0,432
<i>Escherichia coli</i>	Se asume varianzas iguales	0,819	0,387	-1,425	10,000	0,185

\* Muestra diferencia significativa con respecto a la media

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

En la *Tabla 4.103* se observa que las variables: silicio, conductividad eléctrica y salinidad; con 95% de significancia, presentaron diferencias significativas entre las medias de estos dos grupos (Guayas y El Oro), a diferencia de las demás variables. Esto indica que, estas variables son las que mas aportan a la discriminación entre Guayas y El Oro; sin embargo estas se encuentran correlacionadas con la función discriminante canónica dos, la cual es la que menos variabilidad total muestra (véase *Tabla 4.98*). Dando como resultado que el modelo discriminante no sea un buen predictor para los grupos.

## CAPÍTULO V

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

1. De acuerdo a los análisis estadísticos realizados, el método multivariado de análisis de conglomerados fue el que proporcionó mayor información respecto a los diferentes factores en estudio para las enmiendas orgánicas sólidas y líquidas, sin embargo, el análisis de componentes principales proporcionó información mas relevante acerca de estos mismos factores para las enmiendas orgánicas líquidas.
2. Para las enmiendas orgánicas sólidas no fue factible la construcción del análisis de componentes principales, debido a que tanto para el Compost como para el Bocashi, ambos productos presentaron altas correlaciones entre sus indicadores.
3. En el estudio de las enmiendas orgánicas líquidas, el análisis de componentes principales permitió explicar, a través de la reducción de variables, la asociación entre las variables “químicos y físicos” versus las tres provincias (Los Ríos, El Oro y Guayas) para los dos tipos de microorganismos (Locales y Eficientes) y los diferentes meses de preparación (uno, dos y cuatro meses).

4. La asociación entre los “nutrientes” con las tres provincias en los diferentes meses de preparación para las enmiendas orgánicas líquidas, pudo ser explicada también con el análisis de componentes principales, no así con el tipo de microorganismos.
5. El análisis de componentes principales mostró que la mayor cantidad de nutrientes en los bioproductos, están asociados a la provincia de los Ríos en un mes de preparación, demostrando así que, mejor es el biol de un mes que el de dos o cuatro meses de preparación en dicha provincia.
6. A través del análisis de conglomerado se reveló un 90% de similitud, entre los tipos de enmiendas orgánicas sólidas (compost y bocashi) versus los elementos químicos, físicos y microbiológicos para las tres provincias.
7. Para los nutrientes en las enmiendas orgánicas sólidas, el análisis de conglomerado reveló un mínimo del 10% de diferencias entre el compost y el bocashi. Es decir ambas enmiendas orgánicas sólidas muestran una alta presencia de nutrientes.

8. Con un 90% de similitud, el análisis de conglomerado de las enmiendas orgánicas líquidas, reveló la asociación entre los tratamientos: *fuentes de microorganismos y los meses de preparación* con las variables químicas, físicas y microbiológicas para las tres provincias.
  
9. Para los nutrientes y otras variables físicas y químicas en las enmiendas orgánicas líquidas, el análisis de conglomerado reveló un mínimo del 10% de diferencias entre los microorganismos: eficientes y locales, para cada una de las tres provincias en estudio. Es decir que, para cada provincia es indiferente la fuente de microorganismos que utilizan para la elaboración del bioproducto, con respecto a dichas variables.
  
10. La construcción de un modelo discriminante canónico que sirva como clasificador y predictor de nuevas observaciones solo fue posible realizarla para las enmiendas orgánicas líquidas.
  
11. En las enmiendas orgánicas líquidas, solo para meses de preparación se encontró diferencias entre los grupos, con respecto al conjunto de variables de estudio. Dicho modelo proporciona procedimientos sistemáticos de clasificación para nuevas observaciones.

## **5.2. Recomendaciones**

1. Se recomienda realizar análisis estadísticos inferenciales o inductivos que permitan constatar con un margen de confianza algunos de los resultados obtenidos, siendo así soporte de la investigación realizada

en este estudio, ya que los métodos utilizados son mas de carácter descriptivo o deductivo.

2. Es imprescindible continuar con trabajos de investigación interrelacionados entre las áreas estadística versus biología, que puedan ser apoyo a la estructura de otras investigaciones relacionadas con la nutrición del suelo mediante el uso de enmiendas orgánicas.
3. Se recomienda crear modelos que permitan correlacionar de manera rápida los resultados de productos biológicos de características similares y obtener niveles de calidad; es decir, modelos que puedan abarcar desde la caracterización de los productos, la calidad de esos productos y los efectos de los mismos en el suelo o en la producción del rubro agrícola de interés.
4. Es significativo hacer trabajos de investigación en el área biológica que revelen las razones que hacen que el bioproducto de los Ríos en un mes de preparación, contenga una mayor cantidad de nutrientes a relación de las otras provincias en diferentes meses de preparación.



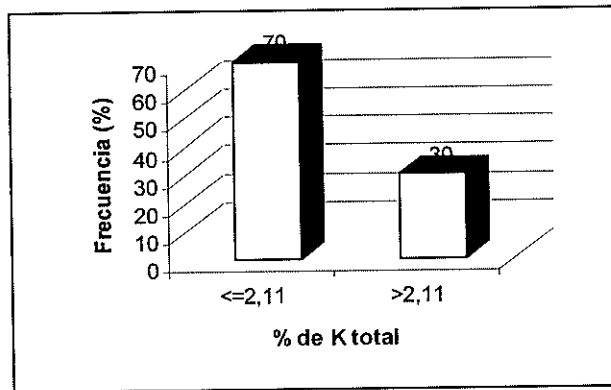


# Anexos

## ANEXO 1

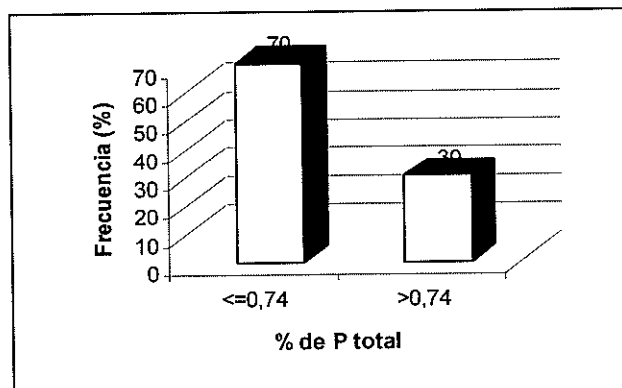
Agrupación porcentual de las áreas monitoreadas que producen compost en base a los rangos estándares utilizados para cada parámetro evaluado.

**Gráfico 1**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Potasio**



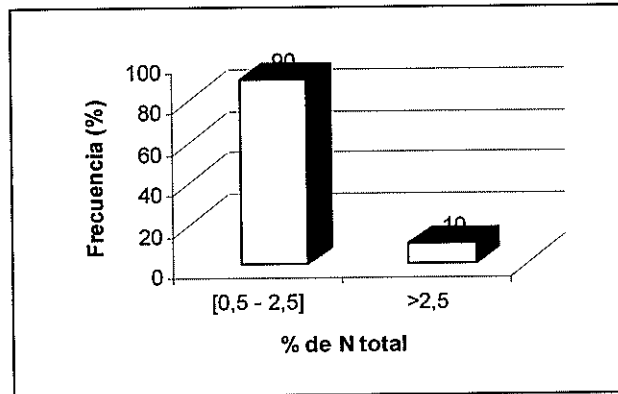
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 2**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Fósforo**



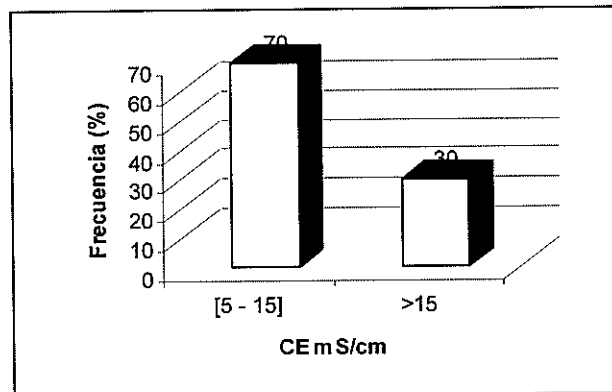
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 3**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Nitrógeno**



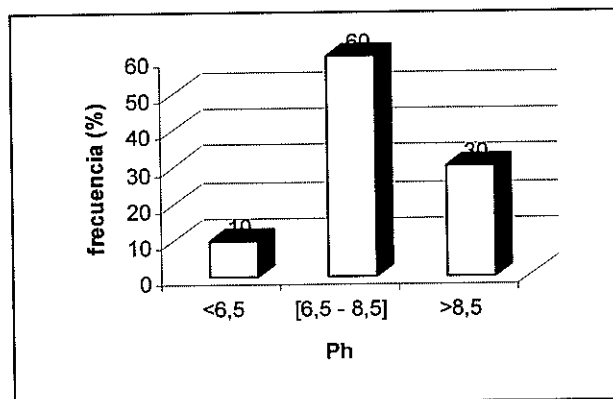
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 4**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Conductividad Eléctrica**



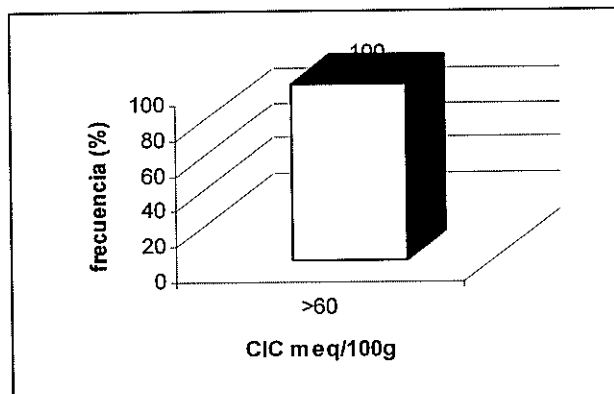
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 5**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: pH**



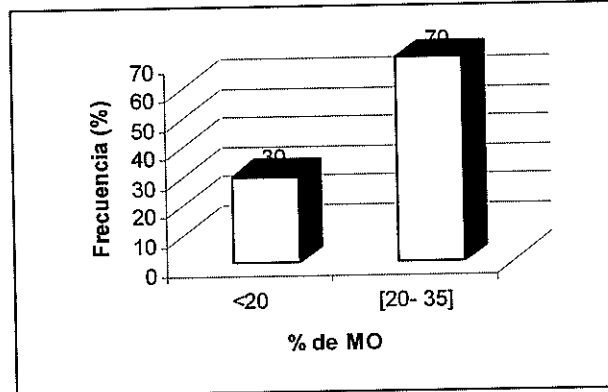
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 6**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Intercambio Catiónico**



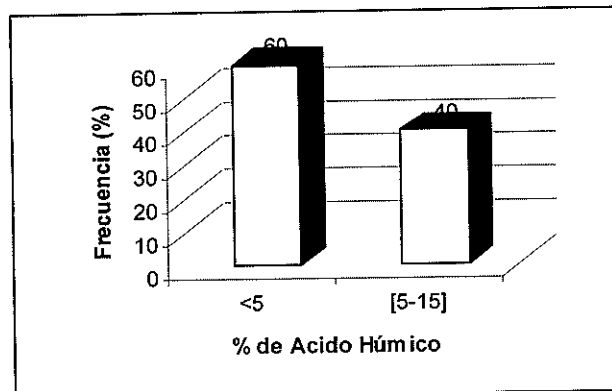
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 7**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Materia Orgánica**



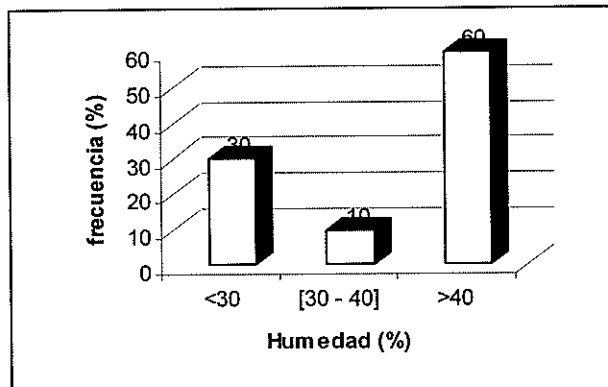
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 8**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Ácido Húmico**



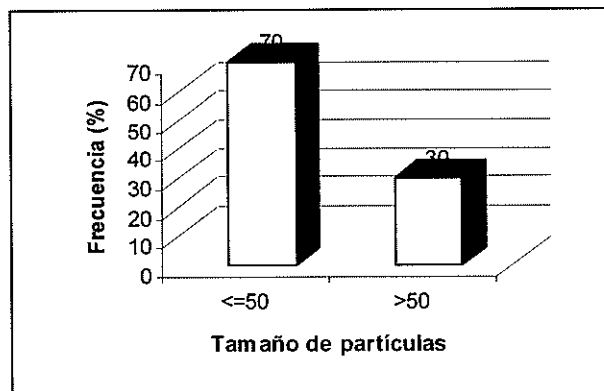
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 9**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Humedad**



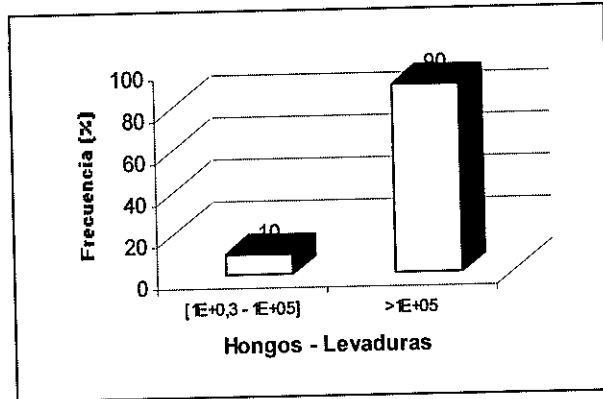
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 10**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Tamaño de Partículas**



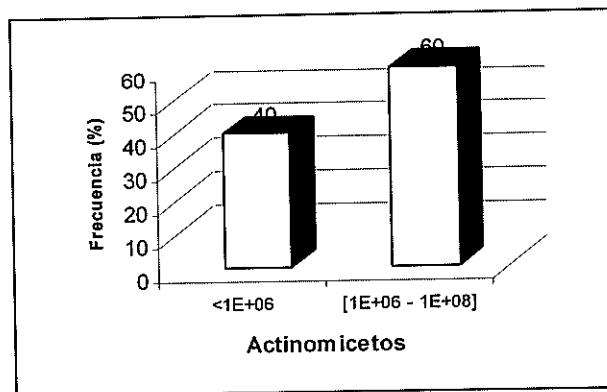
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 11**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Hongos y Levaduras**



Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 12**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Compost**  
**Rango Estándar: Actinomicetos**



Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow



## Compost

- De los análisis de frecuencias, los resultados revelan que en el caso de los macroelementos (N, P, K) más del 60% de las muestras analizadas están en los rangos estándares y las restantes presentan porcentajes superiores, por lo tanto se deduce que estos productos son de beneficio a los suelos en los cuales están siendo aplicados.
  - En referencia al pH el 60% de las muestras de compost, presentaron valores alrededor del estándar induciéndose un excelente comportamiento de la enmienda en cuanto al control de pérdida de N por volatilización.
  - La conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico exhiben rangos de productos estables para el 70 y 100% de las muestras, respectivamente.
  - En lo que a materia orgánica y ácidos húmicos se refiere, se presentaron rangos normales en el 70 y el 40 % del total de área monitoreada, respectivamente.
  - La mayoría de las áreas monitoreadas cuentan con compost de tamaño de partícula fina. (50% del volumen de muestra esta por debajo de 1/8" mesh).
  - Parámetros microbiológicos como el total de hongos - levaduras y Actinomicetos revelan compost ricos en organismos. Aunque, la
-

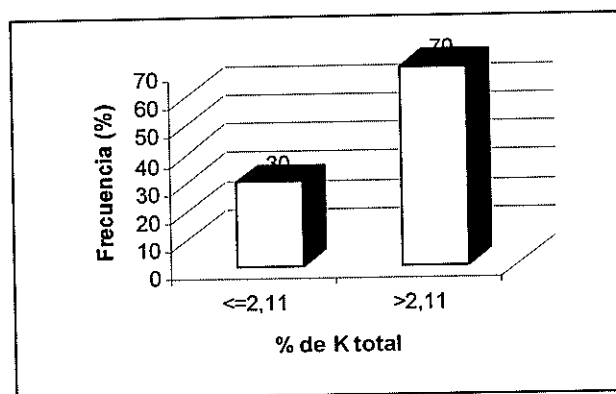
relación aerobios/anaerobios ( $=$  o  $>$  10:1) no cumplieron con el rango estándar.

- El ratio C/N en la totalidad de las muestras analizadas es  $<$ 20:1 encontrándose muestras entre 12:1 y 5:1, resultados que revelan productos finales con nitrógeno fácilmente disponible.
-

## ANEXO 2

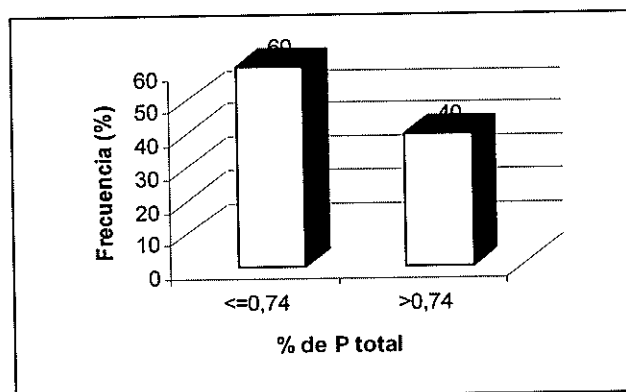
Agrupación porcentual de las áreas monitoreadas que producen bocashi en base a los rangos estándares utilizados para cada parámetro.

**Gráfico 1**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Potasio**



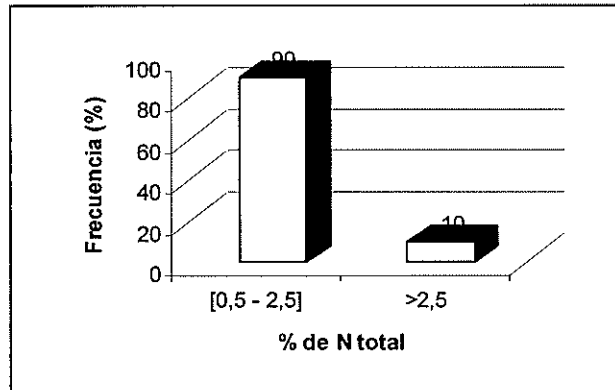
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 2**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Fósforo**



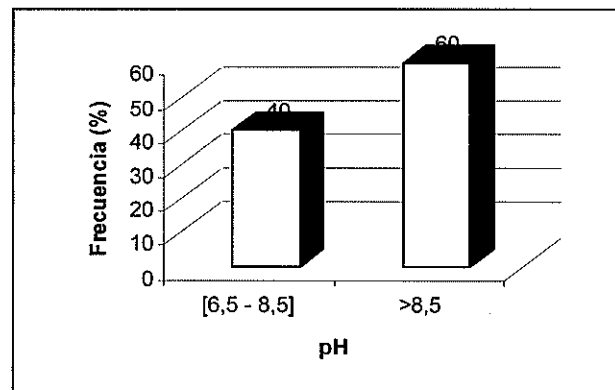
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 3**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Nitrógeno**



Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

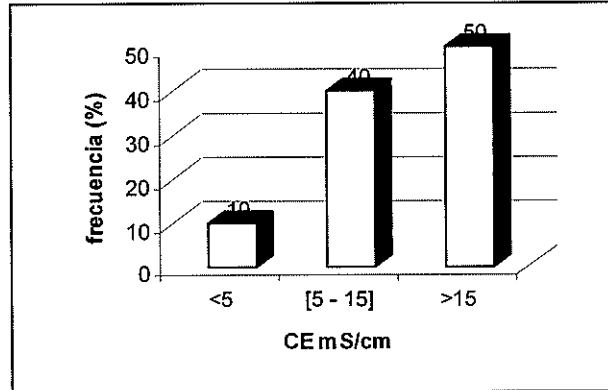
**Gráfico 4**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: pH**



Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 5**

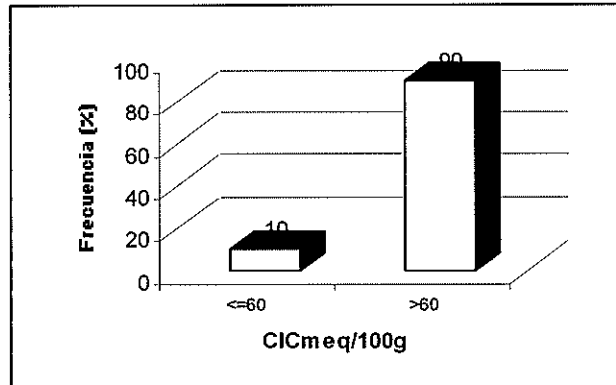
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Conductividad Eléctrica**



Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

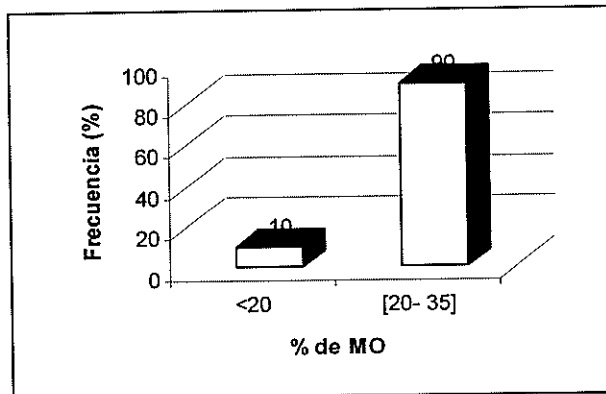
**Gráfico 6**

**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Intercambio Catiónico**



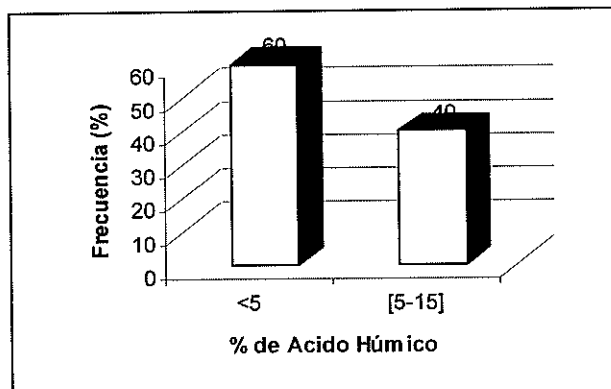
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 7**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Materia Orgánica**



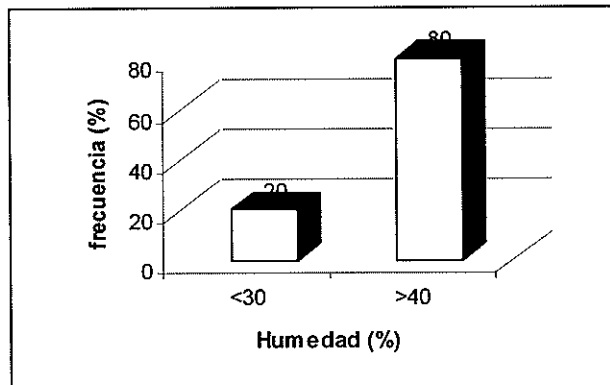
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 8**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Acido Húmico**



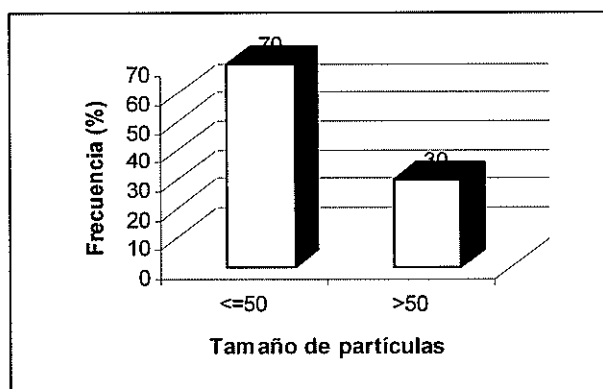
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 9**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Humedad**



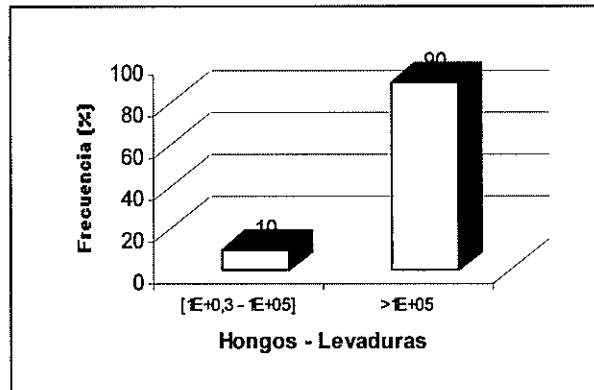
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 10**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Tamaño de Partículas**



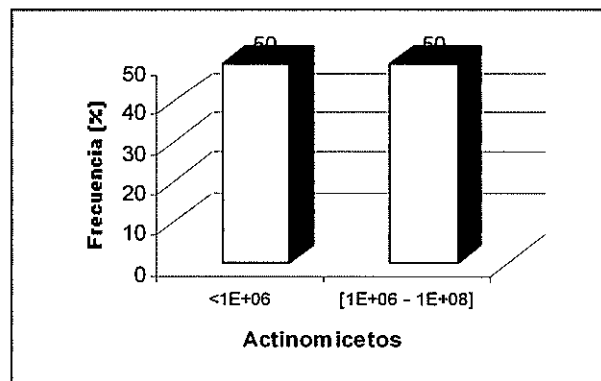
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 11**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Hongos y Levaduras**



Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 12**  
**Enmiendas Orgánicas Sólidas: Bocashi**  
**Rango Estándar: Acido Húmico**



Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow



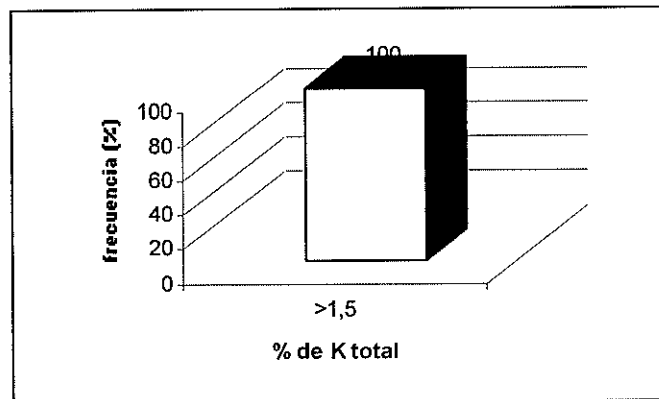
## **Bocashi**

- El análisis de las muestras de bocashi, reveló resultados eficientes para el caso de los macroelementos N y K en los cuales el 90 y 70% respectivamente del total analizado presentaron rangos iguales o superiores a los estándares, respectivamente. Por el contrario el contenido de P, fue menor al rango estándar en la mayoría de las muestras.
  - Los resultados del pH agruparon el 60% de las muestras analizadas en un rango alcalino (>8.5). En referencia a la conductividad eléctrica y el coeficiente de intercambio catiónico 40 y 90 % de las muestras analizadas se encuentran en los rangos utilizados como estándares para un producto final, respectivamente.
  - La materia orgánica y los ácidos húmicos mantuvieron patrones similares a los encontrados en el compost, 90 y 40% de las muestras están en el rango estándar, respectivamente.
  - En los parámetros microbiológicos, en cuanto a poblaciones de Actinomicetos se encontró que el 50% de las muestras presentan rangos menores a los estándares; mientras que, las poblaciones de hongos y levaduras agrupan el 90% de las muestras en rangos superiores a los utilizados como estándares.
  - Un patrón similar comparte la proporción C/N para las muestras de bocashi cuyos ratios están entre 12:1 y 6:1.
-

### ANEXO 3

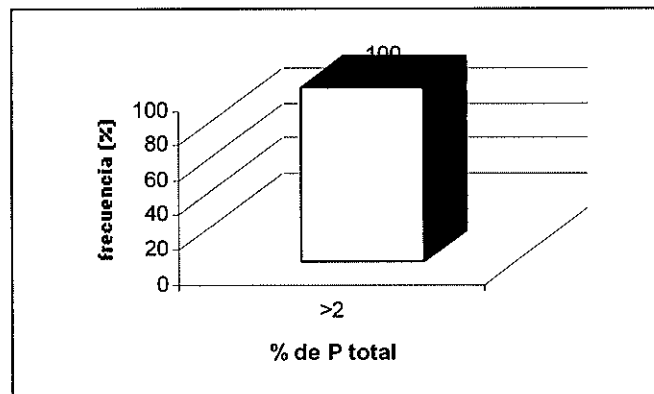
Agrupación porcentual de las áreas monitoreadas que producen bioles en base a los rangos estándares utilizados para cada parámetro.

**Gráfico 1**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Rango Estándar: Potasio**



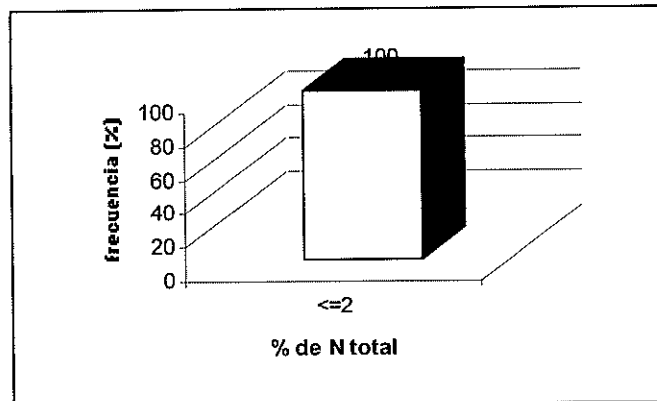
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 2**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Rango Estándar: Fósforo**



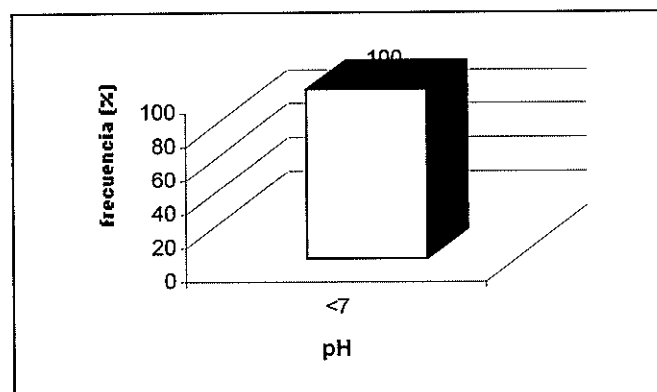
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 3**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Rango Estándar: Nitrógeno**



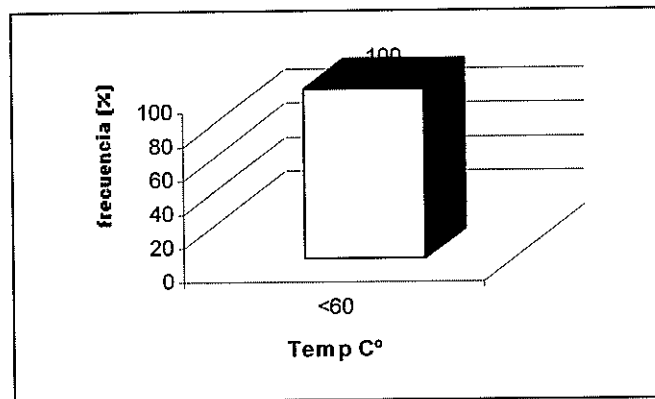
Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 4**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Rango Estándar: pH**



Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

**Gráfico 5**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Rango Estándar: Temperatura**



Fuente: CIBE Autor: Pamela Crow

### **Bioproductos**

- De los análisis de frecuencias, los resultados revelan que en el caso de los macroelementos (N, P, K) el 100% de las muestras analizadas están en los rangos estándares, especialmente el fósforo y el potasio que presentaron porcentajes superiores, por lo tanto se deduce que estos productos son de beneficio a los suelos en los cuales están siendo aplicados.
- En referencia al pH el 100% de las muestras del bioproducto, presentaron valores inferiores del estándar induciéndose un comportamiento no muy buen de la enmienda en cuanto al control de pérdida de N por volatilización.

- En cuanto a la temperatura el 100% de las muestras analizadas presentaron valores en °C inferiores del estándar, lo que indica que existen microorganismos perjudiciales para el ser humano en la enmienda que no se eliminaron, en el proceso del bioproducto.
-



**Anexo 5**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas**  
**Matriz de Correlación**

Correlación de Pearson	Químico: Macronutrientes						Químico: Micronutrientes			Químicos: Otros			Físicos		Microbiológicos		
	EOLQK	EOLQP	EOLQCa	EOLQMg	EOLQn	EOLQSi	EOLQZn	EOLQCu	EOLQSi	EOLQPH	EOLQCE	EOLQS	EOLQSD	EOLQI	EOLMC	EOLMEC	EOLMHyL
	1,000																
	0,074	1,000															
Valor P	0,889																
	-0,095	0,596	1,000														
Valor P	0,857	0,212															
	0,326	0,166	0,681	1,000													
Valor P	0,528	0,754	0,137														
	-0,021	0,409	0,788	0,565	1,000												
Valor P	0,969	0,421	0,062	0,242													
	0,825*	0,074	-0,249	0,222	0,094	1,000											
Valor P	0,043	0,890	0,634	0,672	0,859												
	-0,546	0,559	0,057	-0,554	-0,213	-0,530	1,000										
Valor P	0,262	0,249	0,914	0,243	0,685	0,279											
	0,839*	-0,432	-0,262	0,403	-0,118	0,704	-0,867*	1,000									
Valor P	0,037	0,392	0,616	0,428	0,824	0,119	0,026										
	-0,391	0,597	0,006	-0,578	-0,280	-0,418	0,984**	-0,766	1,000								
Valor P	0,443	0,211	0,991	0,229	0,592	0,410	0,000	0,076									
	0,548	-0,450	-0,463	0,026	-0,712	0,198	-0,354	0,681	-0,242	1,000							
Valor P	0,260	0,370	0,355	0,960	0,172	0,707	0,491	0,736	0,644								
	0,483	-0,355	-0,528	-0,173	-0,813*	0,126	-0,137	0,530	-0,015	0,970**	1,000						
Valor P	0,332	0,491	0,281	0,743	0,049	0,812	0,795	0,279	0,978	0,007							
	0,535	-0,242	-0,534	-0,208	-0,809	0,201	-0,070	0,508	0,068	0,938*	0,989**	1,000					
Valor P	0,274	0,644	0,275	0,693	0,057	0,702	0,895	0,304	0,898	0,006	0,000						
	0,426	-0,017	0,464	0,821*	0,725	0,511	-0,787	0,543	-0,803	-0,157	-0,371	-0,397	1,000				
Valor P	0,399	0,974	0,354	0,045	0,103	0,301	0,063	0,265	0,054	0,766	0,469	0,436					
	-0,246	0,302	-0,288	-0,658	-0,655	-0,390	0,847*	-0,510	0,898*	0,186	0,406	0,465	-0,939	1,000			
Valor P	0,639	0,561	0,579	0,156	0,158	0,444	0,033	0,301	0,075	0,724	0,425	0,353	0,006				
	0,806	-0,085	-0,471	0,011	-0,587	0,612	-0,272	0,708	-0,110	0,838*	0,841*	0,888*	-0,067	0,209	1,000		
Valor P	0,053	0,873	0,346	0,993	0,221	0,197	0,602	0,115	0,836	0,037	0,036	0,078	0,900	0,691			
	-0,024	-0,246	0,301	0,665	0,614	0,251	-0,679	0,283	-0,773	-0,328	-0,544	-0,604	0,848*	-0,916*	-0,356	1,000	
Valor P	0,964	0,638	0,562	0,150	0,195	0,632	0,136	0,587	0,071	0,525	0,265	0,205	0,033	0,010	0,489		

\* Correlación significativa con un nivel de significancia de 0.05

\*\* Correlación significativa con un nivel de significancia de 0.01





**Anexo 6**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas : Los Ríos**  
**Matriz de Correlación**

Correlación de Pearson	Químico: Macronutrientes						Químico: Micronutrientes				Químicos: Otros			Físicos			Microbiológicos	
	EOLQ	EOLP	EOLCa	EOLMg	EOLN	EOLZn	EOLCu	EOLSi	EOLPH	EOLCE	EOLoS	EOLQ	EOLQSD	EOLMC	EOLMHL			
EOLQK	1,000																	
EOLQP	0,847*	1,000																
EOLQCa	0,866*	0,750	1,000															
EOLQMg	0,851*	0,791	0,988**	1,000														
EOLQN	-0,135	-0,478	0,158	0,043	1,000													
EOLQZn	0,952**	0,867*	0,784	0,751	-0,151	1,000												
EOLQCu	0,003	0,025	0,065	0,085	0,776	0,437	1,000											
EOLQSi	0,192	0,438	-0,136	-0,146	-0,557	0,386	0,251	1,000										
EOLQPH	0,715	0,385	0,798	0,783	0,943**	0,284	1,000											
EOLQCE	0,931**	0,672	0,741	0,675	0,059	0,905	0,403	0,789	1,000									
EOLQoS	0,007	0,144	0,092	0,141	0,912	0,005	0,403	0,789	1,000									
EOLQSD	0,849*	0,896*	0,843*	0,822*	-0,104	0,916*	0,429	0,682	0,205	1,000								
EOLQCa	0,032	0,016	0,035	0,045	0,845	0,010	0,429	0,682	0,205	1,000								
EOLQSi	0,095	-0,233	0,318	0,183	0,922**	0,139	-0,276	0,325	0,205	1,000								
EOLQPH	0,858	0,657	0,539	0,729	0,009	0,793	0,596	0,580	0,214	0,999**	1,000							
EOLQCE	0,089	-0,227	0,304	0,166	0,910*	0,155	-0,234	0,340	0,214	0,999**	1,000							
EOLQoS	0,852	0,665	0,558	0,754	0,012	0,770	0,686	0,510	0,683	0,000	0,021	1,000						
EOLQSD	-0,509	-0,812*	-0,654	-0,689	0,256	-0,588	-0,361	-0,337	-0,843*	0,021	0,021	1,000						
EOLQCa	0,303	0,050	0,199	0,130	0,624	0,220	0,482	0,514	0,035	0,969	0,997**	0,998**	1,000					
EOLQSi	0,107	-0,226	0,310	0,171	0,919**	0,162	-0,244	0,348	0,209	0,997**	0,998**	0,936	1,000					
EOLQPH	0,840	0,867	0,550	0,746	0,010	0,759	0,641	0,499	0,691	0,000	0,000	0,946	1,000					
EOLQCE	0,604	0,870*	0,692	0,715	-0,243	0,707	0,426	0,458	0,885*	-0,016	-0,012	-0,958**	-0,012	1,000				
EOLQoS	0,204	0,024	0,128	0,110	0,643	0,116	0,400	0,361	0,019	0,975	0,983	0,003	0,983	1,000				
EOLQSD	0,257	-0,013	0,032	-0,087	0,350	0,418	0,364	0,545	0,179	0,459	0,491	0,296	0,520	-0,013	1,000			
EOLQCa	0,623	0,981	0,952	0,870	0,496	0,409	0,478	0,263	0,735	0,359	0,323	0,552	0,290	0,981	1,000			
EOLQSi	-0,346	0,047	-0,310	-0,247	-0,482	-0,270	0,370	-0,439	-0,005	-0,359	-0,354	-0,378	-0,403	0,154	-0,628	1,000		
EOLQPH	0,501	0,930	0,550	0,637	0,333	0,604	0,470	0,384	0,892	0,484	0,491	0,460	0,428	0,770	0,182	1,000		

\* Correlación significativa con un nivel de significancia de 0.05

\*\* Correlación significativa con un nivel de significancia de 0.01

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

**Anexo 7**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas : El Oro**  
**Matriz de Correlación**

Correlación de Pearson	Químico: Macronutrientes						Químico: Micronutrientes				Químicos: Otros			Físicos		Microbiológicos	
	EOLQK	EOLQP	EOLQCa	EOLQMg	EOLQN	EOLQZn	EOLQCu	EOLQSi	EOLQPH	EOLQCE	EOLQDS	EOLQ	EOLQTS	EOLMC	EOLMEC		
Valor P	1,000																
Valor P	-0,363	1,000															
Valor P	0,480		1,000														
Valor P	-0,673	0,679	1,000														
Valor P	0,143	0,138		1,000													
Valor P	-0,047	<b>0,870*</b>	0,685	1,000													
Valor P	0,930	0,024	0,134		1,000												
Valor P	<b>-0,828*</b>	0,720	<b>0,908*</b>	0,531	1,000												
Valor P	0,042	0,107	0,012	0,279		1,000											
Valor P	-0,246	<b>0,924**</b>	0,730	<b>0,913*</b>	0,727	1,000											
Valor P	0,638	0,008	0,099	0,011	0,102	<b>0,928**</b>	1,000										
Valor P	-0,047	<b>0,905*</b>	0,562	<b>0,933**</b>	0,505	0,008	1,000										
Valor P	0,930	0,013	0,246	0,007	0,307	-0,590	0,031	1,000									
Valor P	-0,452	-0,612	0,024	-0,667	0,031	0,217	0,128	0,690	1,000								
Valor P	0,356	0,196	0,964	0,148	0,954	0,891*	<b>0,934**</b>	0,130	0,492	1,000							
Valor P	-0,240	<b>0,984**</b>	0,560	<b>0,861*</b>	0,598	0,017	0,006	0,322	0,491	<b>0,998**</b>	1,000						
Valor P	0,647	0,000	0,248	0,028	0,210	0,368	0,452	0,305	0,256	0,256	0,323	0,000					
Valor P	<b>-0,921**</b>	0,588	<b>0,820*</b>	0,360	<b>0,864*</b>	0,330	0,622	0,624	0,013	0,134	0,122	0,000	1,000				
Valor P	0,009	0,219	0,046	0,483	0,027	0,370	0,330	0,256	0,268	0,268	0,185	0,133	0,048	1,000			
Valor P	<b>-0,937**</b>	0,589	0,806	0,338	<b>0,874*</b>	0,450	0,330	0,256	0,268	0,268	0,185	0,133	0,048	0,136	1,000		
Valor P	0,006	0,219	0,053	0,512	0,023	-0,814*	-0,733	0,468	0,350	0,350	0,134	0,122	0,048	0,136	0,432	1,000	
Valor P	0,561	<b>-0,948**</b>	-0,638	-0,673	-0,794	-0,814*	-0,733	0,468	0,350	0,350	0,134	0,122	0,048	0,136	0,432	1,000	
Valor P	0,247	0,004	0,172	0,143	0,059	0,049	0,097	0,268	0,268	0,268	0,134	0,122	0,048	0,136	0,432	1,000	
Valor P	<b>-0,928**</b>	0,582	<b>0,819*</b>	0,350	<b>0,869*</b>	0,451	0,337	0,268	0,268	0,268	0,134	0,122	0,048	0,136	0,432	1,000	
Valor P	0,008	0,225	0,046	0,496	0,025	0,369	0,514	0,608	0,330	0,330	0,000	0,000	0,173	1,000			
Valor P	0,097	0,207	0,558	0,607	0,160	0,332	0,374	-0,072	0,172	0,172	0,185	0,133	0,048	0,173	1,000		
Valor P	0,855	0,694	0,250	0,201	0,761	0,520	0,466	0,892	0,744	0,744	0,726	0,801	0,929	0,743	0,400	1,000	
Valor P	0,476	-0,145	0,182	0,348	-0,196	0,083	0,085	-0,123	-0,169	-0,314	-0,356	0,400	-0,322	0,841*	0,432	1,000	
Valor P	0,340	0,784	0,729	0,499	0,710	0,875	0,873	0,816	0,749	0,544	0,489	0,432	0,533	0,841*	0,432	1,000	

\* Correlación significativa con un nivel de significancia de 0.05

\*\* Correlación significativa con un nivel de significancia de 0.01

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

**Anexo 8**  
**Enmiendas Orgánicas Líquidas : Guayas**  
**Matriz de Correlación**

Correlación de Pearson	Químico: Macronutrientes					Químico: Micronutrientes					Químicos: Otros			Físicos		Microbiológicos	
	EOLQK	EOLQP	EOLQCa	EOLQmg	EOLQn	EOLQzn	EOLQsi	EOLQPH	EOLQCE	EOLQs	EOLQTDs	EOLMC	EOLMEC				
Valor P	1,000																
EOLQP	-0,529	1,000															
EOLQCa	0,280	-0,221	1,000														
EOLQmg	0,674	-0,271	0,822*	1,000													
EOLQn	-0,469	-0,474	0,342	0,045	1,000												
EOLQsi	-0,113	-0,652	0,966**	0,851*	0,002	1,000											
EOLQzn	0,831	0,161	0,002	0,032	-0,107	1,000											
EOLQTDs	0,292	-0,145	-0,221	-0,239	0,648	0,841	1,000										
EOLMC	0,575	0,784	0,674	0,648	0,841	0,091	1,000										
EOLMEC	-0,893*	0,571	0,017	0,235	-0,094	0,864	0,091	1,000									
EOLQK	0,016	0,237	0,975	0,654	0,860	0,864	-0,071	-0,103	1,000								
EOLQP	0,828	0,101	0,226	0,073	0,188	0,894	0,846			1,000							
EOLQCa	-0,381	0,598	-0,526	-0,252	-0,464	0,572	0,607	0,303			1,000						
EOLQmg	0,456	0,210	0,283	0,631	0,354	0,236	0,201	0,560				1,000					
EOLQn	-0,115	0,592	-0,377	-0,615	-0,522	0,405	0,452	0,459	0,436				1,000				
EOLQsi	0,828	0,216	0,462	0,194	0,289	0,425	0,368	0,360	0,387					1,000			
EOLQzn	-0,463	0,246	0,000	0,133	0,020	0,710	0,737	-0,146	0,785	0,477					1,000		
EOLQTDs	0,355	0,638	1,000	0,802	0,970	0,114	0,095	0,783	0,065	0,339						1,000	
EOLMC	0,139	-0,077	0,217	0,067	0,155	-0,887*	-0,515	0,194	-0,752	-0,476	-0,913*						
EOLMEC	0,792	0,885	0,680	0,899	0,770	0,018	0,296	0,713	0,085	0,340	0,011						
EOLQK	0,077	0,473	-0,729	-0,480	-0,582	0,334	-0,006	0,586	0,737	0,061	0,217	-0,285	1,000				
EOLQP	0,885	0,344	0,100	0,335	0,225	0,518	0,991	0,222	0,094	0,909	0,680	0,584					
EOLQCa	-0,130	0,333	-0,363	-0,362	-0,387	0,799	0,553	0,087	0,722	0,797	0,834*	-0,908*	0,238	1,000			
EOLQmg	0,806	0,519	0,479	0,480	0,448	0,057	0,255	0,869	0,105	0,057	0,039	0,012	0,650				
EOLQn	-0,123	0,786	-0,574	-0,552	-0,595	-0,332	0,000	0,902*	0,175	-0,229	0,336	0,658	-0,141	1,000			
EOLQsi	0,816	0,064	0,234	0,256	0,213	0,820	1,000	0,014	0,529	0,740	0,662	0,515	0,156	0,790			

\* Correlación significativa con un nivel de significancia de 0.05

\*\* Correlación significativa con un nivel de significancia de 0.01

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

**Anexo 9**  
**Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación: Nutrientes**  
**Matriz de Proximidades**  
**Distancia Euclidiana**

Ubicación- Meses de prep.	1: Los Ríos- Efic- 4mes	2: Los Ríos- Loc- 4mes	3: El Oro- Efi - 4mes	4: El Oro- Loc- 4mes	5: Guayas - Efic- 4mes	6: Guayas- Loc- 4mes	7: Los Ríos- Efic- 2mes	8: Los Ríos- Loc- 2mes	9: El Oro- Efic- 2mes	10: El Oro- Loc- 2mes	11: Guayas- Efic- 2mes	12: Guayas- Loc- 2mes	13: Los Ríos- Efic- 1mes	14: Los Ríos- Loc- 1mes	15: El Oro- Efic- 1mes	16: El Oro- Loc- 1mes	17: Guayas- Efic- 1mes	18: Guayas- Loc- 1mes	
1	0,000																		
2	1,645*	0,000																	
3	3,106	2,532	0,000																
4	2,303	2,628	1,896	0,000															
5	3,993	3,705	2,899	3,561	0,000														
6	5,103	4,012	2,605	4,378	3,850	0,000													
7	1,503*	1,784*	3,468	2,984	4,232	5,341	0,000												
8	1,668*	2,036	3,801	3,143	4,541	5,717	0,494*	0,000											
9	3,464	2,857	3,800	4,373	3,103	4,653	2,866	3,145	0,000										
10	2,827	2,780	3,486	2,867	3,147	5,426	2,612	2,594	3,215	0,000									
11	4,356	5,011	4,207	4,003	3,237	5,997	4,548	4,785	4,452	4,216	0,000								
12	3,687	4,104	3,621	2,776	3,506	5,699	3,841	3,889	4,187	2,767	3,624	0,000							
13	5,585	5,206	4,650	5,567	3,796	5,098	5,139	5,460	3,097	5,152	4,467	4,585	0,000						
14	2,229	1,624	2,906	3,194	3,824	4,370	1,326*	1,737	2,201	3,030	4,586	4,093	4,299	0,000					
15	3,851	3,248	3,427	4,419	4,056	3,911	3,279	3,736	2,853	4,607	4,969	5,252	3,817	2,163	0,000				
16	6,001	5,424	5,247	6,580	5,488	4,633	5,748	6,218	4,651	6,988	6,400	7,407	4,668	4,665	2,717	0,000			
17	3,387	3,647	3,123	2,530	4,007	4,982	3,356	3,451	4,244	3,526	3,870	2,596	4,955	3,445	4,483	6,728	0,000		
18	2,763	2,673	2,624	2,620	2,908	4,392	2,461	2,682	2,970	2,581	3,230	3,293	4,467	2,338	3,434	5,710	2,169	0,000	

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

**Anexo 10**  
**Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación: Macronutrientes**  
**Matriz de Proximidades**  
**Distancia Euclidiana**

Ubicación - Microorg- meses de prep.	1: Los Ríos- Efic- 4mes	2: Los Ríos- Loc- 4mes	3: El Oro- Efi - 4mes	4: El Oro- Loc- 4mes	5: Guayas - Efic- 4mes	6: Guayas- Loc- 4mes	7: Los Ríos- Efic- 2mes	8: Los Ríos- Loc- 2mes	9: El Oro- Efic- 2mes	10: El Oro- Loc- 2mes	11: Guayas- Efic- 2mes	12: Guayas- Loc- 2mes	13: Los Ríos- Efic- 1mes	14: Los Ríos- Loc- 1mes	15: El Oro- Efic- 1mes	16: El Oro- Loc- 1mes	17: Guayas- Efic- 1mes	18: Guayas- Loc- 1mes	
1	0,000																		
2	1,390*	0,000																	
3	2,444	1,318*	0,000																
4	0,764	1,085*	1,836*	0,000															
5	3,231	2,462	2,507	3,035	0,000														
6	4,831	3,580	2,578	4,331	3,474	0,000													
7	1,370*	1,715	2,660	1,607	3,344	4,985	0,000												
8	1,495*	2,012	3,038	1,843	3,611	5,373	0,440*	0,000											
9	3,309	2,505	2,698	3,157	1,703	3,955	2,726	2,954	0,000										
10	2,103	2,265	3,199	2,304	2,498	5,295	1,918	1,881	2,199	0,000									
11	1,832	1,902	2,613	1,872	2,395	4,822	1,355*	1,517*	1,914	1,047*	0,000								
12	2,604	2,805	3,411	2,641	2,656	5,523	2,305	2,330	2,300	1,079*	1,087*	0,000							
13	5,290	4,487	4,059	4,956	3,289	4,554	4,601	4,865	2,405	4,246	3,745	3,789	0,000						
14	2,137	1,513	1,854	1,934	2,859	3,916	1,321	1,705	2,054	2,455	1,661	2,669	3,670	0,000					
15	3,717	2,951	2,411	3,408	3,356	3,214	3,158	3,571	2,832	4,112	3,211	4,065	3,335	2,020	0,000				
16	5,477	4,553	3,575	5,048	4,439	2,762	5,196	5,625	4,377	5,944	5,106	5,840	4,097	4,022	2,137	0,000			
17	2,029	1,830	2,718	2,228	3,096	4,686	0,958*	1,143*	2,227	2,057	1,589*	2,568	4,225	1,144*	2,840	4,887	0,000		
18	2,158	1,585*	2,475	2,268	2,813	4,278	1,391*	1,580	1,995	2,102	1,793	2,744	4,140	1,215	2,852	4,774	0,637*	0,000	

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOI Autor: Pamela Crow

**Anexo 11**  
**Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación: Micronutrientes**  
**Matriz de Proximidades**  
**Distancia Euclidiana**

Ubicac- Microorg- meses de prep.	1: Los Ríos- Efic- 4mes	2: Los Ríos- Loc- 4mes	3: El Oro- Efi - 4mes	4: El Oro- Loc- 4mes	5: Guayas - Efic- 4mes	6: Guayas- Loc- 4mes	7: Los Ríos- Efic- 2mes	8: Los Ríos- Loc- 2mese	9: El Oro- Efic- 2meses	10: El Oro- Loc- 2meses	11: Guayas- Efic- 2meses	12: Guayas- Loc- 2meses	13: Los Ríos- Efic- 1mes	14: Los Ríos- Loc- 1mese	15: El Oro- Efic- 1mes	16: El Oro- Loc- 1mes	17: Guayas- Efic- 1mes	18: Guayas- Loc- 1mes	
1	0,000																		
2	0,880*	0,000																	
3	1,917	2,162	0,000																
4	2,173	2,393	0,472*	0,000															
5	2,346	2,768	1,455	1,863	0,000														
6	1,643	1,811	0,377*	0,637*	1,659	0,000													
7	0,618*	0,493*	2,226	2,514	2,594	1,917	0,000												
8	0,740*	0,312*	2,285	2,545	2,754	1,955	0,226*	0,000											
9	1,023*	1,375	2,676	3,025	2,594	2,450	0,886*	1,080*	0,000										
10	1,890	1,612	1,384	1,707	1,914	1,185	1,773	1,786	2,344	0,000									
11	3,952	4,636	3,297	3,538	2,178	3,566	4,342	4,538	4,020	4,084	0,000								
12	2,610	2,996	1,213	0,855*	2,288	1,402	3,073	3,114	3,499	2,548	3,457	0,000							
13	1,794	2,641	2,269	2,535	1,895	2,293	2,289	2,479	1,951	2,918	2,436	2,582	0,000						
14	0,636*	0,591*	2,237	2,541	2,539	1,939	0,113*	0,329*	0,792*	1,776	4,275	3,103	2,238	0,000					
15	1,005*	1,355	2,435	2,813	2,278	2,229	0,883*	1,100*	0,350*	2,077	3,792	3,327	1,857	0,774*	0,000				
16	2,453	2,948	3,840	4,221	3,227	3,720	2,458	2,650	1,573	3,675	3,859	4,555	2,215	2,363	1,677	0,000			
17	2,712	3,155	1,538	1,200	2,543	1,692	3,216	3,256	3,613	2,864	3,529	0,380*	2,589	3,249	3,469	4,623	0,000		
18	1,725	2,153	0,872*	1,311	0,738*	0,992*	2,030	2,167	2,200	1,497	2,687	1,822	1,677	1,997	1,913	3,132	2,074	0,000	

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

**Anexo 12**  
**Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación: Químicos y físicos**  
**Matriz de Proximidades**  
**Distancia Euclidiana**

Ubicaciones de prep.	1: Los Ríos-Efic-4mes	2: Los Ríos-Lo-4mes	3: El Oro-Efi-4mes	4: El Oro-Lo-4mes	5: Guayas-Efic-4mes	6: Guayas-Lo-4mes	7: Los Ríos-Efic-2mes	8: Los Ríos-Lo-2mes	9: El Oro-Efic-2mes	10: El Oro-Lo-2mes	11: Guayas-Efic-2mes	12: Guayas-Lo-2mes	13: Los Ríos-Efic-1mes	14: Los Ríos-Lo-1mes	15: El Oro-Efic-1mes	16: El Oro-Lo-1mes	17: Guayas-Efic-1mes	18: Guayas-Lo-1mes
1	0,000																	
2	2,283	0,000																
3	4,798	2,895	0,000															
4	5,194	3,239	0,415*	0,000														
5	3,772	1,780	1,163	1,505	0,000													
6	3,888	1,914	1,085	1,418	0,242*	0,000												
7	6,198	3,953	3,026	2,857	3,160	3,158	0,000											
8	7,132	4,880	3,679	3,434	3,980	3,948	0,958*	0,000										
9	6,166	4,105	2,148	1,936	2,851	2,799	2,012	2,342	0,000									
10	7,373	5,240	2,758	2,364	3,692	3,606	2,563	2,414	1,683	0,000								
11	3,512	1,485	1,451	1,792	0,313*	0,438*	3,229	4,076	3,019	3,932	0,000							
12	3,927	1,978	1,005*	1,356	0,247*	0,213*	3,197	3,985	2,781	3,577	0,519*	0,000						
13	3,522	2,141	3,936	4,164	3,168	3,270	3,544	4,401	4,003	5,450	2,940	3,343	0,000					
14	3,102	1,458	3,558	3,810	2,640	2,749	3,457	4,359	3,996	5,306	2,382	2,834	0,814*	0,000				
15	3,966	2,206	3,702	3,875	2,964	3,053	2,889	3,738	3,687	4,992	2,761	3,136	0,835*	0,870*	0,000			
16	4,196	2,451	3,844	3,997	3,151	3,236	2,823	3,645	3,703	5,001	2,960	3,317	0,958*	1,108*	0,248*	0,000		
17	3,652	1,697	1,218	1,583	0,193*	0,381*	3,245	4,079	2,861	3,785	0,311*	0,344*	3,094	2,584	2,937	3,129	0,000	
18	3,692	1,674	1,284	1,619	0,190*	0,248*	3,157	3,981	2,894	3,767	0,196*	0,357*	3,062	2,522	2,859	3,049	0,281*	0,000

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE -- ESPOI Autor: Pamela Crow

Anexo 13																		
Ubicación - Microorganismos - Meses de Preparación: Microbiológicos																		
Matriz de Proximidades																		
Distancia Euclidiana																		
Ubicaciones de prep.	1: Los Ríos-Efic-4mes	2: Los Ríos-Lo-4mes	3: El Oro-Efi-4mes	4: El Oro-Lo-4mes	5: Guayas-Efic-4mes	6: Guayas-Lo-4mes	7: Los Ríos-Efic-2mes	8: Los Ríos-Lo-2mes	9: El Oro-Efic-2mes	10: El Oro-Lo-2mes	11: Guayas-Efic-2mes	12: Guayas-Lo-2mes	13: Los Ríos-Efic-1mes	14: Los Ríos-Lo-1mes	15: El Oro-Efic-1mes	16: El Oro-Lo-1mes	17: Guayas-Efic-1mes	18: Guayas-Lo-1mes
1	0,000																	
2	1,561	0,000																
3	2,702	2,917	0,000															
4	3,621	2,932	2,072	0,000														
5	2,954	2,628	1,356	0,896*	0,000													
6	2,976	2,646	1,349	0,880*	0,052*	0,000												
7	1,450	1,572	2,724	3,595	3,114	3,132	0,000											
8	2,701	2,489	1,667	1,571	1,026*	1,076*	2,815	0,000										
9	2,298	2,729	1,358	2,535	1,770	1,804	2,424	1,204	0,000									
10	2,891	2,660	1,159	1,070*	0,245*	0,224*	3,075	1,152	1,720	0,000								
11	2,533	2,806	0,355*	2,120	1,349	1,356	2,581	1,457	1,003*	1,187	0,000							
12	2,472	3,031	1,050*	2,535	1,686	1,684	3,030	2,016	1,623	1,474	1,071*	0,000						
13	3,498	3,731	4,484	5,383	4,968	4,997	2,477	4,309	3,733	4,970	4,259	4,946	0,000					
14	4,065	4,123	3,325	4,071	3,764	3,791	3,217	3,096	2,641	3,789	3,103	4,080	2,666	0,000				
15	3,449	3,036	3,181	2,595	2,438	2,487	3,470	1,540	2,285	2,624	2,912	3,466	4,299	3,173	0,000			
16	2,849	2,942	2,762	2,959	2,472	2,522	2,982	1,455	1,543	2,572	2,429	2,943	3,718	2,717	1,100	0,000		
17	2,906	4,078	2,466	4,230	3,369	3,371	3,687	3,485	2,656	3,165	2,445	1,696	5,293	4,833	4,733	3,928	0,000	
18	2,829	2,628	0,943*	1,234	0,559*	0,569*	2,823	0,966*	1,403	0,513*	0,903*	1,568	4,566	3,287	2,456	2,330	3,191	0,000

\* indica que entre ellos son muy similares

Fuente: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow



## **BIBLIOGRAFIA**

- (1) Collage of Agricultura and Life Science de Cornell University, 2005.  
"Como mejorar el suelo",  
<http://ppathw3.cals.cornell.edu/iipmweb/Chapter7.pdf>, (visitada Julio 18, 2006).
  - (2) David Pastorelly Ruiz, "Agricultura Orgánica",  
[http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles\\_producto/organico.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_producto/organico.pdf) (visitada Julio 19, 2006).
  - (3) Duicela G. Luis Alberto, Corral C. Rubèn, Cedeño G. Lincoln, Chòez T. Fredy, Romero R. Francisco, Palma P. Richard, Fernández A. Fabián, Macías N. Auro, Farfán T. Diana, Ramirez Joffre, Zambrano A. Luis, Reyes P. Javier, Farfán T. Daniel y Aveiga A. Tito, 2003. "Tecnologías para la producción de café arábigo orgánico", Consejo Cafetalero Nacional. Ecuador.
  - (4) FAO, 2003. "Organic and Fair Trade Bananas and Environmental and Social Certification in the Banana Sector Committee on Commodity
-

*Problems*". Intergovernmental Group on Bananas and on Tropical Fruits.

Third Session Puerto de la Cruz, Spain.

- (5) Fontagro, 2004. *"Innovaciones tecnológicas para el manejo y mejoramiento de la calidad y salud de suelos bananeros de América Latina y el Caribe"*.  
<http://web.catie.ac.cr/inibap/historia/docs/Proyecto%20Calidad%20de%20Suelos%20FONTAGRO.pdf#search=%22beneficios%20de%20las%20enmiendas%20organicas%20en%20el%20cultivo%20del%20banano%20>  
2., (visitada Agosto 3, 2006).
  
- (6) Fontagro, 2004. *"¿Qué es el compostaje?"*  
<http://web.catie.ac.cr/inibap/historia/docs/Proyecto%20Calidad%20de%20Suelos%20FONTAGRO.pdf#search=%22beneficios%20de%20las%20enmiendas%20organicas%20en%20el%20cultivo%20del%20banano%20>  
2 (visitada Agosto 3, 2006).
  
- (7) INFOAGRO, *"El compostaje?"*.  
<http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp>, (visitada Julio 28, 2006).

- (8) Compiladores: Martínez C. Claudia y Ramirez F. Leonel, 2000. *"Lombricultura y Agricultura Sustentable"*. México.
- (9) *"Manual para extensionistas, promotores y productores del campo"*, 2001, (<http://ppathw3.cals.cornell.edu/iipmweb/Chapter7.pdf>, (visitada Julio 5, 2006).
- (10) Merrill, R., and McKeon, J., 1998. *"Organic Teas from Compost and Manure"*. Organic Farming Research Foundation Project Report #97-40. Santa Cruz, California.
- (11) Molinero Luís M., Diciembre 2002. *"Métodos Estadísticos de clasificación"*. [www.seh-lelha.org/stat1.htm](http://www.seh-lelha.org/stat1.htm). (Visitada Agosto 15, 2006).
- (12) N. M. Downie y R. W. Heath, 1986 *"Métodos Estadísticos Aplicados"*, quinta Edición. New York: Harper & Row.
- (13) Pardo R. Nelson, Martínez D. Héctor, Durán N. Luís Felipe, Rincón S. Javier y Rosa R. Antonio, 2004. *"Volvamos al Campo: Manual de cultivos Orgánicos y Alelopatía"*. Grupo Latino LTDA. Colombia.

- (14) Rencher A., 1998. *"Multivariate Statistical Analysis and Applications"*.  
Wiley series in Probability and Statistics, New Cork.
- (15) Rosales, Franklin E. y Ramiro Jaramillo, 2006. *"Calidad de Vida en la Rizosfera del Banano: Una visión de nuevas iniciativas en América Latina"*, [http://www.acorbat2006.org/imagenes/ANEXO\\_6.doc](http://www.acorbat2006.org/imagenes/ANEXO_6.doc)(visitada Agosto 2, 2006).
- (16) Suquilanda B. Manuel, 1996. *"Serie Agricultura Orgánica"*. Editorial: Fundación para el Desarrollo Agropecuario. Ecuador.
- (17) Wolf Benjamin and Snyder H. George, 2003. *"Sustainable Soils: the Place of Organic Matter in sustaining Soils and their Productivity"*. Food Products Press. Binghamton, New York.
-