

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR

NEKAZARITZAKO INGENIARIEN

DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA

Efecto de diferentes extractos orgánicos en brócoli y lechuga

presentado por

AMANDA BALDOCHI SOUZA

aurkeztua

MÁSTER UNIVERSITARIO EN

AGROBIOLOGÍA AMBIENTAL

Septiembre, 2017 / Iraila, 2017

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	1
2.1. HORTOFRUTICULTURA EN NAVARRA	1
2.2. MATERIALES DE PARTIDA Y EXTRACTOS ORGÁNICOS.....	2
2.3. EXTRACTOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS EN CONTROL DE ENFERMEDADES.....	3
2.4. USOS DE EXTRACTOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS EN HORTICULTURA.....	4
3. OBJETIVOS	5
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
4.1. ABONOS ENSAYADOS	6
4.1.1 CARACTERIZACIONES DE LOS DISTINTOS EXTRACTOS ORGÁNICOS	6
4.1.2 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES HIJAS	9
4.1.3 TRATAMIENTOS ENSAYADOS	10
4.2. MATERIAL VEGETAL.....	11
4.3. DISEÑO DEL ENSAYO.....	12
4.4. INSTALACIONES.....	13
4.5. MANEJO DEL CULTIVO	15
4.5.1. RECOLECCIÓN	15
4.6. PARÁMETROS ANALIZADOS.....	15
4.6.1 PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO.....	16
4.6.2 ANÁLISIS QUÍMICOS	17
4.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICOS	19

5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1.	EVOLUCIÓN GENERAL DE LOS ENSAYOS	20
5.2.	RESULTADOS DE LECHUGA	21
5.2.1.	PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO.....	21
5.2.2.	ANÁLISIS QUÍMICO	28
5.3.	RESULTADOS DE BRÓCULI	41
5.3.1.	PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO.....	41
5.3.2.	ANÁLISIS QUÍMICO	47
6.	DISCUSIÓN	60
7.	CONCLUSIONES.....	64
8.	BIBLIOGRAFÍA	65
	ANEJO FOTOGRÁFICO.....	70
	ANEJO ESTADÍSTICO	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación de los diferentes extractos orgánicos obtenidos (Astiz, 2017).....	6
Tabla 2. Resumen de las principales variables de los extractos ensayados: Peso seco (DW), pH, conductividad eléctrica (cE), N orgánico (%), Nitrato (N-NO ₃), amonio (NH ₄), N total, aminoácidos totales (N-AA), carbono orgánico, Relación C/N, pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅) y óxido de potasio (K ₂ O).....	8
Tabla 3. Resumen de los macronutrientes principales (P y K), macronutrientes secundarios (S, Ca, Mg), Oligoelementos (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), metales pesados (Cd, Cr, Ni, Pb) y otros elementos (Na) en mg/L.....	8
Tabla 4. Preparación de las soluciones hijas: tipos de soluciones madre, tratamientos y mL de los extractos de té añadidos en 1500 mL de solución hija.....	9
Tabla 5. Días y cantidades (mL) de solución hija aplicados. *Aplicado sólo en brócoli.....	10
Tabla 6. Cantidad total de nitrógeno (N), pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅) y óxido de potasio (K ₂ O) aplicados en lechuga y brócoli.....	11
Tabla 7. Parámetros analizados en las muestras vegetales.....	15
Tabla 8. Promedio de los valores de Peso fresco (PF), Peso Seco (PS), materia seca, SPAD, necrosis en los bordes de las hojas, arropollado obtenidos en cada tratamiento y nivel de significancia de la ANOVA en los ensayos con lechuga. Valores con * presentaran diferencias significativas.....	22
Tabla 9. Valores medios de los análisis químicos de los tratamientos 0, 10L, 20L, 30L, 40L y 50L en lechuga y el nivel de significancia de los ANOVAs. Valores con * presentaran diferencias significativas.....	28
Tabla 10. Valores de Peso fresco (PF), Peso Seco (PS), materia seca, SPAD y número de hojas obtenidos en cada tratamiento en los ensayos con brócoli, y el nivel de significancia del ANOVA. Valores con * presentaron diferencias significativas.....	41
Tabla 11. Valores medios de los análisis químicos de los tratamientos 0, 10L, 20L, 30L, 40L y 50L en brócoli y el nivel de significancia de los ANOVAs. Valores con * presentaran diferencias significativas.....	47
Tabla 12. Resultado de la ANOVA a 0,05% de nivel de significancia (α), en los ensayos de lechuga.....	73

Tabla 13. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para peso fresco en los ensayos con lechuga	76
Tabla 14. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para peso seco en los ensayos con lechuga.....	77
Tabla 15. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para necrosidad en los bordes de hoja en los ensayos con lechuga	78
Tabla 16. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para arropollado en los ensayos con lechuga	79
Tabla 17. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Nitrógeno total en los ensayos con lechuga ...	80
Tabla 18. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Carbono total en los ensayos con lechuga	80
Tabla 19. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Boro (B) en los ensayos con lechuga	80
Tabla 20. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Cromo (Cr) en los ensayos con lechuga.....	81
Tabla 21. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de cobre (Cu) en los ensayos con lechuga.....	81
Tabla 22. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de calcio (Ca) en los ensayos con lechuga.....	81
Tabla 23. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de potasio (K) en los ensayos con lechuga	82
Tabla 24. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Hierro (Fe) en los ensayos con lechuga.....	82
Tabla 25. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de magnesio (Mg) en los ensayos con lechuga	82
Tabla 26. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de manganeso (Mn) en los ensayos con lechuga .	83
Tabla 27. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de molibdeno (Mo) en los ensayos con lechuga ..	83

Tabla 28. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de sodio (Na) en los ensayos con lechuga.....	83
Tabla 29. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de níquel (Ni) en los ensayos con lechuga	84
Tabla 30. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de fósforo (P) en los ensayos con lechuga	84
Tabla 31. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de azufre (S) en los ensayos con lechuga	84
Tabla 32. Resultado de la ANOVA a 0,05% de nivel de significancia (α), en los ensayos de brócoli.....	85
Tabla 33. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para peso fresco en los ensayos con brócoli.....	88
Tabla 34. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para peso seco en los ensayos con brócoli	89
Tabla 35. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para intensidad luminosa (SPAD) en los ensayos con brócoli	90
Tabla 36. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para número de holas por planta en los ensayos con brócoli	91
Tabla 37. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de nitrógeno total en los ensayos con brócoli	92
Tabla 38. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de carbono total en los ensayos con brócoli.....	92
Tabla 39. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de boro (B) en los ensayos con brócoli.....	92
Tabla 40. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de calcio (Ca) en los ensayos con brócoli	93
Tabla 41. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de cromo (Cr) en los ensayos con brócoli	93
Tabla 42. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de cobre (Cu) en los ensayos con brócoli.....	93
Tabla 43. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de hierro (Fe) en los ensayos con brócoli.....	94

Tabla 44. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de potasio (K) en los ensayos con brócoli	94
Tabla 45. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de magnesio (Mg) en los ensayos con brócoli	94
Tabla 46. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de manganeso (Mn) en los ensayos con brócoli ..	95
Tabla 47. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de molibdeno (Mo) en los ensayos con brócoli ...	95
Tabla 48. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de sodio (Na) en los ensayos con brócoli	95
Tabla 49. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de fósforo (P) en los ensayos con brócoli.....	96
Tabla 50. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de azufre (S) en los ensayos con brócoli	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Soluciones hijas preparadas a partir de los extractos de té y de una solución mineral.....	10
Figura 2. Parcela elemental de cada tratamiento en cada ensayo, constituida por 2 macetas de lechuga y 2 macetas de brócoli.	12
Figura 3. Distribución de los tratamientos en las repeticiones I y II de los ensayos.....	13
Figura 4. Distribución de las macetas de los ensayos en la mesa de cultivo del invernadero de la finca de prácticas de la Universidad Pública de Navarra.....	13
Figura 5. Macetas con vermiculita sistema de riego por goteo.	14
Figura 6. Riego por micro aspersión en el día de inicio de los tests	14
Figura 7. Pesaje de las plantas tras recolección.....	16
Figura 8. Medición de intensidad de coloración con el aparato SPAD-502. Obsérvese que la planta está ligeramente arropollada.	17
Figura 9. Aparato Leco TruSpec. Fuente: https://es.leco-europe.com/product/truspec-micro/	18
Figura 10. Equipo ICP-OES Iris Intrepid II XDL. Fuente: CEBAS-CSIC	19
Figura 11. Cuadro fotográfico de seguimiento de los ensayos de lechuga y brócoli.....	21
Figura 12. Diagrama de cajas con valores de peso fresco (g/planta) de cada tratamiento en lechuga.....	23
Figura 13. Fotos del ensayo de lechuga a diferentes tratamientos y análisis gráfico, con las medias y error estándar, de los valores observados de peso fresco (g/planta). Tratamientos 10: Agroindustrial; 20: biorresiduo; 30: vermicompost; 40: subproducto animal mezcla; 50: Subproducto avícola; 99: abono mineral.	24
Figura 14. Comparación de cada dosis de abono (S: “baja”, M: “media” y L “alta”) frente a los diferentes tipos de abonos utilizados. Tratamiento 10: Agroindustrial; tratamiento 20: biorresiduo; tratamiento 30: vermicompost; tratamiento 40: subproducto animal mezcla; tratamiento 50: Subproducto avícola; Tratamiento 99: abono mineral.....	25
Figura 15. Diagrama de cajas con valores de peso seco (g/planta) de cada tratamiento en lechuga.....	26
Figura 16. Diagrama de cajas con valores de necrosis en los bordes para cada tratamiento en los ensayos con lechuga.	27

Figura 17. Diagrama de cajas con valores de arpeollado de los tratamientos ensayados con lechuga.....	28
Figura 18. Contenido de Nitrógeno total (Ntotal) en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.....	29
Figura 19. Contenido de fósforo (P), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	30
Figura 20. Contenido de potasio (K), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	31
Figura 21. Contenido de Carbono total (C total) em g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.....	31
Figura 22. Contenido de azufre (S) em g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	32
Figura 23. Contenido de calcio (Ca), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	33
Figura 24. Contenido de magnesio (Mg), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	33
Figura 25. Contenido de Boro (B), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	34
Figura 26. Contenido de cobre (Cu), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	34
Figura 27. Contenido de Hierro (Fe), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	35
Figura 28. Contenido de Manganeso (Mn), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	36
Figura 29. Contenido de Molibdeno (Mo), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	36
Figura 30. Contenido de cinc (Zn), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	37
Figura 31. Contenido de Cadmio (Cd), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	38
Figura 32. Contenido de Cromo (Cr), en mg/kg de los tratamientos testigo, 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	38

Figura 33. Contenido de Níquel (Ni), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	39
Figura 34. Contenido de plomo (Pb) del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.....	40
Figura 35. Contenido de sodio (Na) del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.....	40
Figura 36. Diagrama de cajas con valores de peso fresco (g/planta) de cada tratamiento en los ensayos con brócoli.....	42
Figura 37. Fotos del ensayo de brócoli a diferentes tratamientos y análisis gráfico de los valores observados de peso fresco (g/planta). Tratamientos 10: Agroindustrial; 20: biorresiduo; 30: vermicompost; 40: subproducto animal mezcla; 50: Subproducto avícola; 99: abono mineral.	43
Figura 38. Comparación de cada dosis de abono (S: “baja”, M: “media” y L “alta”) frente a los diferentes tipos de abonos utilizados. Tratamiento 10: Agroindustrial; tratamiento 20: biorresiduo; tratamiento 30: vermicompost; tratamiento 40: subproducto animal mezcla; tratamiento 50: Subproducto avícola; Tratamiento 99: abono mineral.....	44
Figura 39. Diagrama de cajas con valores de peso seco (g/planta) de cada tratamiento en los ensayos con brócoli.....	45
Figura 40. Diagrama de cajas con valores del índice SPAD para cada tratamiento en los ensayos con brócoli.	46
Figura 41. Diagrama de cajas respecto el número de hojas por planta de cada tratamiento en los ensayos con brócoli.....	46
Figura 42. Contenido de Nitrógeno total (N total) en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	48
Figura 43. Contenido de fósforo (P), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	49
Figura 44. Contenido de potasio (K), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	49
Figura 45. Contenido de carbono total (C total), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	50
Figura 46. Contenido de azufre (S) en g/100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	51

Figura 47. Contenido de calcio (Ca) en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	51
Figura 48. Contenido de magnesio (Mg), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	52
Figura 49. Contenido de Boro (B), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	53
Figura 50. Contenido de cobre (Cu), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	53
Figura 51. Contenido de Hierro (Fe), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	54
Figura 52. Contenido de Manganeso (Mn), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	55
Figura 53. Contenido de Molibdeno (Mo), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	55
Figura 54. Contenido de cinc (Zn), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	56
Figura 55. Contenido de Cadmio (Cd), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	57
Figura 56. Contenido de Cromo (Cr), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	57
Figura 57. Contenido de Níquel (Ni), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	58
Figura 58. Contenido de plomo (Pb), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	59
Figura 59. Contenido de sodio (Na), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.	59

RESUMEN

La horticultura convencional es generalmente caracterizada por el uso de una gran cantidad de insumos externos no renovables como los fertilizantes de síntesis derivados del petróleo y diversos tipos de pesticidas que reducen la sostenibilidad ambiental de los agrosistemas. Los abonos orgánicos permiten mejorar su sostenibilidad, y además pueden generar distintos beneficios agronómicos, como el aumento de productividad y control de plagas. En el presente trabajo se evalúan distintos abonos orgánicos líquidos a 3 distintas dosis – baja, mediana y alta - en cultivos de lechuga y brócoli. Para ello se realizaron ensayos en invernaderos en macetas de 0,5 L rellenas con vermiculita. Tras seis semanas de cultivo se aprecian importantes diferencias entre los distintos tratamientos ensayados tanto en términos de desarrollo de los cultivos como de su composición elemental. El tratamiento con vermicompost fue el que resultó en un mayor crecimiento en ambos ensayos, por encima del tratamiento mineral.

Palabras-clave: Tés de compost, vermicompost, agricultura ecológica

ABSTRACT

Conventional horticulture is generally characterized by the use of great amount of nonrenewal external inputs, like fertilizers derived from petroleum and many kinds of pesticides that reduce the sustainability of agro systems. On the other hand, organic fertilizers enable a more sustainable environment, since many of them improve production and control some agricultural plagues. This present study evaluated different liquid organic fertilizers at 3 different concentrations – low, medium and high - in the cultivation of lettuce and broccoli. To do so essays were assembled in a greenhouse using 0,5 L pots filled with vermiculite. After 6 weeks of cultivation, significant differences between the different treatments were observed in the development of the cultivations and in their elemental composition. The treatment using vermicompost at greater doses was the responsible for the biggest growth both in lettuce and in broccoli, above the results obtained with mineral treatment.

Keywords: Compost tea, vermicompost, organic farming

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura convencional, ampliamente empleada por las corporaciones y difundida tras la revolución verde, es generalmente caracterizada por el uso de una gran cantidad de insumos externos como fertilizantes sintéticos y pesticidas, resultando en una extrema dependencia de recursos no-renovables al mismo tiempo que aumenta la erosión de los suelos, disminuyendo su fertilidad, reduce la biodiversidad, provoca el acúmulo de sustancias químicas en el suelo, el agua y también en los alimentos producidos, además de ocasionar riesgos a la salud de las personas que aplican los pesticidas (Matson *et al.* 1997; Tilman, 1999; Reganold *et al.*, 2001) y potencialmente de las consumidoras (Bolognesi y Morasso, 2000; Saba y Messina, 2003). La agricultura sostenible, en particular la agricultura orgánica de carácter más familiar, surge con el objetivo de resolver esta serie de problemas ambientales, de seguridad y de salud que han surgido por las prácticas de la agricultura convencional (Biao *et al.* 2003; Islam *et al.* 2016).

La aplicación de compost siempre ha sido una práctica común en agricultura orgánica, sin embargo, el concepto de té de compost se está volviendo bastante popular en la agricultura orgánica durante los últimos años (Shaheen *et al.* 2013). Tés de compost son productos líquidos derivados de compost que pueden potencialmente inducir efectos positivos en cultivos agrícolas, como la supresión de algunas enfermedades (Scheuerell y Mahaffee 2002; Haggag y Saber 2007) y bioestimulación del estado general de la planta (Pane *et al.* 2016). Estos productos están siendo objeto de un número creciente de estudios para comprobar su potencial en la producción de cultivos más sanos al ambiente y las personas, sin embargo, es todavía muy grande el desconocimiento sobre sus efectos en los cultivos.

2. ANTECEDENTES

2.1. HORTOFRUTICULTURA EN NAVARRA

El sector de la hortofruticultura ocupa alrededor de 15% de la tierra cultivable en la Comunidad de Navarra, y de las 10.165 explotaciones existentes, el 25% corresponde a hortalizas, con una gran variedad de cultivos, en su mayoría con destino industrial; entre ellos, destacan espárragos, alcachofa, tomate y pimientos, en cultivos de verano, y cardo,

borraja, acelga, brócoli y coliflor en cultivos de invierno (Nuez y Llácer, 2001). Además de la producción de hortalizas y frutas, Navarra posee una de las agroindustrias más importantes del país (Nuez y Llácer, 2001).

La hortofruticultura en Navarra está en proceso de transición hacia modelos de producción más sostenibles debido a la cada vez mayor exigencia de las legislaciones y de los mercados a los que van dirigidos sus productos. Destaca el aumento de sistemas producidos bajo distintos sellos de calidad (Producción Integrada, Denominaciones de Origen, entre otros) y en especial el incremento de la producción de productos producidos bajo el sello de producción ecológica tanto para el mercado estatal como externo. Según datos del Consejo de la Producción Agraria Ecológica de Navarra, hay en la Provincia 48.025 hectáreas de agricultura ecológica, 117 empresas de producción vegetal y 33 empresas de producción animal (Consejo de la Producción Agraria Ecológica de Navarra, 2017).

En este sentido está aumentando el interés por abonos orgánicos de distintos tipos. Entre ellos destacan el creciente interés por los abonos líquidos por la rápida disponibilidad de los nutrientes que contiene y por la facilidad de su aplicación por medio de la práctica de la fertirrigación. Recordar que la mayor parte de las áreas de producción intensiva de hortalizas de Navarra se cultivan por goteo o por aspersión. En ambos casos es posible la dosificación de abonos líquidos por medio de los inyectores en los cabezales de riego.

2.2. MATERIALES DE PARTIDA Y EXTRACTOS ORGÁNICOS

El valor nutricional y propiedades de los extractos orgánicos varía en gran medida dependiendo de la naturaleza de las materias primas compostadas. Compost, estiércoles y residuos no compostados de plantas y animales presentan efectos muy diversos en el equilibrio de la microflora del suelo y en las plagas y enfermedades de las plantas, por lo cual el papel de materia orgánica es bastante importante en el proceso (Kim *et al.* 2015), así como la forma de realizar el extracto (Ingham, 2005; Litterick *et al.* 2004).

Compost y vermicompost son procesos biológicos ampliamente recomendados en la transformación de desechos orgánicos en enmiendas útiles para el suelo (Domínguez, *et al.* 1997) y, aunque ambos son procesos biooxidativos que estabilizan la materia orgánica, hay diferencias importante entre ellos (Tognetti *et al.* 2005). El compost incluye una fase termófila (45 a 65 °C), durante la cual ocurre la degradación de la materia orgánica lábil y

los patógenos son efectivamente reducidos (Zucconi y De Bertoldi, 1987). Por otra parte, el vermicompost es un producto derivado de la acelerada degradación biológica de los restos orgánicos por lombrices y microorganismos, que resulta en una alteración de las propiedades físicas y químicas de la materia orgánica, llevando a un efecto de humificación, en el cual la materia orgánica inestable es totalmente oxidada y estabilizada, pero sin que ocurra una fase termófila, pues temperaturas por encima de 35°C matan las lombrices (Arancon y Edwards 2005).

Según Scheuerell y Mahaffee (2002), hay 2 métodos comunes para se obtener tés de compost, un aireado y otro no aireado, sin embargo los 2 métodos se desarrollan de la fermentación de un compost en agua por un período determinado de tiempo. Al pasar el agua a una presión suficiente a través del compost, los microorganismos y los nutrientes minerales pueden ser extraídos, quedando de esa manera, en el líquido (Ingham 2005). A diferencia de los tés de compost, los extractos orgánicos no tienen origen de un compost, si no de materia orgánica no compostada.

2.3. EXTRACTOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS EN CONTROL DE ENFERMEDADES

El descubrimiento de que extractos orgánicos pueden suprimir algunos agentes patógenos conllevó al desarrollo de extractos fortificados durante la última década del siglo XX (Zinati 2005).

Investigadores del laboratorio de Ecología de los Suelos de la Universidad de Ohio han demostrado un considerable potencial de los vermicomposts, producidos a partir de un variado rango de desechos orgánicos, particularmente los provenientes de ganado, cerdos, papel y restos de comida, en la supresión de enfermedades en plantas, cómo *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Plectosporium* y *Verticillium*, nematodos parásitos como los quistes del nematodo de la soja, *Heterodera*, y del género *Meloidogyne*, así como las plagas artrópodos blanquita de la col, el escarabajo del pepino, el gusano del tomate, las cochinillas de la harina, los ácaros y áfidos (Arancon *et al.* 2007).

Dichas propiedades de supresión de patógenos están esencialmente relacionadas con la proliferación de diversas comunidades microbianas en los extractos orgánicos, por lo cual diferentes modos de acción asociados al antagonismo microbiológico juegan un papel en la supresión de enfermedades, bien por resistencia inducida, antibiosis o competición

(Scheuerell y Mahaffee 2002), por lo que los extractos líquidos pueden substituir total o parcialmente el uso de fungicidas sintéticos (Pane *et al.* 2012) y otros plaguicidas.

2.4. USOS DE EXTRACTOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS EN HORTICULTURA

Además de la función de prevención y control de enfermedades, hay un creciente número de estudios respecto la estimulación directa de los tés en la respuesta vegetativa de diversas plantas, como en el gombo (Siddiqui *et al.* 2008); en la col china (Pant *et al.* 2012), en pepinos (Xu *et al.* 2012) y en tomates (Pane *et al.* 2016), todos con resultados bastante positivos de aumento de productividad ocasionada por el uso de los tés.

Respecto de los cultivos de interés de este Trabajo de Fin de Máster, diversas investigaciones han sido llevadas a cabo. Sanwal y colaboradores (2006) han encontrado que el uso de materiales orgánicos sólidos y de tés de compost reducían la acidez de los suelos y favorecían el contenido de materia orgánica, aumentando la disponibilidad de nutrientes en los suelos, lo que resultó en una mayor productividad y calidad de cultivos de brócoli y en una reducción de los costes en insumos. Por otra parte, Jayamangkala y colaboradores (2015), que evaluaron el efecto de aplicación de diferentes porcentajes de fertilizantes orgánicos en el diámetro de la planta, número y diámetro de las hojas, peso y altura de muestras de brócoli, encontraron los mayores valores del promedio de todos los parámetros vegetativos analizados, a excepción del diámetro de la hoja, en el tratamiento con fertilización inorgánica, lo que fue atribuido a su alto contenido de formas rápidamente asimilables de nitrógeno.

En estudios de Pane y colaboradores (2014) los ensayos de lechuga tratados con té de compost ocasionaron un mejor estado fisiológico y nutricional de las plantas, que resultó en un aumento del rendimiento de los cultivos de lechuga en un 24%. Testes en lechuga a diferentes dosis con fertilización inorgánica (200 kg.N.ha⁻¹ y 400 kg.N.ha⁻¹ NH₄NO₃), orgánica (200 kg.N.ha⁻¹ y 400 kg.N.ha⁻¹ fertilización orgánica) y un tratamiento orgánico de 200 kg.N.ha⁻¹ fertilización en conjunto con una fertilización orgánica líquida (360 mL a cada 3-4 días), presentaron los mejores resultados en el tratamiento combinado con la fertilización líquida, con un aumento de 29%-35% de longitud y 14% de ancho comparadas al tratamiento control (Liu *et al.* 2014).

Corroborando esos hallazgos, en testes de crecimiento de plantas con extractos provenientes de una mezcla de hierbas medicinales orientales y té de vermicompost, Kim y colaboradores (2015) encontraron un aumento significativo en el crecimiento de raíces y brotes en lechuga, así como en el número, en la longitud y en el ancho de las hojas.

3. OBJETIVOS

Evaluar efecto en plantas cultivadas en macetas de lechuga y brócoli de extractos orgánicos líquidos, o tés orgánicos, derivados de diferentes materias orgánicas y obtenidos por distintos mecanismos de extracción.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Para evaluar los distintos extractos orgánicos se realizaron dos ensayos en macetas, uno con brócoli y otro con lechuga, en un invernadero situado en la Finca de Prácticas de la Universidad Pública de Navarra. En dicho ensayo se compararon distintos abonos líquidos aplicados a 3 diferentes dosis de N y se compararon con un testigo mineral y con un control no abonado.

4.1. ABONOS ENSAYADOS

Los abonos ensayados fueron extractos líquidos obtenidos en un experimento anterior llevado a cabo en el trabajo de Fin de Estudios de Máster en Ingeniería Agronómica realizado por Fermín Astiz (Astiz, 2017).

4.1.1 CARACTERIZACIONES DE LOS DISTINTOS EXTRACTOS ORGÁNICOS

En total se ensayaron 11 extractos de productos orgánicos, tal y como se observa en la Tabla 1, y un testigo mineral. La solución mineral fue preparada a partir de la solución nutritiva propuesta por Hoagland y Arnon (1950).

Tabla 1 Relación de los diferentes extractos orgánicos obtenidos (Astiz, 2017).

Extracto	Material de partida	Método de extracción
10	Compost a partir de residuos orgánicos de industrias (agroindustrial)	No aireada
11		Aireada
12		No aireada + cal
20	Compost a partir de residuos orgánicos domésticos (Biorresiduo)	No aireada
21		Aireada
22		No aireada + cal
30	Vermicompost	No aireada
31		Aireada
32		No aireada + cal
40	Subproducto animal mezcla	No aireada
50	Subproducto avícola	No aireada

Según Astiz (2017) el efecto de la aireación durante la extracción, así como de la adición de bases, no tuvieron mucha influencia en las características de los extractos obtenidos en ese estudio. Por otra parte, el material sólido de partida sobre el que se realizaron las

extracciones tuvo influencia directa importante en las características finales de los extractos obtenidos.

Las principales características de los extractos ensayados se presentan en la Tabla 2 y Tabla 3 y serán resumidas a continuación.

4.1.1.1 Extractos de compost orgánico industrial - 10, 11, 12

Los extractos 10, 11 y 12 presentaron valores de conductividad eléctrica similares, un 2,2. A pesar del uso de la cal en el tratamiento 12, no ha alterado el pH cuando comparado al tratamiento 10, ambos con 6,9. Además se nota el segundo mayor valor de nitrógeno nítrico, entre un 163 y 187,5 ppm. La concentración de nitrógeno amónico, por otra parte, fue la más pequeña, variando de 3,6 a 4,4 ppm.

4.1.1.2 Extractos de compost orgánico doméstico – 20, 21, 22

Esos extractos presentaran un pH 7,4 (extractos 20 y 21) y 7,6 (extracto 22, al cual se añadió cal) y conductividad entre un 2,31 y 2,39, el mayor valor observado. También poseen elevado contenido de nitrógeno amonio, entre un 79,8 y 85,3 ppm y altos valores de Nitrógeno total, 380 ppm en el tratamiento 20, 420 ppm en el tratamiento 21 y 450 ppm en el tratamiento 22.

4.1.1.3 Extractos de vermicompost – 30, 31, 32

Los extractos 30, 31 y 32 presentaron los menores valores de conductividad eléctrica – entre un 1,73 y 1,81; los valores de pH variaron entre 6,5 y 7,3, ese último valor en el extracto al cual se añadió cal. Además, esos extractos presentaron los valores más elevados de contenido de nitrógeno nítrico, entre un 349 y 377 ppm.

4.1.1.4 Extracto de subproducto animal mezcla - 40

El extracto de subproducto animal mezcla presentó los más elevados contenidos de Nitrógeno total (1.060 ppm) y nitrógeno amónico, 431,1 ppm. Por otra parte, el contenido de nitrógeno nítrico ha sido uno de los más bajos, con apenas 0,25 ppm. El contenido de materia orgánica también fue el más alto, con 7,66 g/kg de muestra.

4.1.1.5 Extracto de subproducto avícola - 50

Semejantemente al extracto de subproducto animal mezcla, el extracto de subproducto avícola también presentó elevado contenido de Nitrógeno total (780 ppm) y de nitrógeno

amónico: 214,2 ppm, y 0 ppm de nitrógeno nítrico. La concentración de materia orgánica también fue elevada, con 5,86 g/kg de muestra.

Tabla 2. Resumen de las principales variables de los extractos ensayados: Peso seco (DW), pH, conductividad eléctrica (cE), N orgánico (%), Nitrato (N-NO₃), amonio (NH₄), N total, aminoácidos totales (N-AA), carbono orgánico, Relación C/N, pentóxido de fósforo (P₂O₅) y óxido de potasio (K₂O).

	10	11	12	20	21	22	30	31	32	40	50
DW (g/100g)	0,8	0,7	0,4	0,7	0,7	0,9	0,4	0,4	0,4	1	0,6
pH final	6,9	7,2	6,9	7,4	7,4	7,6	6,5	6,9	7,3	6	5,9
cE final	2,19	2,2	2,2	2,33	2,39	2,31	1,8	1,73	1,81	2,07	0,78
N-NO₃ (ppm)	165	188	163	0,7	0,7	0,8	360	377	349	0	0
NH₄ (ppm)	4,4	4	3,6	79,8	83,6	85,3	10,8	13,9	10,3	431,1	214,2
N-AA tot (ppm)	0,08	0,21	0,14	0,19	0,06	0,07	0,07	0,08	0,06	4,38	6,58
N_{org} (%)	0,1	0,09	0,1	0,27	0,25	0,24	0,19	0,2	0,18	1,11	0,78
N Total ppm	240	190	170	380	420	450	120	100	110	1060	780
Mat orgánica (g/kg)	2,94	2,36	1,35	2,97	3	3,89	2,61	2,32	2,52	7,66	5,86
C_{org} g/kg	1,7	1,37	0,79	1,72	1,74	2,26	1,51	1,35	1,46	4,44	3,4
Relación C/N	7,16	7,42	4,72	5,97	5,21	7,15	16,85	19,15	19,75	4,41	5,37
P₂O₅ (g/kg)	0,1	0,07	0,04	0,07	0,06	0,1	0,03	0,03	0,03	0,42	0,09
K₂O (g/kg)	0,72	0,67	0,53	0,82	0,83	0,87	0,63	0,74	0,68	0,48	0,06

Tabla 3. Resumen de los macronutrientes principales (P y K), macronutrientes secundarios (S, Ca, Mg), Oligoelementos (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), metales pesados (Cd, Cr, Ni, Pb) y otros elementos (Na) en mg/L.

	10	11	12	20	21	22	30	31	32	40	50	99	Sig.
P	1 b	1 b	1 b	5 b	4 b	4 b	5 b	6 b	5 b	74 b	30 b	2399 a	0,000
K	747 b	799 b	695 b	847 b	805 b	779 b	652 b	681 b	633 b	551 b	110 c	3479 a	0,000
S	128 b	134 b	117 c	96 d	93 d	89 d	30 f	31 f	29 f	53 e	55 e	684 a	0,000
Ca	166 b	155 b	160 b	81 c/d	84 c/d	93 c	168 b	158 b	163 b	41 d/e	52 c/d	901 a	0,000
Mg	37 b	38 b	34 b	12 b	13 b	13 b	52 b	53 b	51 b	9 b	14 b	2048 a	0,000
B	0 c	0 b	0 c	0 b	0 b	0 b	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 a	0,000
Cu	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	- c	1 a	0,000
Fe	0 c	0 c	0 c	11 a	11 a	9 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	1 c	0,000
Mn	0 b/c	0 b/c	0 b/c	0 c/d	0 c/d	0 c/d	0 b	0 b	0 b	0 d	0 c/d	1 a	0,000
Mo	0 c	0 b	0 c	0 a	0 a	0 a	0 d	0 d	0 d	- d	- d	- d	0,000
Zn	0 d	0 d	0 d	0 a	0 a	0 b	0 d	0 d	0 d	0 d	0 d	0 c	0,01
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cr	- c	- c	- c	0 a	0 a	0 b	- c	- c	- c	- c	- c	0 a	0,000
Ni	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	- a	0 a	0,481
Pb	-	-	- a	0,02 a	0,02 a	0,01 a	- a	- a	- a	0,01 a	- a	- a	0,497
Na	297 c/d	318 c	278 d	442 b	420 b	408 b	66 e/f	66 e/f	64 e/f	693 a	99 e	34 f	0,000

4.1.2 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES HIJAS

Para llevar a cabo las aplicaciones de los tratamientos se aplicaron a cada maceta cada semana 90 mL de una solución hija elaborada a partir de los extractos originales descritos en el apartado 4.1, tal y como se resume en la Tabla 4 (abajo). Con las soluciones hijas se pretendía diluir los distintos extractos hasta igualar la cantidad de N total contenido en 90 mL de solución hija aplicado con los distintos productos.

Tabla 4. Preparación de las soluciones hijas: tipos de soluciones madre, tratamientos y mL de los extractos de té añadidos en 1500 mL de solución hija

Té	Tratamiento	mL de extracto / 1500 solución hija
10 - Agroindustrial	10 S	100
	10 M	200
	10 L	800
	11	200
	12	200
20 - Biorresiduo	20 S	60
	20 M	120
	20 L	480
	21	120
	22	120
30 - Vermicompost	30 S	180
	30 M	375
	30 L	1500
	31	375
	32	375
40 - Subproducto animal mezcla	40 S	20
	40 M	40
	40 L	160
50 - Subproducto avícola	50 S	30
	50 M	60
	50 L	240
99 - Mineral	99 S	6
	99 M	12
	99 L	48

Como criterio general, los abonos orgánicos se aplicaron cuando se manifestaron diferencias visuales entre los tratamientos M y L. Para hacer las soluciones hijas se disolvían las cantidades de extractos descritas en la Tabla 4 y se enrasaba a 1500 ml con agua desionizada. (Figura 1).



Figura 1. Soluciones hijas preparadas a partir de los extractos de té y de una solución mineral

Las aplicaciones de las soluciones hijas fueron aplicadas tal y como se describe en la Tabla 5, con 4 aplicaciones en el ensayo de lechuga y 5 aplicaciones en el ensayo con brócoli.

Tabla 5. Días y cantidades (mL) de solución hija aplicados. *Aplicado sólo en brócoli.

	Aplicación abonos	Días desde plantación	mL acumulados aplicados solución hija
1ª aplicación	03/03	10	90
2ª aplicación	10/03	17	180
3ª aplicación	17/03	24	270
4ª aplicación	24/03	31	360
5ª aplicación	30/03*	37	450

4.1.3 TRATAMIENTOS ENSAYADOS

Los tratamientos ensayados se encuentran resumidos en la Tabla 4 y corresponden a un testigo no abonado (tratamiento 0), los extractos descritos en el apartado 4.1.2 y una solución mineral completa, (tratamiento 99). Todos ellos se aplicaron a tres dosis crecientes S, M y L, igualadas en función de su contenido de N, a saber:

- Concentración S: dosis 1, más baja de nitrógeno, correspondiente a aplicación de 5 mg N/planta en 4 aplicaciones para lechuga y de 6,5 mg N/planta en 5 aplicaciones para brócoli;
- Concentración M: dosis 2, intermedia de nitrógeno, correspondiente al doble de la concentración S: 10 mg N/planta en 4 aplicaciones para lechuga y 13 mg N/planta en 5 aplicaciones para brócoli;

- Concentración L: dosis 3, más alta de nitrógeno, correspondiente a 4 veces la concentración M: 40 mg N/planta en 4 aplicaciones para lechuga y 52 mg N/planta en 5 aplicaciones para brócoli.

Una vez que los extractos líquidos han sido restados con agua, la Tabla 6 presenta los valores finales, en miligramos, de nitrógeno (N), pentóxido de fósforo (P₂O₅) y óxido de potasio (K₂O) tras 4 aplicaciones en lechuga y 5 en brócoli.

Tabla 6. Cantidad total de nitrógeno (N), pentóxido de fósforo (P₂O₅) y óxido de potasio (K₂O) aplicados en lechuga y brócoli

Tratamiento	Lechuga			Brócoli		
	mg N	mg P ₂ O ₅	mg K ₂ O	mg N	mg P ₂ O ₅	mg K ₂ O
0	0	0	0	0	0	0
10S	5,8	2,4	17,3	7,2	3,0	21,6
10M	11,5	4,8	34,6	14,4	6,0	43,2
10L	46,1	19,2	138,2	57,6	24,0	172,8
11	9,1	3,4	32,2	11,4	4,2	40,2
12	8,2	1,9	25,4	10,2	2,4	31,8
20S	5,5	1,0	11,8	6,8	1,3	14,8
20M	10,9	2,0	23,6	13,7	2,5	29,5
20L	43,8	8,1	94,5	54,7	10,1	118,1
21	12,1	1,7	23,9	15,1	2,2	29,9
22	13,0	2,9	25,1	16,2	3,6	31,3
30S	5,2	1,3	27,2	6,5	1,6	34,0
30M	10,8	2,7	56,7	13,5	3,4	70,9
30L	43,2	10,8	226,8	54,0	13,5	283,5
31	9,0	2,7	66,6	11,3	3,4	83,3
32	9,9	2,7	61,2	12,4	3,4	76,5
40S	5,1	2,0	2,3	6,4	2,5	2,9
40M	10,2	4,0	4,6	12,7	5,0	5,8
40L	40,7	16,1	18,4	50,9	20,2	23,0
50S	5,6	0,6	0,4	7,0	0,8	0,5
50M	11,2	1,3	0,9	14,0	1,6	1,1
50L	44,9	5,2	3,5	56,2	6,5	4,3
99S	5,3	7,9	9,9	6,7	6,0	7,5
99M	10,7	15,8	19,8	13,3	12,1	15,1
99L	42,6	63,4	79,2	53,3	48,3	60,4

4.2. MATERIAL VEGETAL

- En cada ensayo se empleó un material vegetal diferente, Brócoli y Lechuga.
- **Brócoli** - familia: *Cruciferae*; nombre científico: *Brassica oleracea* L., var. *italica* Plenck (Nuez y Llácer, 2001). Es una de las hortaliza más cultivada en superficie en la provincia de Navarra habiéndose cultivado en 2016 un total de 5.678 ha (Gobierno Navarra, 2017) . Su mercado es

principalmente para la industria agroalimentaria para congelado y exportación. Necesitan de suelos con buena fertilidad, con gran aporte de nitrógeno, azufre y agua. Aguanta el frío incluso grandes heladas. Es una especie de gran interés por su elevado contenido de glucosinolatos, sustancia con potencial efecto protector contra sustancias químicas carcinogénicas (Nuez y Llácer, 2001).

- **Lechuga variedad Batavia.** Familia: *Asteraceae*, nombre científico: *Lactuca sativa* L.F. Es una hortaliza de gran extensión en Navarra y uno de los principales componentes de los productos de la IV Gama. Poco exigente en nutrientes, aguanta el frío, pero en general a temperaturas inferiores a 0 °C pueden sufrir daños por heladas (Nuez y Llácer, 2001). La temperatura también juega un papel importante en el acogollado y en la floración de la lechuga (Maroto, 1983). Es muy sensible a acidez y tolera medianamente la salinidad. Necesidades nutricionales: 3,5 kg/Mg de N; 1,2-2,2 kg/Mg de P₂O₅; 8 kg/Mg de K₂O; 2 kg/Mg de Ca, y 0,5 kg/Mg de Mg (Nuez y Llácer, 2001).

4.3. DISEÑO DEL ENSAYO

Se realizaron dos ensayos en paralelo, uno con lechuga y otro con brócoli. La parcela elemental de cada tratamiento estaba constituida por 2 macetas con una planta cada una, (Figura 2). Se realizaron 4 repeticiones de cada tratamiento, entendido como combinación de abono y dosis. De esta manera, existían un total de 8 plantas de lechuga y otras 8 plantas de Brócoli para cada uno de los tratamientos.



Figura 2. Parcela elemental de cada tratamiento en cada ensayo, constituida por 2 macetas de lechuga y 2 macetas de brócoli.

El diseño experimental de los ensayos fue de bloques al azar con 4 repeticiones, tal y como se muestra en el croquis de la Figura 3 y en la foto del invernadero con la mesa de cultivo (Figura 4).

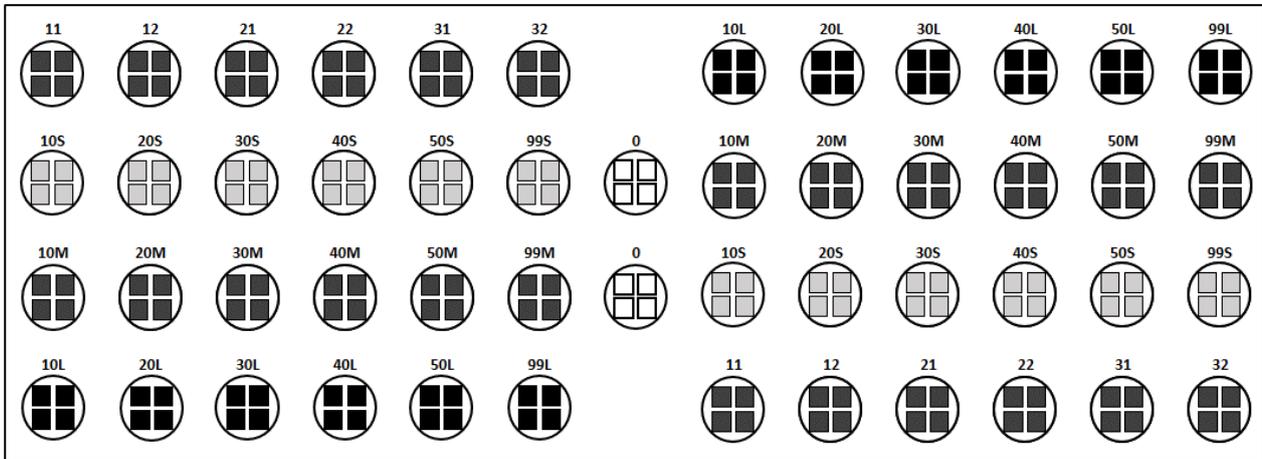


Figura 3. Distribución de los tratamientos en las repeticiones I y II de los ensayos.



Figura 4. Distribución de las macetas de los ensayos en la mesa de cultivo del invernadero de la finca de prácticas de la Universidad Pública de Navarra.

4.4. INSTALACIONES

El ensayo se desarrolló en un invernadero de cristal calefactado, con ventilación cenital y malla de sombreo situado en la Finca de Prácticas de la Universidad Pública de Navarra. No fue necesario utilizar calefacción por tratarse de cultivos de invierno.

El cultivo fue en mesas elevadas donde se instalaron las macetas de 0,5 L sobre platos para recoger el drenaje. El sustrato empleado fue Vermiculita exfoliada (Figura 5). Este sustrato fue elegido por ser inerte y de esta manera interferir poco en el efecto de las soluciones ensayadas. Además, es un sustrato que retiene la humedad y drena adecuadamente.



Figura 5. Macetas con vermiculita sistema de riego por goteo.

Durante los primeros días el riego fue por micro aspersión para asegurar que todas las plantas se mojaban homogéneamente (Figura 6). Posteriormente se regaron por goteo disponiendo dos goteros con un caudal de 1,2 L/h por cada 4 plantas. El riego era automatizado y se programaba en función del drenaje.



Figura 6. Riego por micro aspersión en el día de inicio de los testes

La programación estándar era 1 riego de 5 minutos, 2 días a la semana. El objetivo era que las plantas estuvieran próximas a capacidad de campo, sin estrés hídrico y sin excesivo drenaje. Para ello antes de los riegos se supervisaba el contenido de agua de los platos. Si en ese momento presentaban solución en el plato se reducía la duración del riego para evitar drenajes excesivos. Si por el contrario estaba la maceta aparentemente seca en superficie, se aumentaba la duración del riego. Estos aspectos dependían de las condiciones climáticas de cada semana y del desarrollo de los cultivos.

4.5. MANEJO DEL CULTIVO

Se plantó una planta con cepellón por maceta el 21 de febrero de 2017. Las plantas provenían de un vivero y fueron compradas con turba en estadio de 4 hojas verdaderas para los bróculis y las lechugas con 6 hojas. Antes de plantarlas, durante 1 semana estuvieron regadas por aspersión para que perdieran los posibles nutrientes que tuvieran en el taco de sustrato del vivero. El abonado fue exclusivamente el indicado en el apartado 4.1.3. No fue necesario realizar ningún tratamiento fitosanitario para la protección de los cultivos.

4.5.1. RECOLECCIÓN

Las plantas de lechugas fueron recolectadas manualmente el 29 de marzo de 2017, a los 35 días desde la plantación y las de brócoli el 04 de abril, a los 42 días.

4.6. PARÁMETROS ANALIZADOS

Los parámetros analizados fueron los descritos en la Tabla 7 y detallados a continuación. Por un lado, se midieron distintos parámetros de desarrollo y crecimiento de las plantas, y por otro lado se analizaron parámetros de composición química. Para cada uno de los parámetros analizados, a excepción de necrosis de las hojas y acogollado, se promediaron los resultados de las 2 réplicas de cada una de las 4 repeticiones, totalizando 4 valores para cada tratamiento. Para las variables necrosis y acogollado, se sumaron los valores de las 2 réplicas.

Tabla 7. Parámetros analizados en las muestras vegetales.

Parámetro	Lechuga	Brócoli	Muestra
Peso Fresco	✓	✓	Promedio 2 plantas
Peso Seco	✓	✓	Promedio 2 plantas
Materia seca	✓	✓	-
Spad	✓	✓	Promedio 2 plantas
Número hojas		✓	Promedio 2 plantas
Acogollado	✓		Suma 2 plantas
Necrosis	✓		Suma 2 plantas
N Total	✓	✓	Mezcla dos plantas
C Total	✓	✓	Mezcla dos plantas
Metales y elementos minerales	✓	✓	Mezcla dos plantas

4.6.1 PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO

4.6.1.1 *Peso fresco*

El peso fresco fue obtenido pesando cada una de las plantas tras la recolección. Para su pesado se utilizó una báscula portátil GRAM HGM 200 - 2kg 0,1 g de precisión (Figura 7).



Figura 7. Pesaje de las plantas tras recolección.

4.6.1.2 *Peso seco*

Tras pesar las plantas recién recolectadas, esas fueran introducidas en bolsas de papel cuyo peso se conocía previamente y llevadas a estufa a 70°C durante 96 horas. Pasado ese período, se pesó las bolsas y se restó el peso de la bolsa para obtener el peso seco de cada planta. Para su pesado se utilizó una báscula de laboratorio GRAM HGM 200 (2kg 0,01 g).

4.6.1.3 *Materia seca*

La materia seca de los distintos tratamientos se calculó como el cociente entre el peso seco y el peso fresco expresado en tanto por ciento.

4.6.1.4 *ÍNDICE SPAD (Intensidad COLORACIÓN-verde)*

Se utilizó el aparato portátil SPAD-502 (MINOLTA) para obtención de medida adimensional de la intensidad de coloración de las hojas de brócoli y espinaca en el momento de recolección (Figura 8). Para ello de cada hoja se midieron 2 puntos en el envés de la parte más externa de una hoja plenamente desplegada.



Figura 8. Medición de intensidad de coloración con el aparato SPAD-502. Obsérvese que la planta está ligeramente arrepollada.

4.6.1.5 Número de hojas

Se contó el número de hojas de cada planta de brócoli y se hizo la media de las dos réplicas en cada una de las 4 repeticiones en el momento de la recolección.

4.6.1.6 Arrepollado

Se valoró la formación de repollos, o cogollos, en lechugas, por lo cual se adoptó el valor 0 cuando no se había formado cogollos y el valor 1 cuando sí. En esa métrica se ha añadido los valores de las 2 réplicas de cada una de las cuatro repeticiones, así que valores iguales a 0 indican que no se ha formado cogollo en ninguna de las réplicas, el valor 1 que se ha formado apenas en 1 y el valor 2 que se notó formación de cogollos en ambas réplicas.

4.6.1.7 Necrosis en bordes de hoja

Se analizó la aparición de necrosis en los bordes de las hojas de lechuga, y se adoptó el valor 0 cuando no se notaba necrosis en ninguna de las hojas de la planta, el valor 1 cuando se notaba necrosis leve y el valor 2 en caso de necrosis severa. Para esa métrica también se han sumado los valores de las 2 réplicas de cada una de las cuatro repeticiones, así que valores iguales a 0 indican que no había necrosis en ninguna de las réplicas y que valores más altos indican necrosis severa en ambas plantas.

4.6.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

Muestras de 2 gramos de material secado en estufa y molido fueron enviados al Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, CEBAS-CSIC, en Murcia para la realización de los análisis de los contenidos en macro y micronutrientes. Fueron analizadas 3 réplicas de los

testigos no abonados y de los tratamientos a máximas dosis (10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L), mediante los aparatos LECO (Figura 9) y ICP-OES (Figura 10), descritos a continuación.

4.6.2.1 LECO (*N total y C total*)

Los niveles de nitrógeno total y carbono total fueron determinados mediante el analizador elemental LECO TruSpec, siguiendo el protocolo utilizado en el laboratorio de ionómica del CEBAS-CSIC, Murcia. Esta técnica de análisis se basa en la separación de los gases obtenidos mediante combustión en presencia de oxígeno puro a 900°C de la muestra. Sucesivamente a su separación, los gases pasan un detector de conductividad térmica que proporciona señales directamente proporcionales a la concentración de cada uno de los componentes (Storino, 2017).



Figura 9. Aparato Leco TruSpec. Fuente: <https://es.leco-europe.com/product/truspec-micro/>

4.6.2.2 ICP-OES

El ICP-OES es una técnica de análisis multielemental que utiliza una fuente de plasma de acoplamiento inductivo para disociar los átomos o iones que constituyen la muestra, excitándolos a un nivel donde emiten luz de una longitud de onda característica, medida finalmente por un espectrómetro, cuantificando los niveles de los distintos elementos en la muestra. (Storino, 2017).

Antes de proceder a la lectura mediante el espectrómetro de emisión atómica con plasma inducible ICP-OES, las muestras vegetales fueron tratadas previamente mediante una digestión ácida con HNO₃ y H₂O₂ en el digestor de microondas Ultraclave-Microondas Milestone, según el protocolo estandarizado del laboratorio del CEBAS-CSIC.

Los parámetros medidos por ese análisis fueron: macronutrientes principales: fósforo (P) y potasio (K); macronutrientes secundarios: azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg); oligoelementos: Boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y cinc (Zn); metales pesados: cadmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb); otros elementos: sodio (Na).



Figura 10. Equipo ICP-OES Iris Intrepid II XDL. Fuente: CEBAS-CSIC

4.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICOS

Para realizar la discusión de los resultados obtenidos se ha empleado el programa informático de análisis estadístico SPSS (v.24).

Para los resultados de todos los análisis realizados se realizó un diagrama de cajas y un análisis de varianza (ANOVA) de un factor. Se aplicó el test discriminador de medias de Student-Newman-Keuls (SNK) y un nivel de significación de 0,05.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. EVOLUCIÓN GENERAL DE LOS ENSAYOS

No hubo mayores problemas durante los ensayos, y el desarrollo de los cultivos fue adecuado. Si bien desde el día 06 de marzo, a los 13 días del trasplante, ya se apreciaban diferencias en el desarrollo de algunos tratamientos, las lechugas con 8 hojas verdaderas y los bróculis con 4. Al día 10 de marzo las diferencias ya eran bastante visuales, especialmente en el tratamiento 30 L, que presentaba mayor crecimiento que todos los demás tratamientos, tanto en lechugas como en brócoli. A partir de la 3ª semana aparecieron algunas plantas comidas por animales por lo que tuvieron que ser protegido el ensayo con una malla. Resultaron ser roedores que fueron controlados con trampas. La Figura 11 presenta un cuadro fotográfico del seguimiento de los ensayos.





Figura 11. Cuadro fotográfico de seguimiento de los ensayos de lechuga y brócoli

5.2. RESULTADOS DE LECHUGA

5.2.1. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO.

La Tabla 8 contiene los valores observados en el momento de la recolección de los parámetros peso fresco (PF en g/planta), peso seco (PS en g/planta), materia seca, coloración (SPAD), necrosis en los bordes de las hojas, y arrellado en los ensayos con lechuga.

Tabla 8. Promedio de los valores de Peso fresco (PF), Peso Seco (PS), materia seca, SPAD, necrosis en los bordes de las hojas, arrellado obtenidos en cada tratamiento y nivel de significancia de la ANOVA en los ensayos con lechuga. Valores con * presentaran diferencias significativas.

Tratamiento	PF (g/planta)	PS (g/planta)	Materia seca	SPAD	Necrosis	Arrellado
0	8,84	1,04	11,78	17,24	0,25	2,00
10S	11,40	1,24	10,88	15,90	0,25	2,00
10M	12,20	1,19	9,75	16,63	0,00	1,00
10L	25,35	1,92	7,57	18,33	0,50	0,50
11	14,05	1,39	9,92	16,78	0,00	1,75
12	13,76	1,39	10,12	16,58	0,25	1,50
20S	10,58	1,19	11,29	16,88	0,50	1,75
20M	10,00	1,09	10,85	17,78	0,00	1,75
20L	14,53	1,39	9,54	19,38	1,00	1,25
21	11,64	1,27	10,92	17,10	0,00	2,00
22	11,31	1,26	11,14	17,41	0,00	1,75
30S	16,38	1,50	9,18	17,31	0,00	1,25
30M	22,70	1,80	7,92	19,71	1,00	0,75
30L	42,34	2,89	6,82	21,91	0,75	0,00
31	22,61	1,87	8,28	18,83	1,25	1,00
32	21,41	1,80	8,38	19,05	1,00	1,25
40S	11,58	1,29	11,16	16,99	0,00	2,00
40M	11,45	1,13	9,90	14,55	0,50	1,75
40L	24,41	1,88	7,71	15,72	1,75	0,75
50S	10,71	1,20	11,18	14,31	0,00	2,00
50M	12,04	1,16	9,66	12,99	0,00	2,00
50L	21,09	2,13	10,11	16,50	1,00	1,25
99S	11,14	1,26	11,28	15,42	0,00	2,00
99M	14,43	1,38	9,55	14,37	0,00	1,50
99L	31,06	2,29	7,37	15,23	2,25	0,50
Sig.	0,000*	0,000*	0,000*	0,390	0,001*	0,000*

Respecto a los resultados el índice SPAD no presentó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Los demás parámetros sí fueron afectados por los tratamientos ensayados de la manera que se describe a continuación.

5.2.1.1. *Peso Fresco*

El peso fresco fue una de las variables que más diferencias ha presentado entre los tratamientos. Como se puede notar en las Figura 12, 13 y 14, el tratamiento 30, a base de té de vermicompost fue lo que presentó los mejores resultados. El análisis estadístico

consideró el tratamiento 30L como diferente estadísticamente de todos los demás, con 42,2 g por planta de promedio entre las repeticiones. A continuación, fue seguido por el tratamiento 99L, también estadísticamente distinto de los demás grupos, con 31,1 g/planta. Los tratamientos 10L, 40L, 30M, 31, 32, fueran agrupados juntos, también estadísticamente iguales al tratamiento 50L, a excepción del 10L.

El tratamiento con el menor peso fresco, como era esperado fue el testigo, con un promedio de 8,84 g. Los tratamientos agrupados junto al testigo fueron: 10S, 20S, 20M, 21, 22, 50S, 99S, 40M, 40S, 50M y 10M. El resultado del análisis estadístico se encuentra en el Anejo Estadístico.

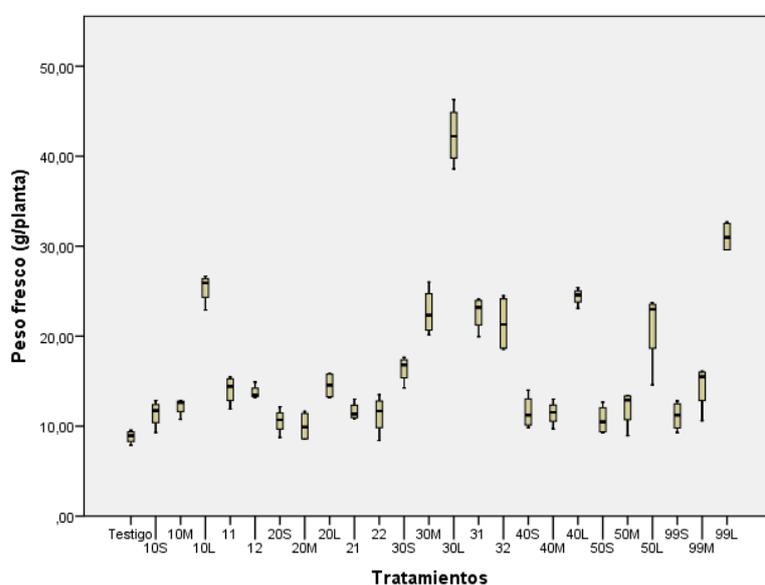
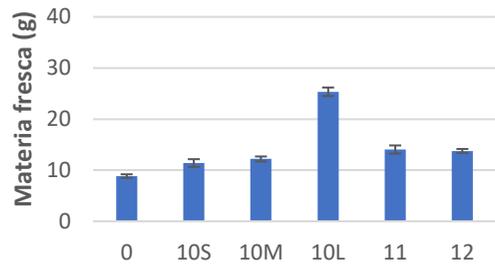


Figura 12. Diagrama de cajas con valores de peso fresco (g/planta) de cada tratamiento en lechuga.

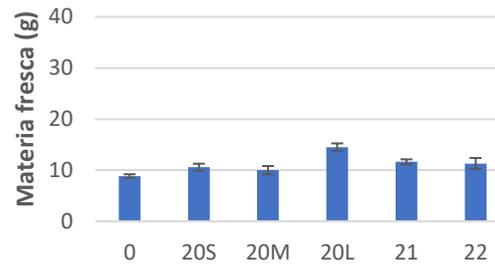
Si puede apreciar que el tratamiento que ha ocasionado un menor crecimiento de las plantas de lechuga fue el tratamiento 20, té de compost a partir de residuos orgánicos domésticos, ya que, a excepción del 20L, todos los demás (20S, 20M, 21, 22) no han manifestado valores significativamente diferentes al testigo. A excepción del 30S, todos los tratamientos a concentración más baja de nitrógeno fueron agrupados junto al testigo.



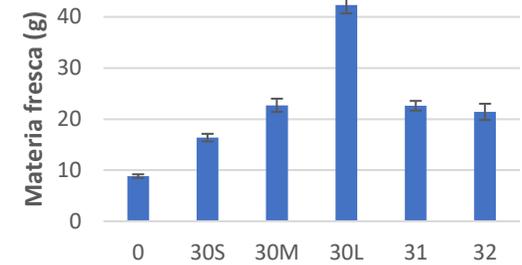
Tratamiento 10



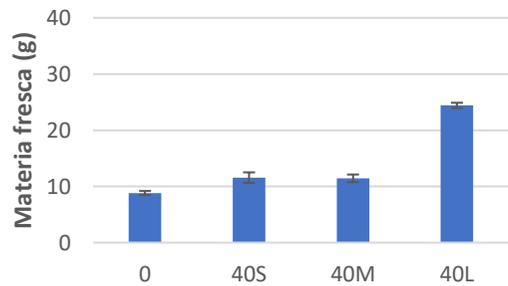
Tratamiento 20



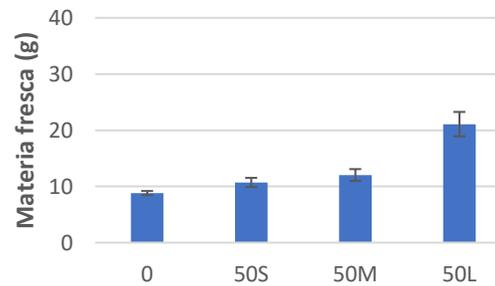
Tratamiento 30



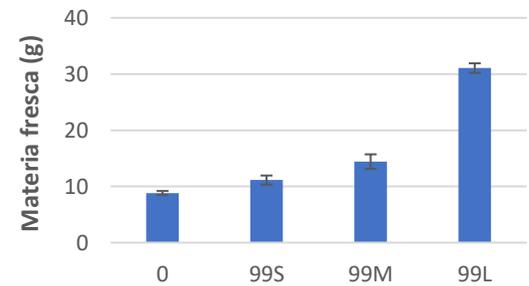
Tratamiento 40



Tratamiento 50



Tratamiento 99



**Figura 13. Fotos del ensayo de lechuga a diferentes tratamientos y análisis gráfico, con las medias y error padrón, de los valores observados de peso fresco (g/planta).
Tratamientos 10: Agroindustrial; 20: biorresiduo; 30: vermicompost; 40: subproducto animal mezcla; 50: Subproducto avícola; 99: abono mineral.**

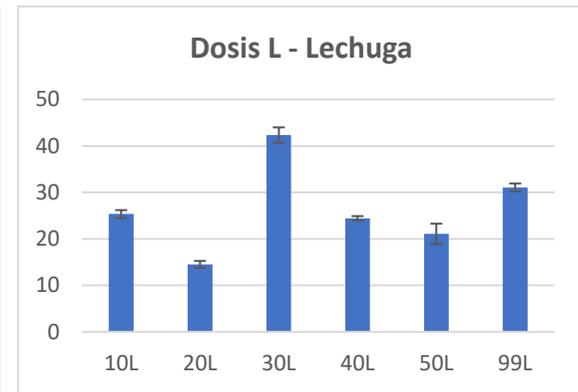
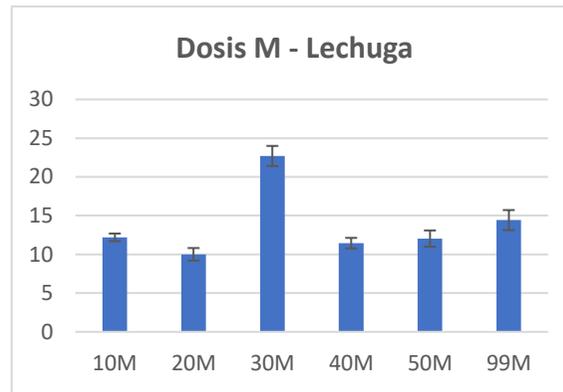
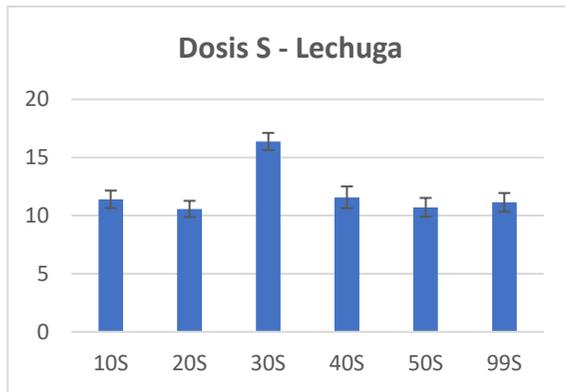


Figura 14. Comparación de cada dosis de abono (S: “baja”, M: “media” y L “alta”) frente a los diferentes tipos de abonos utilizados. Tratamiento 10: Agroindustrial; tratamiento 20: biorresiduo; tratamiento 30: vermicompost; tratamiento 40: subproducto animal mezcla; tratamiento 50: Subproducto avícola; Tratamiento 99: abono mineral.

5.2.1.2. *Peso Seco*

El peso seco presentó un agrupamiento de los datos bastante similar al peso fresco. El tratamiento 30L fue agrupado solo por el análisis SNK, y presentó 2,89 g de por planta, mientras que el tratamiento 99L fue agrupado junto a los tratamientos 50L, 10L, 40L, 31, 30M y 32.

El peso seco del testigo fue de 1,04 g/ planta, y fue agrupado junto a los tratamientos 20M, 40M, 50M, 10M, 20S, 50S, 10S, 99S, 22, 21, 40S, 99M, 20L, 12, 11 y 30S, es decir, todos de las dosis S y M de abonado, además del 20L.

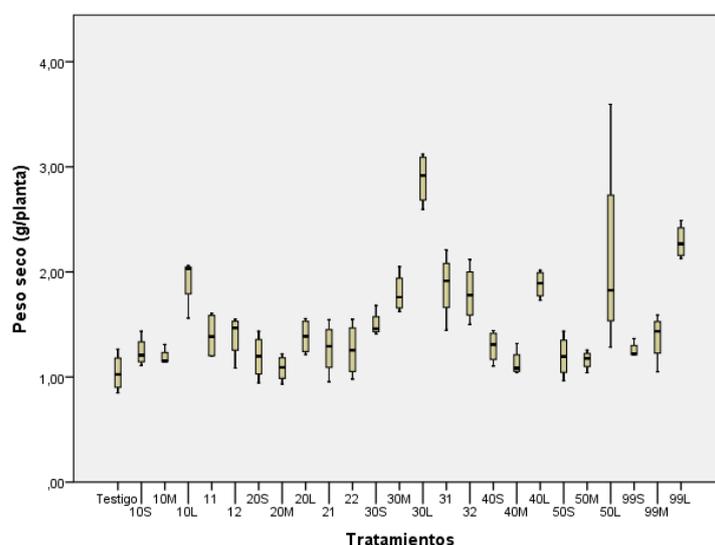


Figura 15. Diagrama de cajas con valores de peso seco (g/planta) de cada tratamiento en lechuga.

5.2.1.3. *Necrosis*

Los valores más bajos de necrosis en los bordes de las hojas de lechuga han sido encontrados en los tratamientos 10M, 11, 20M, 21, 22, 30S, 40S, 50S, 50M, 99S, 99M (todos esos con valor igual que cero); testigo, 10S y 12, con valores de 0,25, indicando un bajo grado de necrosis. Según el test discriminador de medias *SNK*, solo hubo diferencias significativas respecto al grado de necrosis de los bordes solo entre esos tratamientos y el 99L. La mayor concentración de abono químico (99L) fue el que presentó el valor más elevado de necrosis en los bordes de las hojas de lechuga, un 2,25, que indica un grado alto de necrosis.

No hubo diferencias significativas entre tal tratamiento y los valores encontrados en 10L, 20S, 40M, 30L, 20L, 30M, 32, 50L, 31 y 40L.

Según Nuez y Llácer (2001) las lechugas suelen tolerar medianamente la salinidad, pero un exceso de sales minerales puede ocasionar daños en la vegetación, como necrosis de los bordes de la hoja, lo que podría indicar que la concentración de sales del tratamiento 99L estuviera un poco por encima del adecuado para el cultivo de lechugas en las condiciones del ensayo. Esta necrosis también puede ser atribuida a una carencia de Ca (*tip-burn*). Sin embargo, se nota una gran variabilidad en las muestras del tratamiento 99L por la amplitud de su barra de errores (Figura 16), lo que significa que en algunas muestras no se registró necrosis.

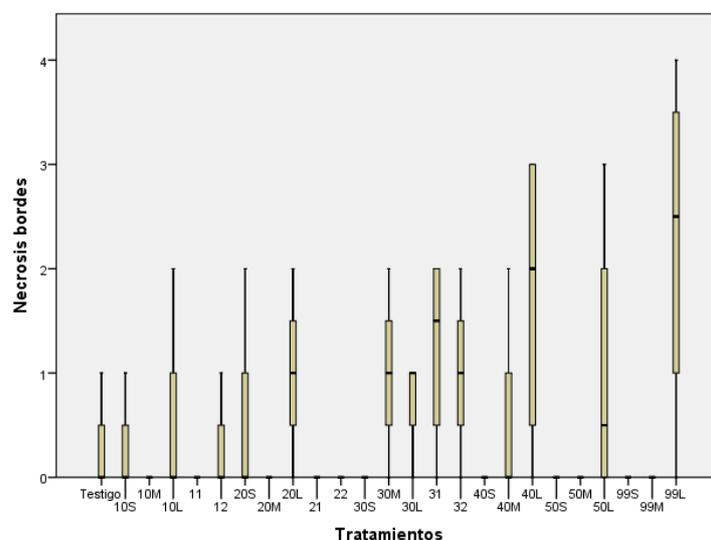


Figura 16. Diagrama de cajas con valores de necrosis en los bordes para cada tratamiento en los ensayos con lechuga.

5.2.1.4. Arrepollado

Según el análisis de Student-Newman-Keuls, presente en los anejos, se puede diferir el tratamiento 30L, cuyo valor de la variable arrepollado ha sido cero, de los tratamientos: 12, 99M (arrepollado igual a 1,50), 11, 20S, 20M, 22, 40M (arrepollado igual a 1,75) y testigo, 10S, 21, 40S, 50S, 50M, 99M (valor de arrepollado igual a 2). Sin embargo, como se puede notar por las barras de errores de la Figura 17, hubo una gran variabilidad de ese parámetro dentro de la mayoría de los tratamientos, por lo cual, a excepción del tratamiento 30L, no se nota una relación evidente entre el tipo y/o dosis del abono con la formación del arrepollado.

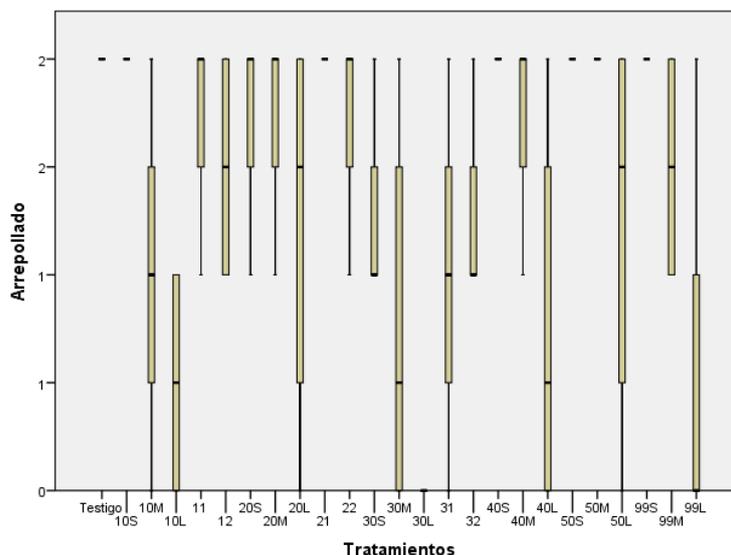


Figura 17. Diagrama de cajas con valores de arpeplado de los tratamientos ensayados con lechuga.

5.2.2. ANÁLISIS QUÍMICO

La composición química de los distintos tratamientos se presenta en la Tabla 9. En su última columna se muestra la significación del análisis ANOVA.

Tabla 9. Valores medios de los análisis químicos de los tratamientos 0, 10L, 20L, 30L, 40L y 50L en lechuga y el nivel de significancia de los ANOVAs. Valores con * presentaran diferencias significativas.

Trat.	0	10L	20L	30L	40L	50L	99L	Sig.
N total (g/100g)	0,88	1,76	1,39	2,87	1,96	2,02	1,93	0,000*
P (g/100g)	0,13	0,13	0,16	0,11	0,21	0,18	0,38	0,000*
K (g/100g)	2,39	4,89	4,07	5,82	5	5,29	5,75	0,000*
C total (g/100g)	35,3	35,5	36,9	36,6	36,6	36,8	37,1	0,291
S (g/100g)	0,07	0,14	0,11	0,17	0,15	0,17	0,19	0,000*
Ca (g/100g)	0,47	0,54	0,59	0,50	0,53	0,59	0,66	0,008*
Mg (g/100g)	0,86	0,63	0,59	0,44	0,57	0,69	0,7	0,105
B (mg/Kg)	9,8	17,4	16,9	11,1	10,7	13,5	11,5	0,000*
Cu (mg/Kg)	13,2	11,9	14	10,9	12,9	15,9	14,6	0,246
Fe (mg/Kg)	3582	1718	1494	716	1408	1816	1394	0,630
Mn (mg/Kg)	207	196	210	145	172	215	235	0,030*
Mo (mg/Kg)	0,35	0,48	0,5	0,73	0,72	0,78	0,34	0,013*
Zn (mg/Kg)	23,7	20,9	21,4	25,3	17,8	30,5	21,9	0,621
Cd (mg/Kg)	0,23	0,20	0,17	0,15	0,16	0,23	0,18	0,162
Cr (mg/Kg)	216,3	105,4	95,9	42,3	86,2	109,2	84,5	0,024*
Ni (mg/Kg)	59	29,7	27,1	12,8	24,3	29,5	24,9	0,033*
Pb (mg/Kg)	1,38	1,07	0,88	0,75	0,91	0,97	0,84	0,106
Na (g/100g)	0,17	0,38	0,37	0,20	0,28	0,22	0,20	0,000*

En el anejo estadístico se presentan los ANOVAs detallados, así como los distintos grupos homogéneos resultantes de la aplicación del test discriminador de *SNK* para los parámetros que presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

5.2.2.1. Macronutrientes principales (N, P, K) y C

- Nitrógeno Total

Tal y como se nota en la Figura 18, el tratamiento con mayor contenido de nitrógeno fue el 30L, agrupado solo en el análisis *SNK*, con un 2,87 g de nitrógeno por 100g de peso seco de muestra. Los tratamientos 99L, 40L y 50L han sido agrupados como siguientes en la concentración de N, con 1,93; 1,96 y 2,02 g N/ 100 g PS, respectivamente. Los tratamientos 10L y 20L fueron agrupados por separado, con un 1,76 y un 1,39 g N/100 g PS, respectivamente.

El testigo, como era de esperar, contenía la menor concentración de N, un 0,87 g N /100 g de peso seco.

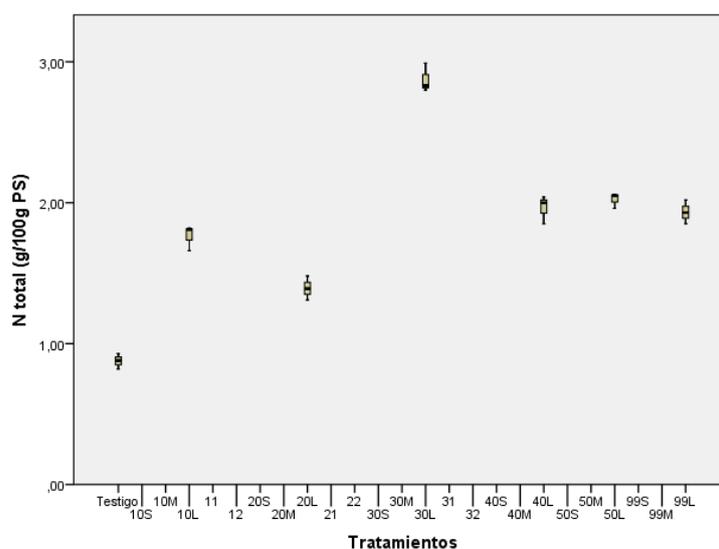


Figura 18. Contenido de Nitrógeno total (Ntotal) en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Fósforo (P)

El valor más alto del mineral fósforo fue obtenido en el tratamiento con el abono químico, 99L, con un 0,38 g de P en 100 g de peso seco tal y como si puede observar en la Figura 19, seguido por los tratamientos 50L y 40L, con 0,18 y 0,20 g P / 100g de peso seco, respectivamente, agrupados juntos.

El menor valor de contenido de fósforo fue encontrado en el tratamiento de vermicompost, 30L, con un 0,11 g P / 100g de peso seco, que ha sido agrupado, por el análisis *SNK*, junto al testigo y al tratamiento 10L, ambos con un 0,13 g P / 100g de peso seco.

Como el tratamiento 30L fue el que presentó mayor peso fresco entre todos los tratamientos, este hecho parece indicar que el aporte de P suministrado por los abonos no fue limitante al crecimiento de las muestras de lechuga.

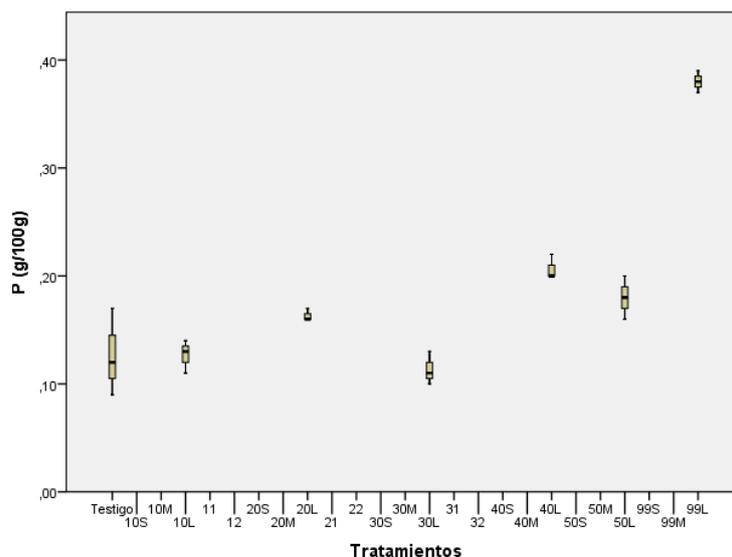


Figura 19. Contenido de fósforo (P), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Potasio (K)

Tal y como si puede notar en la Figura 20, el testigo fue la muestra que presentó el más bajo contenido de potasio, con un 2,39 g K / 100g de peso seco. En seguida y también agrupado aislado de los demás, el tratamiento 20L, con un 4,06 g K / 100g PS.

Aún que el tratamiento 30L obtuvo el mayor contenido de potasio (5,82 g K / 100g PS), el análisis *SNK* lo ha agrupado junto a los tratamientos 10L, 40L, 50L, 99L, lo que indica que no hay diferencias significativas entre los mismos.

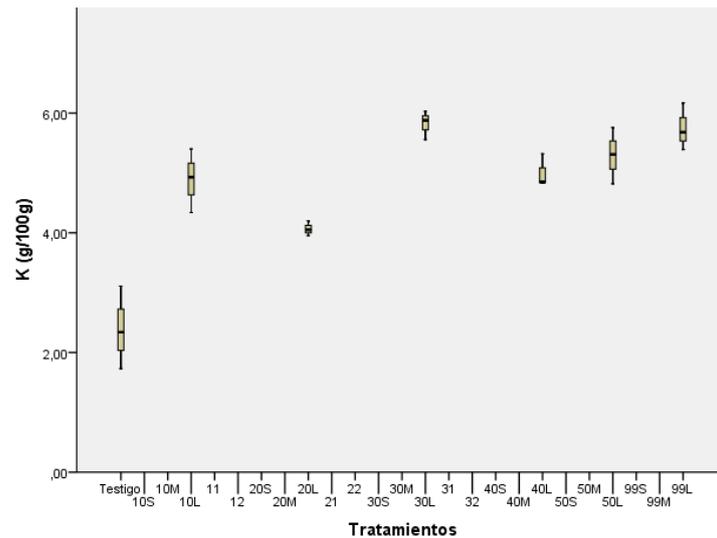


Figura 20. Contenido de potasio (K), em g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Carbono Total

Los contenidos de carbono total en las muestras analizadas fueron bastante similares, Tal y como si puede observar en la Figura 21. El análisis SNK las agrupó todas juntas, lo que quiere decir que no hubo diferencias significativas entre ningún tratamiento.

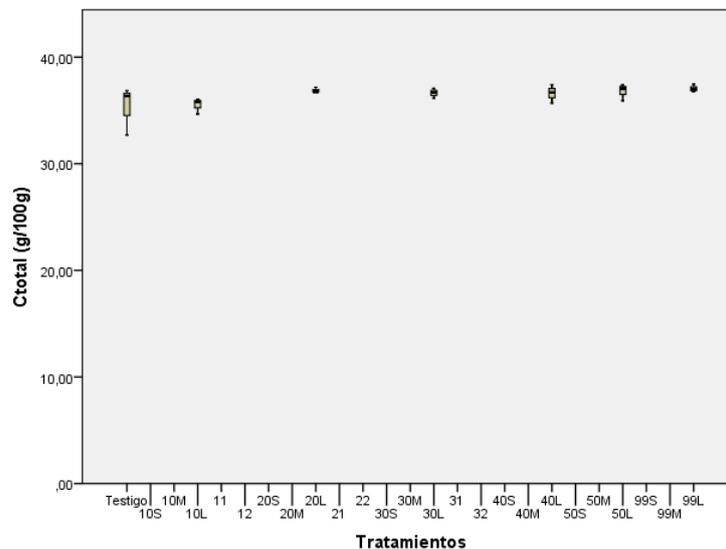


Figura 21. Contenido de Carbono total (C total) em g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

5.2.2.2. Macronutrientes secundarios: S, Ca, Mg

- Azufre (S)

El tratamiento con el valor más bajo en azufre fue el testigo, con un 0,07 g S /100 g de peso seco. A continuación, y también agrupado solo, viene el tratamiento 20L, con un 0,11 g

S/100 g PS. Por otra parte, el grupo con los mayores valores fue compuesto por el tratamiento 99L (0,19 g S/100 g PS), 50L (0,176 g S/100 g PS) y el 30L con un 0,17 g S/100 g PS. El tratamiento de té proveniente del vermicompost tampoco ha sido significativamente diferente de los tratamientos 40L (0,146 g S/100 g PS) y 10L (0,143 g S/100 g PS). La Figura 22 presenta el contenido de azufre de las muestras de lechuga.

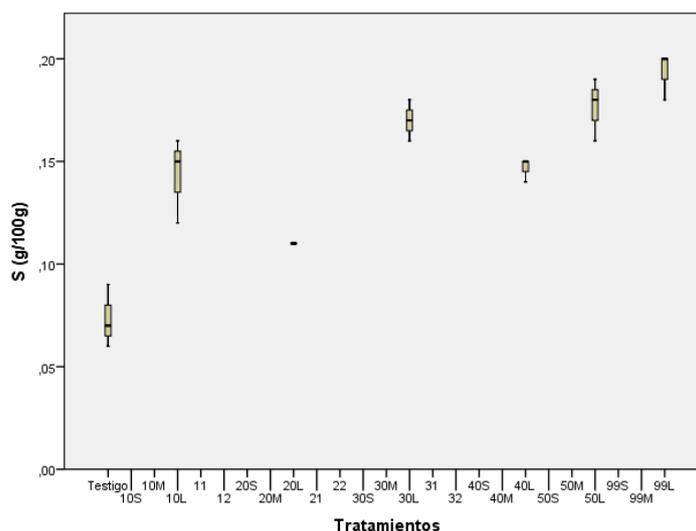


Figura 22. Contenido de azufre (S) en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Calcio (Ca)

Respecto las concentraciones de calcio, el análisis discriminario *SNK* establece una diferencia significativa únicamente entre el tratamiento 99L, el abono químico, con un 0,65 g Ca/100 g PS y el grupo compuesto por el testigo (0,47 g Ca/100 g PS) y el tratamiento 30L (0,49 g Ca/100 g PS). Este hecho induce a descartar la relación entre necrosis del borde de las hojas (*tip-burn*) y carencia de Ca, lo cual daría más peso a la hipótesis de que la necrosis es debida a un problema de salinidad o de translocación del calcio dentro de la planta y no debido a un problema de carencia de Ca en la planta (Huett 1994). Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas, como se puede observar en la Figura 23.

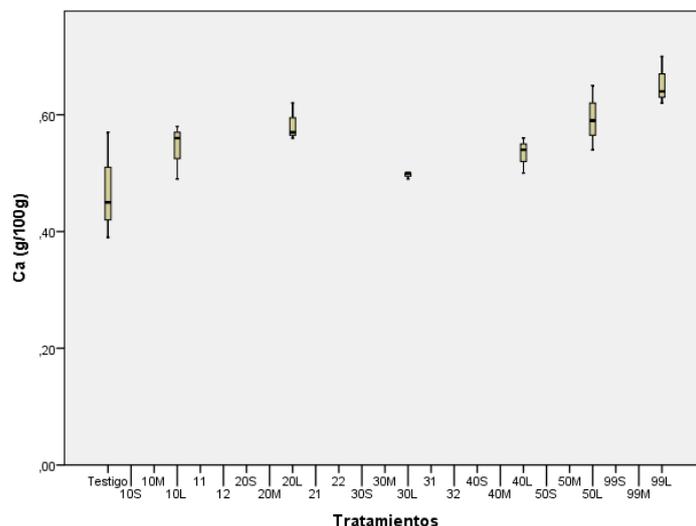


Figura 23. Contenido de calcio (Ca), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Magnesio (Mg)

La Figura 24 presenta el contenido de magnesio en las muestras de lechuga. El análisis SNK ha agrupado todos los tratamientos juntos, y por lo tanto no hay diferencias significativas respecto el contenido de magnesio entre las muestras ensayadas.

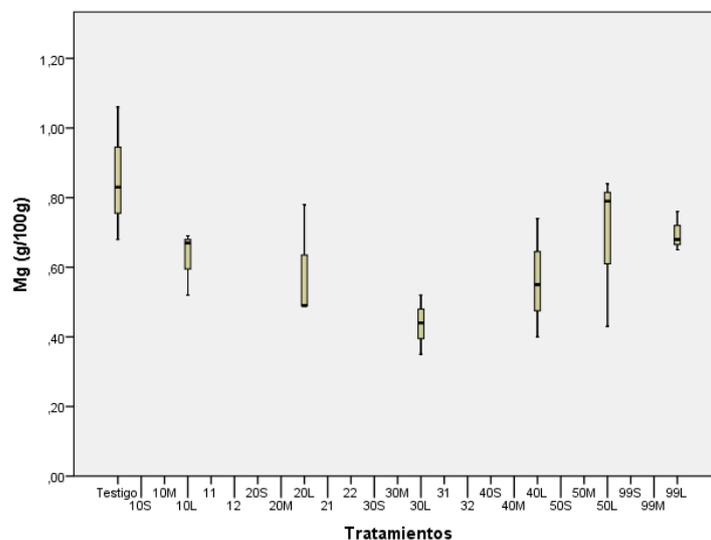


Figura 24. Contenido de magnesio (Mg), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

5.2.2.3. Oligoelementos: B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn

- Boro (B)

Respecto el boro, los tratamientos con mayor concentración fueron el 10L, con un 17,43 mg B/ Kg de peso seco, y 20L, con un 16,85 mg/ Kg PS. Por otra parte, el tratamiento con el

menor contenido de ese mineral fue el testigo, con 9,78 mg B/Kg PS. En el mismo grupo del testigo se incluyeron los tratamientos 40L (10,66 mg/Kg PS), 30L (11,13 mg/Kg PS) y 99L (11,46 mg/Kg PS). El tratamiento 50L (13,48 mg/Kg PS) fue considerado significativamente diferente apenas del testigo, y similar a los demás tratamientos del grupo anterior. La Figura 25 presenta el contenido de boro en las muestras de lechuga.

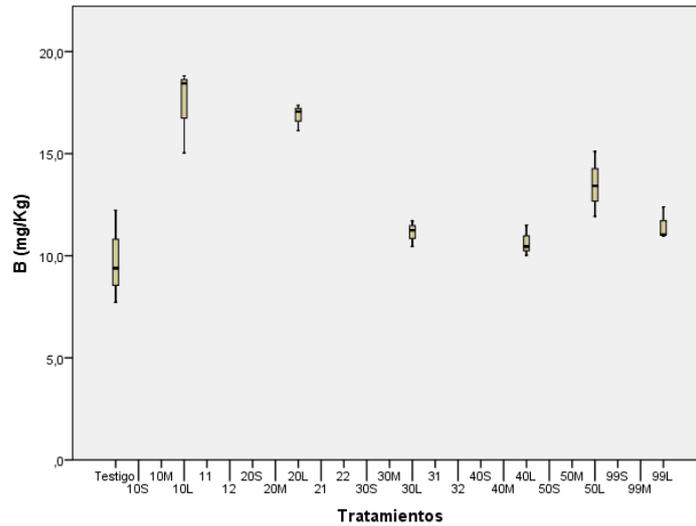


Figura 25. Contenido de Boro (B), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- **Cobre (Cu)**

Respecto el contenido de cobre, el análisis *SNK* ha agrupado todos los tratamientos en un único grupo, de modo que para ese mineral no se observó diferencias significativas entre los tratamientos. La Figura 26 presenta el contenido de cobre en las muestras de lechuga.

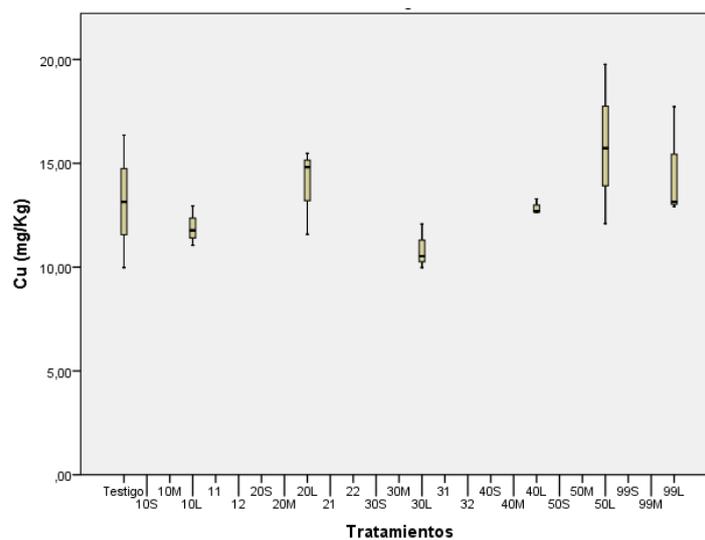


Figura 26. Contenido de cobre (Cu), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Hierro (Fe)

El elemento hierro ha sido encontrado en mayor concentración en el testigo, con un promedio de 3,6 g Fe/Kg PS, pero se puede notar una gran variabilidad dentro de las repeticiones, dado su elevada barra de error (Figura 27). El análisis *SNK* ha separado los tratamientos en apenas 2 grupos, de los cuales se nota una diferencia significativa del contenido de hierro solo entre el testigo y el tratamiento 30L, que presentó el contenido más bajo en ese mineral, un 0,71 g Fe/Kg PS. Los demás tratamientos han sido incluidos en los dos grupos.

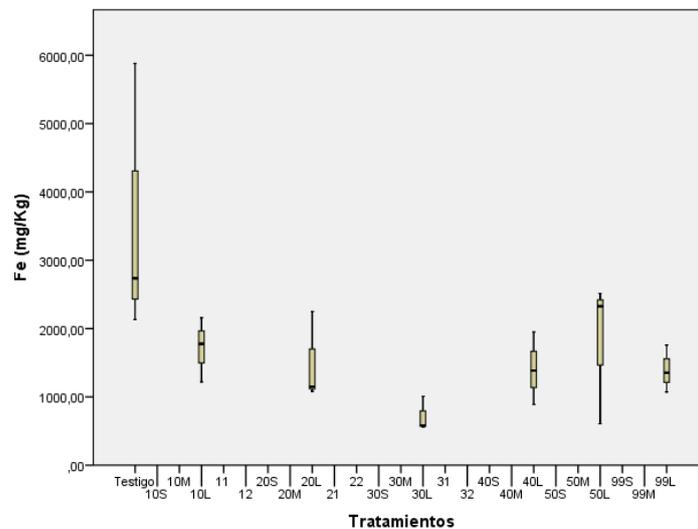


Figura 27. Contenido de Hierro (Fe), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Manganeso (Mn)

Respecto el contenido de manganeso de los tratamientos, el análisis *SNK* los ha agrupado en un único grupo, de modo que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en ese mineral. La Figura 28 presenta el contenido de manganeso en las muestras de lechuga.

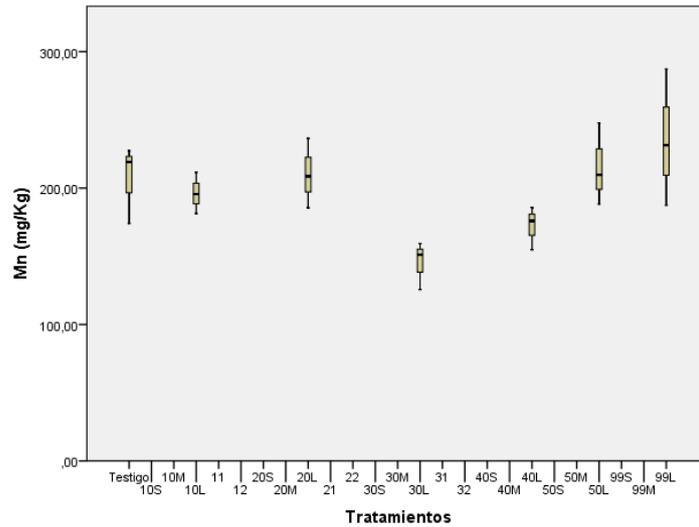


Figura 28. Contenido de Manganeso (Mn), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Molibdeno (Mo)

El análisis *SNK* ha separado los tratamientos ensayados con lechugas en apenas 2 grupos respecto su contenido de molibdeno, de los cuales se nota una diferencia significativa solo entre el tratamiento 50L, de mayor concentración (0,78 mg/kg), y los tratamientos testigo (0,353 mg/kg) y el abono químico, 99L, con un 0,34 mg de molibdeno/kg de peso seco. Los demás tratamientos han sido incluidos en los dos grupos. La Figura 29 presenta el contenido de molibdeno en las muestras de lechuga.

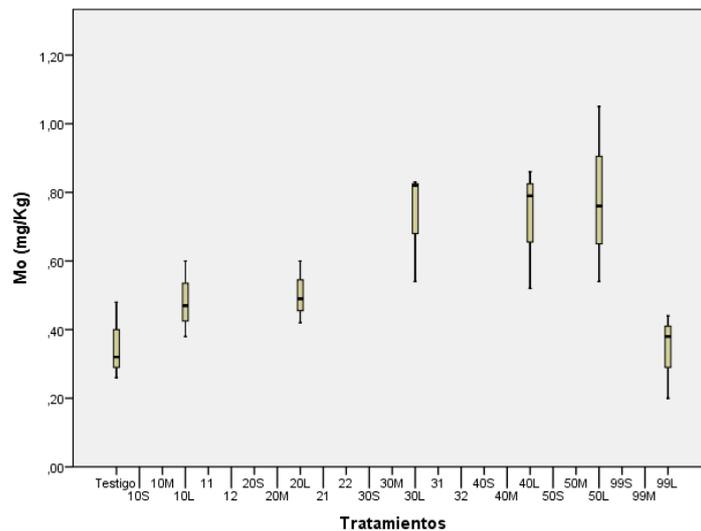


Figura 29. Contenido de Molibdeno (Mo), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Cinc (Zn)

La Figura 30 presenta el contenido de cinc en las muestras de lechuga. El ANOVA ha resultado en un α de 0,621; de la misma manera, el análisis *SNK* ha agrupado todos los tratamientos en un único grupo, de modo que no hay diferencias significativas entre los mismos.

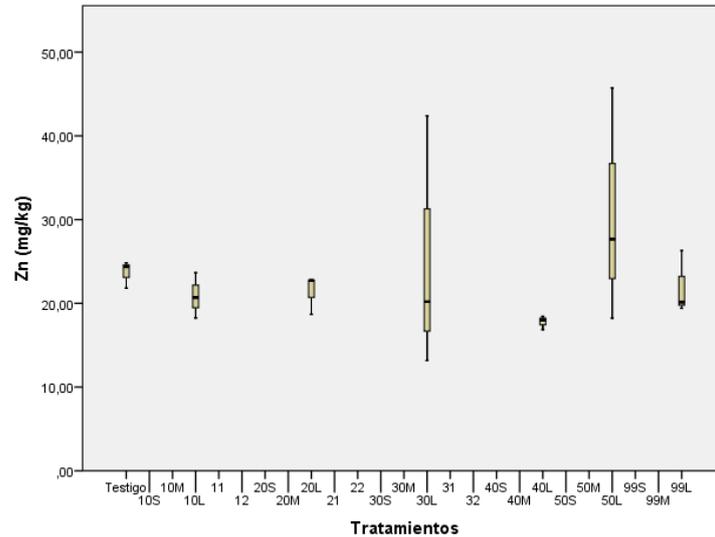


Figura 30. Contenido de cinc (Zn), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

5.2.2.4. Metales pesados: Cd, Cr, Ni, Pb

- Cadmio (Cd)

El análisis ANOVA respecto los contenidos de cadmios en los diferentes tratamientos de lechuga ha resultado en un α de 0,162. De la misma manera, el análisis *SNK* ha agrupado todos los tratamientos en un único grupo, de modo que no hay diferencias significativas entre los mismos. La Figura 31 presenta el contenido de cadmio en las muestras de lechuga.

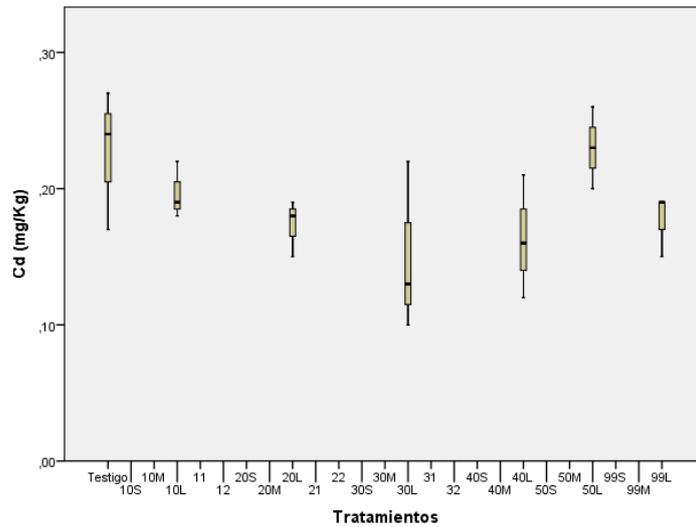


Figura 31. Contenido de Cadmio (Cd), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Cromo (Cr)

La Figura 32 presenta el contenido de cromo en las muestras de lechuga. El análisis *SNK* ha separado los tratamientos ensayados con lechugas en 2 grupos, de los cuales se nota una diferencia significativa en el contenido de cromo solo entre el tratamiento testigo, que presentó el mayor valor de ese elemento, un 216,3 mg/kg, y el tratamiento 30L, que contenía la concentración más pequeña, un 42,26 mg/kg. Los demás tratamientos presentaron un contenido de cromo entre 84,47 mg/kg (99L) y 109,20 mg/kg (50L). Estos resultados podrían explicarse por un efecto dilución. Los tratamientos con más biomasa presentan contenidos más bajos y viceversa.

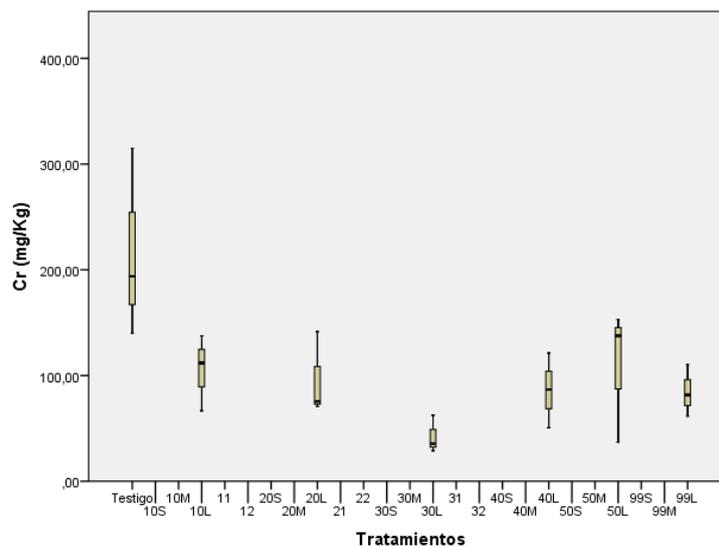


Figura 32. Contenido de Cromo (Cr), en mg/kg de los tratamientos testigo, 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Níquel (Ni)

Respecto al contenido de níquel, el análisis *SNK* ha separado los tratamientos en 2 grupos, entre los cuales se nota una diferencia significativa solo entre el tratamiento de vermicompost, 30L, que presentó el valor más bajo de níquel (12,8 mg/kg de peso seco) y el testigo, que a su vez presentó el mayor contenido, con promedio igual a 59 mg/kg (Figura 33). Los demás tratamientos, que presentaron valores entre 24,3 mg/kg (40L) y 29,7 mg/kg (10L), estaban presentes en los dos subgrupos. La concentración en este elemento parece también estar afectada por un efecto dilución.

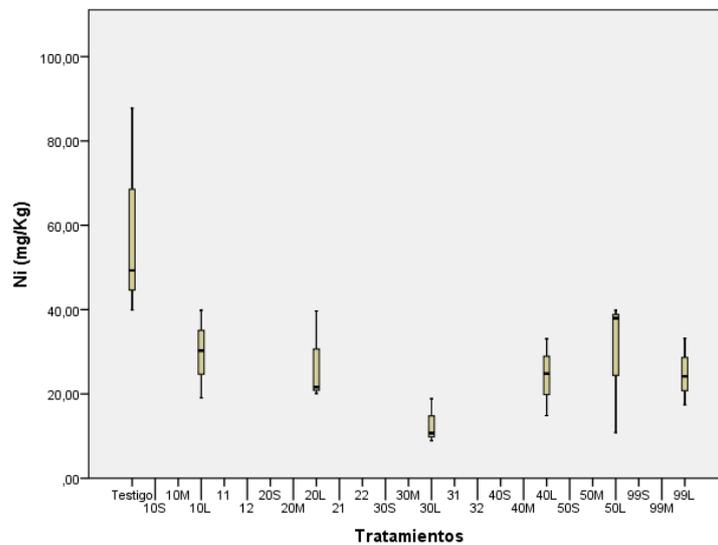


Figura 33. Contenido de Níquel (Ni), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Plomo (Pb)

La Figura 34 presenta el contenido de plomo en las muestras de lechuga. El análisis ANOVA entre los tratamientos respecto al parámetro plomo ha resultado en un α de 0,106. Por consiguiente, el análisis *SNK* ha agrupado todos los tratamientos en un único grupo, de modo que no hay diferencias significativas entre los mismos.

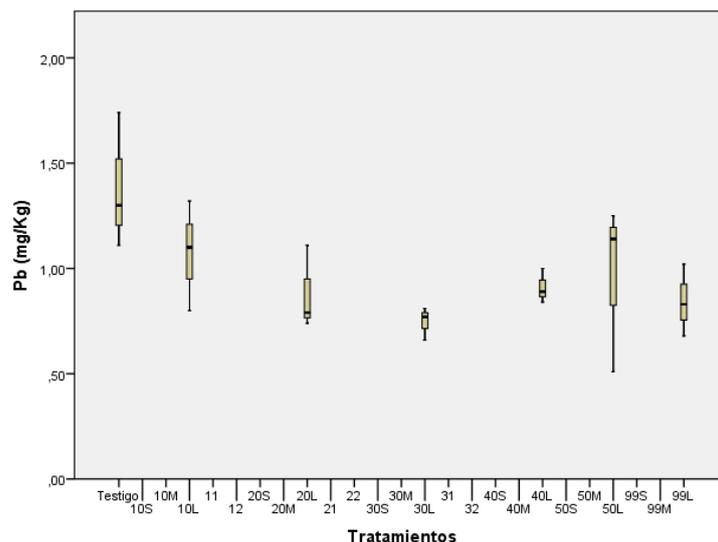


Figura 34. Contenido de plomo (Pb) del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

5.2.2.5. Otros elementos

- Sodio (Na)

Tal y como se puede observar en la Figura 35, los tratamientos que presentaron mayor concentración de sodio fueron el 10L, con 0,37 g Na/100g PS, y el 20L, con 0,36 g Na/100g PS, agrupados juntos por el análisis *SNK*. Aislado de los demás, el 40L presentó concentración intermedia de Na, un 0,28 g/100g PS. Ya los tratamientos con contenidos más bajos de sodio fueron el testigo, con 0,17 g Na/100g PS, el tratamiento de vermicompost y el tratamiento de abono químico, ambos con 0,20 g Na/100g PS. El contenido en este elemento en los abonos de partida se ha transferido a los tejidos vegetales.

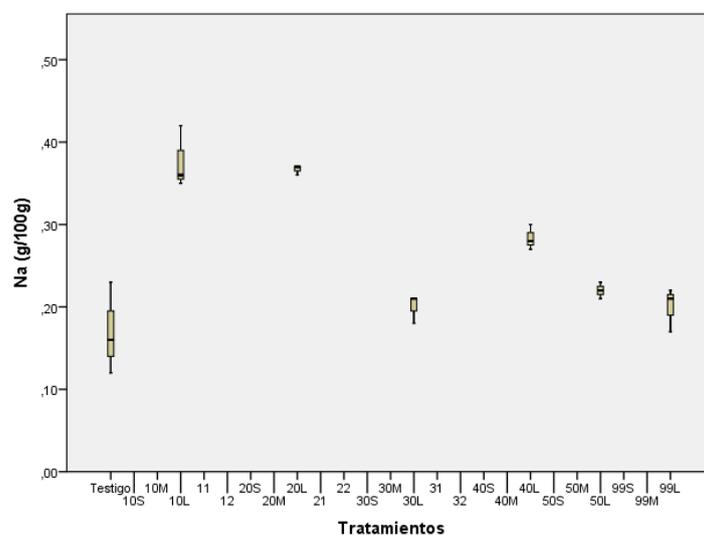


Figura 35. Contenido de sodio (Na) del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

5.3. RESULTADOS DE BRÓCULI

5.3.1. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO.

La Tabla 10 contiene los valores observados de los parámetros peso fresco (PF en g/planta), peso seco (PS en g/planta), contenido en materia seca (%), SPAD y número de hojas en los ensayos con brócoli, y el nivel de significancia del análisis estadístico ANOVA. Tal análisis ha demostrado diferencias significativas entre los tratamientos, que serán detalladas en los siguientes apartados.

Tabla 10. Valores de Peso fresco (PF), Peso Seco (PS), materia seca, SPAD y número de hojas obtenidos en cada tratamiento en los ensayos con brócoli, y el nivel de significancia del ANOVA. Valores con * presentaron diferencias significativas.

Tratamiento	PF (g/planta)	PS (g/planta)	Materia seca	SPAD	N hojas
0	2,66	0,54	20,13	45,29	4,63
10S	3,51	0,73	20,81	48,50	4,38
10M	4,00	0,79	19,74	45,35	4,75
10L	8,86	1,45	16,31	48,76	5,25
11	4,52	0,85	18,77	47,99	5,00
12	4,10	0,75	18,28	46,38	5,25
20S	3,15	0,66	20,93	49,73	4,13
20M	4,00	0,79	19,84	46,18	4,88
20L	4,47	0,82	18,32	48,04	4,88
21	3,46	0,74	21,31	46,11	4,63
22	3,32	0,70	21,14	46,06	4,63
30S	4,82	0,91	18,78	47,51	5,50
30M	7,66	1,34	17,49	47,49	5,88
30L	19,02	2,49	13,09	54,69	6,88
31	8,10	1,75	21,61	49,70	6,13
32	8,09	1,50	18,57	51,46	5,88
40S	2,98	0,66	22,14	44,61	4,88
40M	3,75	0,84	22,51	47,64	4,50
40L	9,04	1,70	18,84	55,94	6,13
50S	2,83	0,68	23,86	42,83	4,75
50M	3,76	0,79	20,89	46,95	4,88
50L	6,84	1,32	19,22	56,21	5,50
99S	3,27	0,72	22,01	44,25	4,75
99M	4,25	0,93	21,88	46,44	4,50
99L	12,65	2,22	17,53	49,39	6,38
Sig.	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*

5.3.1.1. *Peso Fresco*

Al igual que en los ensayos con lechugas, el tratamiento 30L fue el que presentó el mayor peso seco, siendo significativamente diferente de todos los demás, con un promedio de 19,01 g por planta. El segundo mayor peso seco fue el obtenido con el tratamiento 99L, también significativamente distinto de los demás, pero notablemente inferior al ya mencionado, con un promedio de 12,6 g por planta.

Por otra parte, el peso fresco de los tratamientos 50S, 40S, 20S, 99S, 22, 21, 10S, 40M, 50M, 20M, 10M, 12 y 99M no presentaron diferencias significativas con el testigo no abonado (2,65 g/planta), y presentaron valores de peso fresco entre 2,83 g y 4,25 g. Valores intermedios de crecimiento han sido identificados en los tratamientos 50L, 30M, 32, 31, 10L y 40L, comprendidos entre 7,28 y 9,04 g.

Esas diferencias pueden ser observadas en las Figura 36, 37 y 38.

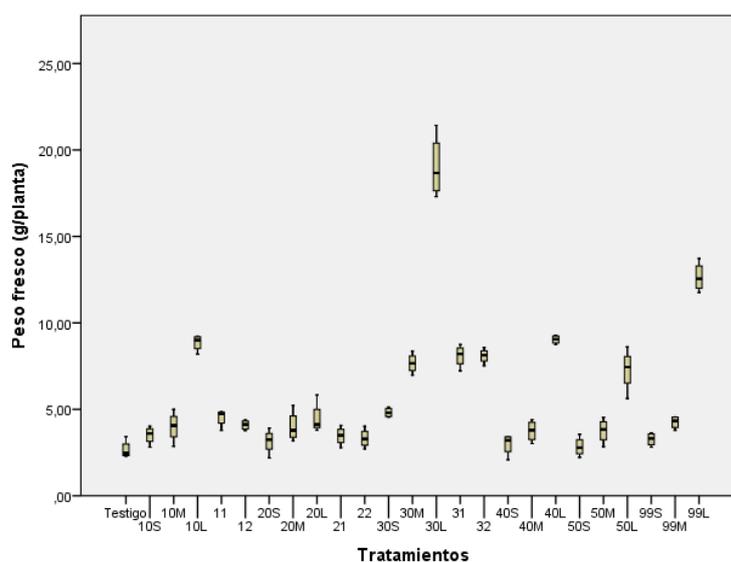


Figura 36. Diagrama de cajas con valores de peso fresco (g/planta) de cada tratamiento en los ensayos con brócoli

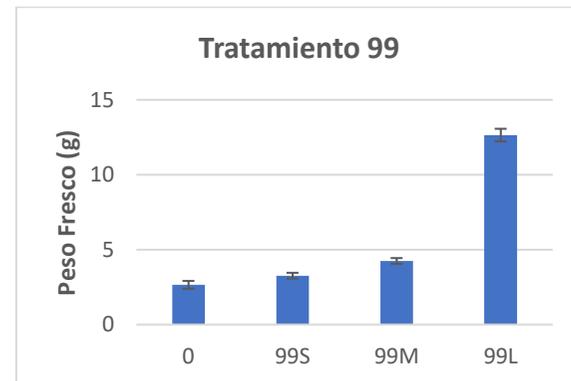
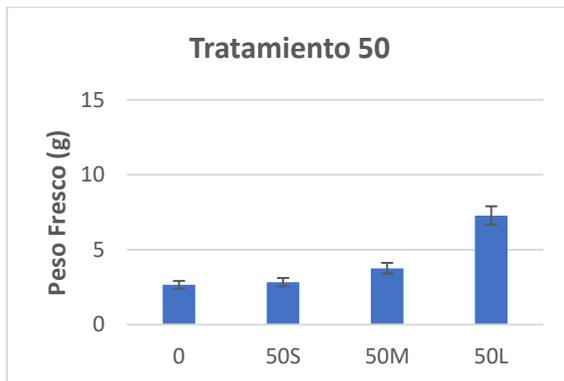
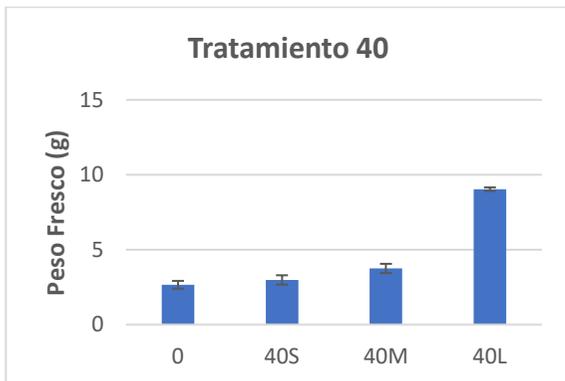
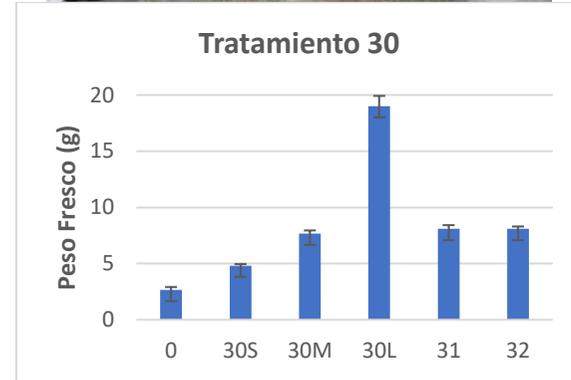
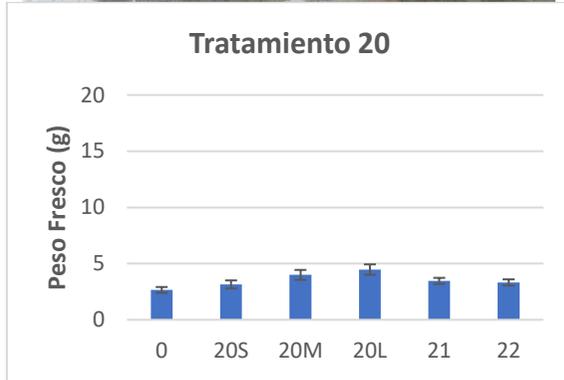
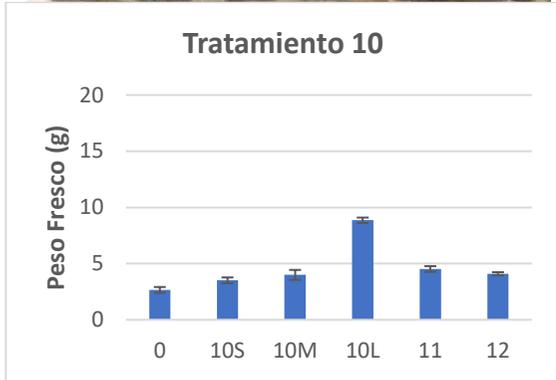


Figura 37. Fotos del ensayo de brócoli a diferentes tratamientos y análisis gráfico de los valores observados de peso fresco (g/planta). Tratamientos 10: Agroindustrial; 20: biorresiduo; 30: vermicompost; 40: subproducto animal mezcla; 50: Subproducto avícola; 99: abono mineral.

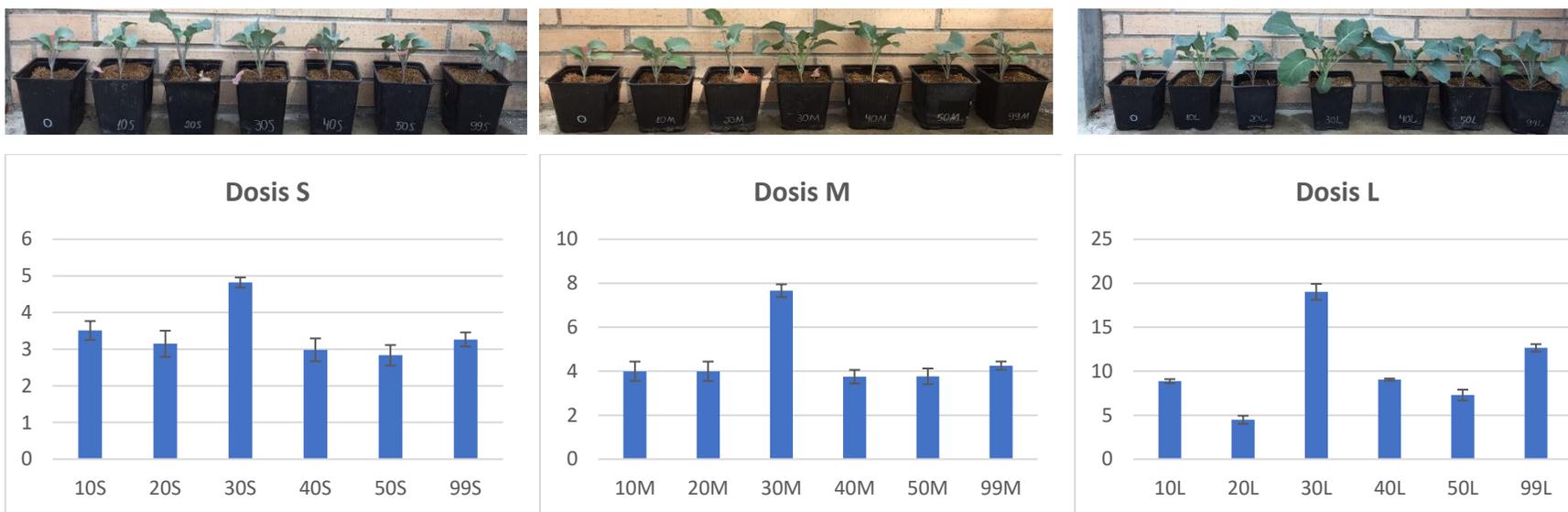


Figura 38. Comparación de cada dosis de abono (S: “baja”, M: “media” y L “alta”) frente a los diferentes tipos de abonos utilizados. Tratamiento 10: Agroindustrial; tratamiento 20: biorresiduo; tratamiento 30: vermicompost; tratamiento 40: subproducto animal mezcla; tratamiento 50: Subproducto avícola; Tratamiento 99: abono mineral.

5.3.1.2. *Peso seco*

La Figura 39 presenta el promedio de peso seco en las muestras de brócoli. El tratamiento 30L fue el que presentó mayor valor de peso seco, 2,89 g PS/planta, y ha sido clasificado por el análisis SNK como significativamente diferente de los demás, tal y como el tratamiento 99L, con un promedio de 2,5 g de peso seco por planta. Los tratamientos 31, 40L, 32 y 10L fueron agrupados juntos, y esos dos últimos tratamientos fueron considerados significativamente iguales a los tratamientos 50L y 30M.

Por otra parte, el promedio de las muestras del testigo no abonado fue un 0,53 g; los tratamientos agrupados junto a él fueron: 20S, 40S, 50S, 99S, 10S, 21,22, 12, 50M, 10M, 20M, 20L, 40M, 11, 30S y 99M, es decir, todos los de las dosis S y M de abonado, además del 20L, con valores de peso seco comprendidos entre 0,66 g a 0,93 g.

Valores intermedios de peso seco han sido identificados en los tratamientos 50L, 30M, 10L, 32, 40L, 31, comprendidos entre 1,315 g y 1,75 g.

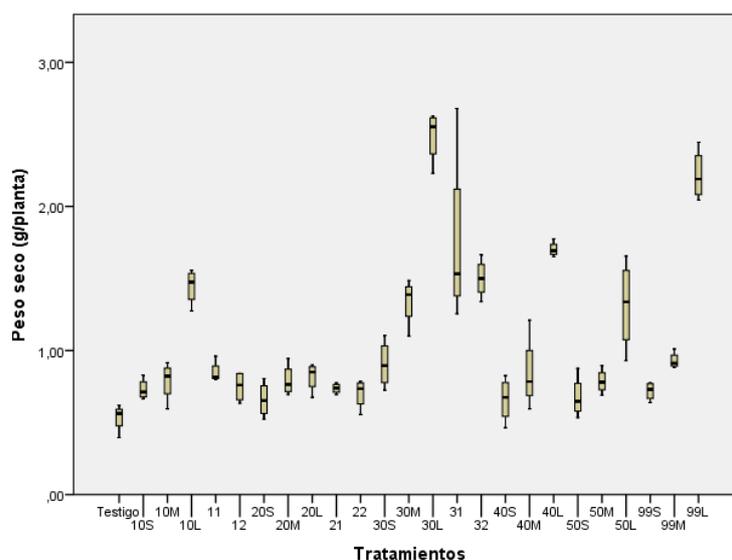


Figura 39. Diagrama de cajas con valores de peso seco (g/planta) de cada tratamiento en los ensayos con brócoli.

5.3.1.3. *ÍNDICE SPAD*

La Figura 40 presenta el promedio de la intensidad de coloración de las hojas de brócoli. El índice SPAD del testigo fue 42,83, considerado significativamente diferente únicamente de los tratamientos 30 L, 40 L y 50L, que presentaron valores de 54,7; 55,9 y 56,2 respectivamente.

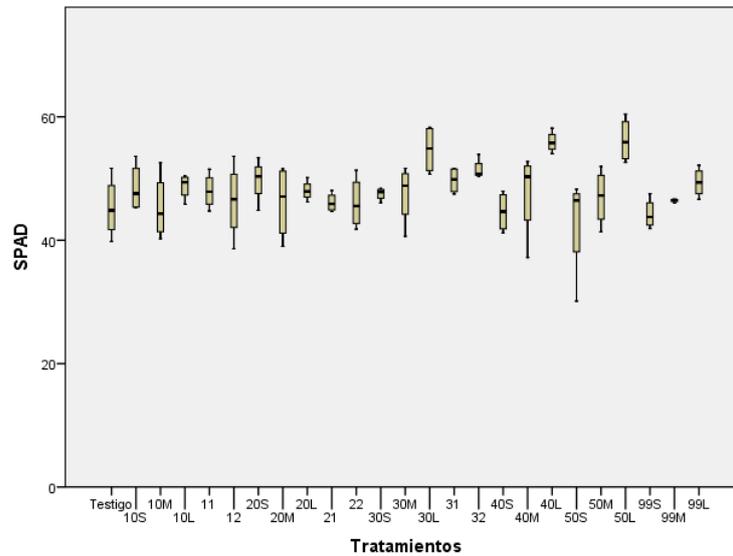


Figura 40. Diagrama de cajas con valores del índice SPAD para cada tratamiento en los ensayos con brócoli.

5.3.1.4. Número de hojas

La Figura 41 presenta el promedio del número de hojas en las muestras de brócoli. Los tratamientos 20S, 10S, 40M y 99M han presentado un número de hojas inferior al testigo. Mientras en el testigo se ha encontrado un promedio de 4,63 hojas/planta, los tratamientos mencionados tenían entre 4,13 y 4,5. Sin embargo, esa diferencia no ha sido considerada significativa.

Solo los tratamientos 31, 40L, 99L y 30L (6,13; 6,13, 6,4 y 6,9 hojas por planta, respectivamente) han sido considerados significativamente diferentes del testigo.

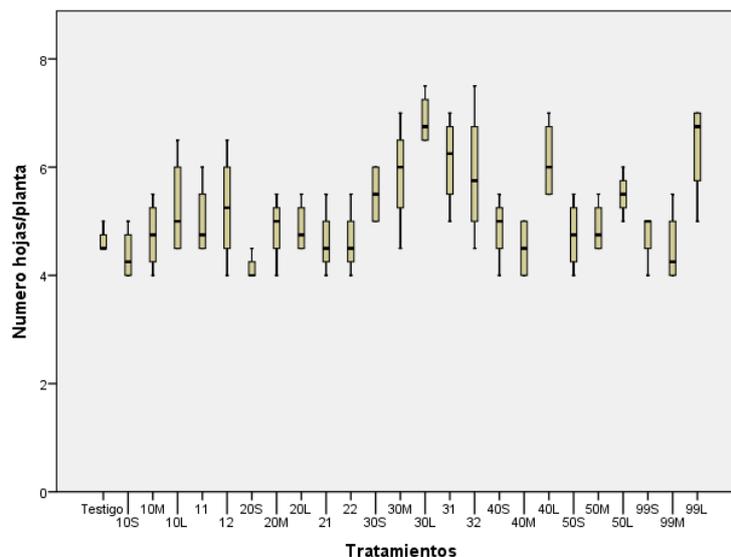


Figura 41. Diagrama de cajas respecto el número de hojas por planta de cada tratamiento en los ensayos con brócoli.

5.3.2. ANÁLISIS QUÍMICO

La composición química de los distintos tratamientos se presenta en la Tabla 11. En su última columna se muestra la significación del análisis ANOVA. En el Anejo Estadístico se presentan los ANOVAs detalladas, así como los distintos grupos homogéneos resultantes de la aplicación del test discriminador de *SNK*.

Tabla 11. Valores medios de los análisis químicos de los tratamientos 0, 10L, 20L, 30L, 40L y 50L en brócoli y el nivel de significancia de los ANOVAs. Valores con * presentaran diferencias significativas.

Parámetros	0	10L	20L	30L	40L	50L	99L	Sig.
N tot (g/100g)	1,06	1,94	1,85	3,69	2,25	2,47	1,96	0,000*
P (g/100g)	0,19	0,12	0,17	0,1	0,2	0,16	0,3	0,000*
K (g/100g)	2,06	2,72	2,51	4,18	2,53	2,41	2,86	0,000*
C tot (g/100g)	40,7	39,4	40,0	40,3	41,2	41,3	39,2	0,000*
S (g/100g)	0,55	1,11	0,99	0,36	0,31	0,50	1,04	0,000*
Ca (g/100g)	0,6	0,8	0,84	1,0	0,81	0,75	0,81	0,026*
Mg (g/100g)	0,34	0,45	0,48	0,70	0,59	0,49	0,57	0,000*
B (mg/Kg)	12,4	19,5	18,2	10,3	6,5	8,5	5,3	0,000*
Cu (mg/Kg)	7,9	9,5	10,0	10,1	11,5	12,2	6,4	0,001*
Fe (mg/Kg)	68,6	37,5	36,6	45,9	74,2	37,3	45,3	0,007*
Mn (mg/Kg)	82	131	137	132	146	135	146	0,010*
Mo (mg/Kg)	21,8	6,4	15,0	15,6	14,0	16,9	6,1	0,019*
Zn (mg/Kg)	13,9	12,2	13,6	11,4	10,8	14,2	10,5	0,306
Cd (mg/Kg)	0,03	0,04	0,03	0,07	0,04	0,04	0,05	0,08
Cr (mg/Kg)	2,02	1,07	0,79	0,87	3,04	0,48	1,24	0,000*
Ni (mg/Kg)	0,97	1,33	0,5	1,76	1,26	0,8	2,04	0,146
Pb (mg/Kg)	0,24	0,22	0,25	0,20	0,27	0,25	0,34	0,729
Na (g/100g)	0,07	0,15	0,14	0,15	0,11	0,08	0,05	0,000*

5.3.2.1. Macronutrientes principales (N, P, K) y C

- Nitrógeno Total

Tal y como si observa en la Figura 42, el contenido de nitrógeno en el tratamiento 30L fue significativamente mayor que en los demás, con 3,69 g N/ 100g de peso seco de muestra vegetal. Los siguientes tratamientos con mayor contenido en N fueron el 50L (2,5 g N/ 100g

PS), 40L (2,25 g N/ 100g PS), 99L (1,96 g N/ 100g PS) y 10L (1,94 g N/ 100g PS), en un mismo subconjunto. Mientras que el valor más bajo fue del testigo, con un 1,06 g N/100g PS.

El contenido de nitrógeno en los diferentes tratamientos en brócoli fue bastante similar al observado en el ensayo con lechugas.

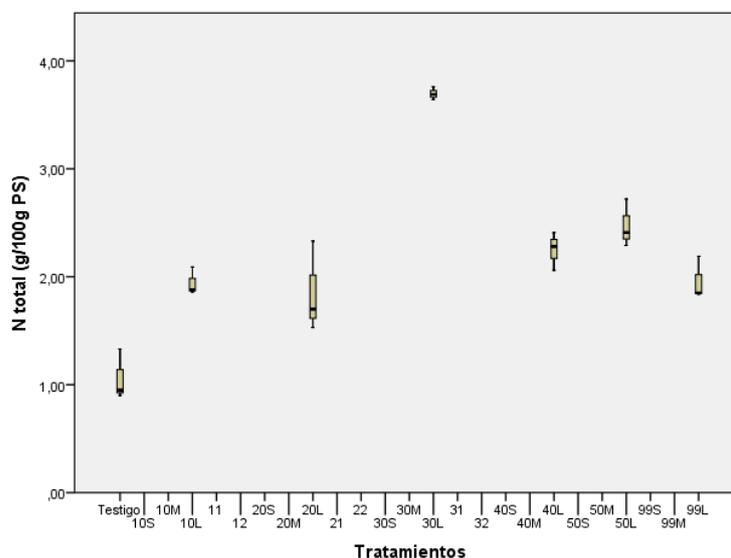


Figura 42. Contenido de Nitrógeno total (N total) en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Fósforo

Igual que en el ensayo con lechugas, el tratamiento químico mineral 99L fue el que presentó el mayor contenido de fósforo, con un 0,303 g P/ 100g de peso seco (Figura 43). En seguida, y agrupados juntos por el análisis *SNK*, están los tratamientos 40L (0,196 g P/ 100g PS), el testigo no abonado (0,19 g P/ 100g PS), 20L (0,17 g P/ 100g PS), y 50L (0,16 g P/ 100g PS).

Los valores más bajos de P han sido encontrados en los tratamientos 30L (0,11 g P/ 100g PS) y 10L (0,12 g P/ 100g PS).

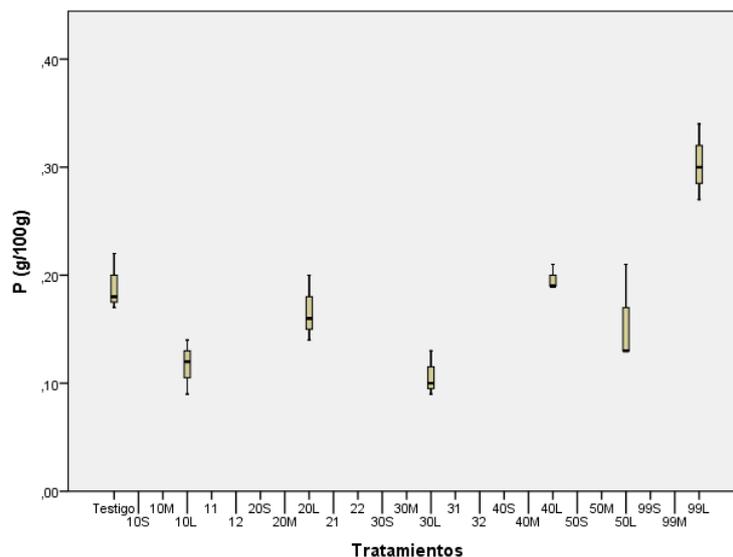


Figura 43. Contenido de fósforo (P), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Potasio

El tratamiento 30L fue el que presentó niveles de potasio significativamente más elevados que los demás, con un 4,17 g K/ 100g de peso seco (Figura 44). Todos los demás tratamientos fueron considerados similares estadísticamente. Este hecho puede estar relacionado a las elevadas concentraciones de potasio en el té de vermicompost, mucho mayor que en los demás tratamientos.

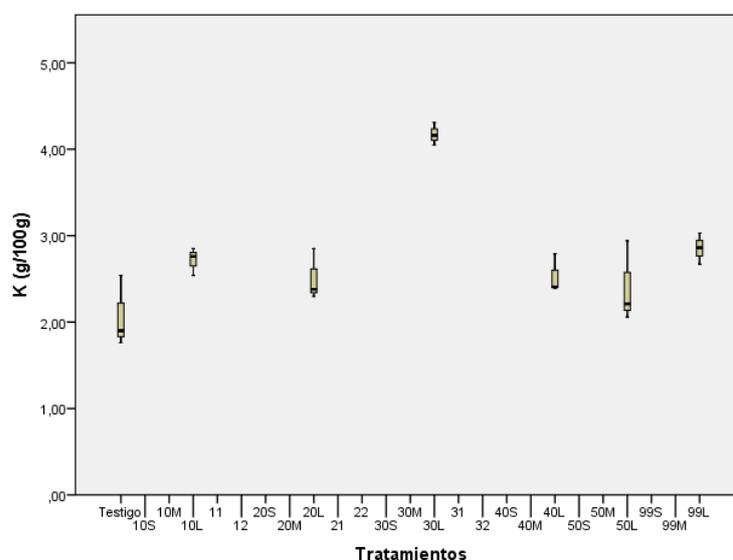


Figura 44. Contenido de potasio (K), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Carbono Total

Los contenidos de carbono total no presentaron grandes variaciones entre los tratamientos, tal y como se nota en la Figura 45. Los únicos considerados significativamente diferentes del testigo no abonado fueron el abono mineral, 99L, con 39,2 g/100g y el 10L, con 39,4 g/100g, con los más bajos contenidos de carbono.

Por otra parte, los tratamientos con mayor contenido de carbono total fueron 50L (41,8 g C /100g), 40L (41,2 g C /100g) y el testigo (40,7 g C /100g), considerados similares entre si. El 20L y el 30L presentaron un contenido de carbono ligeramente superior a 40 g/100g, también estadísticamente similares al testigo.

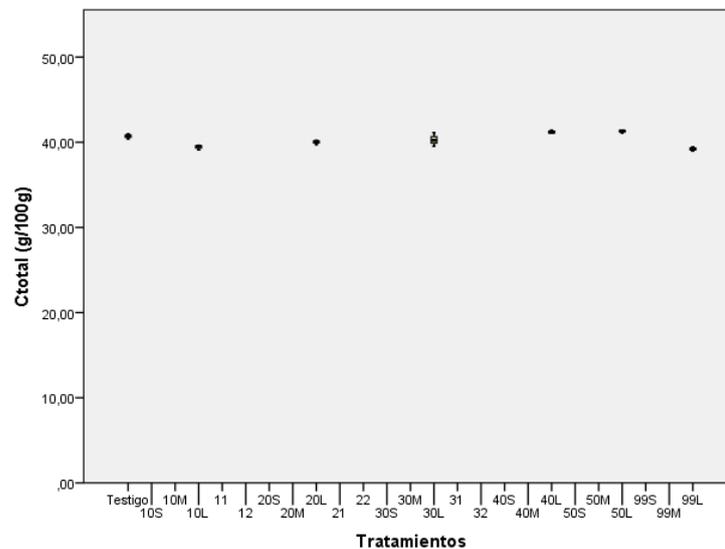


Figura 45. Contenido de carbono total (C total), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

5.3.2.2. Macronutrientes secundarios: S, Ca, Mg

- Azufre (S)

Respecto el contenido de azufre en las muestras de brócoli, los tratamientos fueron agrupados en 3 grupos: el de mayor contenido, compuesto por 10L (1,1 g S/100 g PS), 99L (1,04 g S/100 g PS) y 20L (0,98 g S/100 g PS); el grupo de concentración intermedia: testigo (0,55 g S/100 g PS), 50L (0,50 g S/100 g PS) y 30L (0,36 g S/100 g PS) y el grupo de valores más bajos, que comparte los tratamientos 50L y 30L además del 40L (0,30 g S/100 g PS). La Figura 46 presenta el promedio del contenido de azufre en las muestras de brócoli.

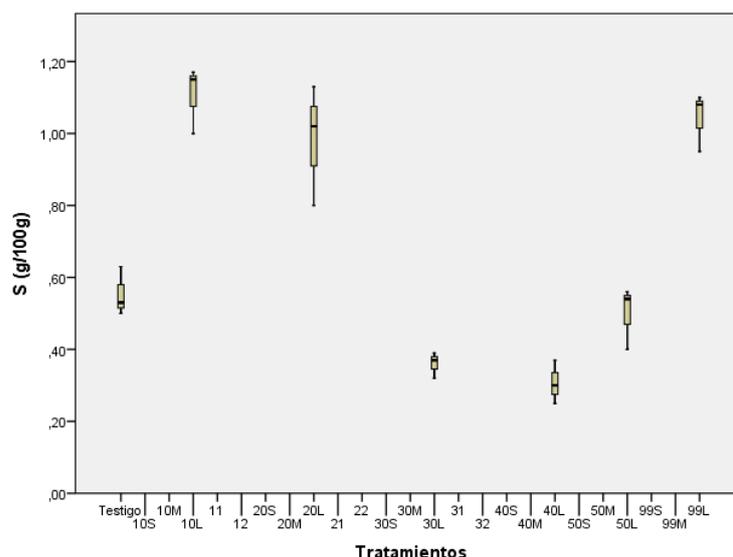


Figura 46. Contenido de azufre (S) en g/100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Calcio (Ca)

Al contrario de lo que se ha encontrado en el ensayo con lechuga, en el ensayo con brócoli el tratamiento 30L fue el que presentó el mayor valor de contenido de calcio, con un 1 g Ca/100 g PS (Figura 47), pero que no fue significativamente diferente de los otros tratamientos, a excepción del testigo, que presentó un contenido de calcio de 0,6 g/100 g PS.

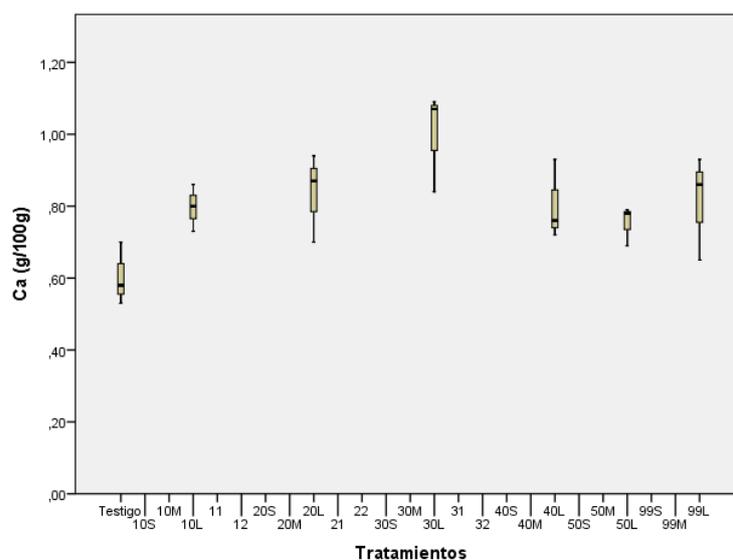


Figura 47. Contenido de calcio (Ca) en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Magnesio (Mg)

El mayor contenido de magnesio fue observado en el tratamiento 30 L, con 0,7 g Mg/100 g de peso seco, estadísticamente similar a los tratamientos 40L (0,58 g Mg/100 g PS) y 99L (0,57 g Mg/100 g PS), mientras el tratamiento control (testigo no abonado) presentó un contenido de Mg de 0,34 g Mg/100 g PS, es decir, menos de la mitad de lo obtenido en el tratamiento 30L (Figura 48). En el mismo grupo del control el test discriminador *SNK* añadió los tratamientos 10L, 20L y 50L.

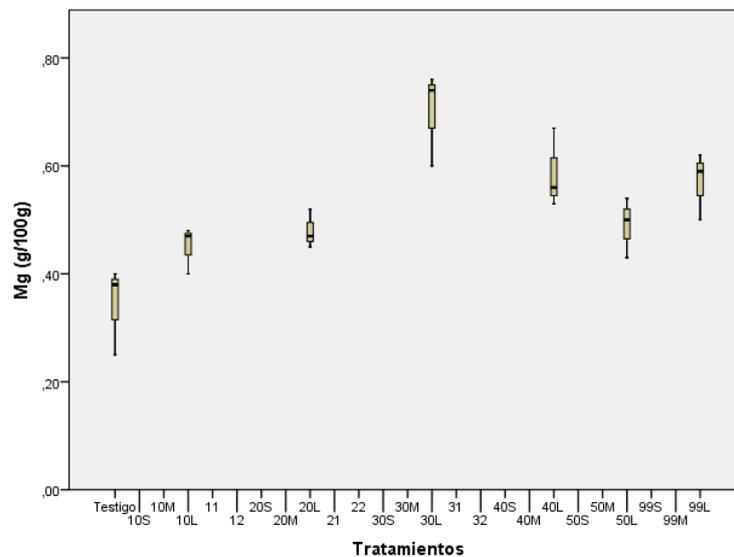


Figura 48. Contenido de magnesio (Mg), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

5.3.2.3. Oligoelementos (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn)

- Boro (B)

Respecto el boro, los tratamientos con mayor concentración fueron el 10L, con un 19,5 g/100 g de peso seco, y 20L, con un 18,2 g/100 g PS (Figura 49). El siguiente grupo comprende el testigo, con un 12,36 g Mg / 100 g PS e el 30L, con un contenido de 10,3 Mg / 100 g PS. Ya los tratamientos 99L, 40L y 50L han sido agrupados juntos y poseen los menores valores de contenido de boro, con 5,26; 6,46 y 8,52 g Mg / 100 g PS, respectivamente. Estos resultados son muy parecidos a los de lechuga.

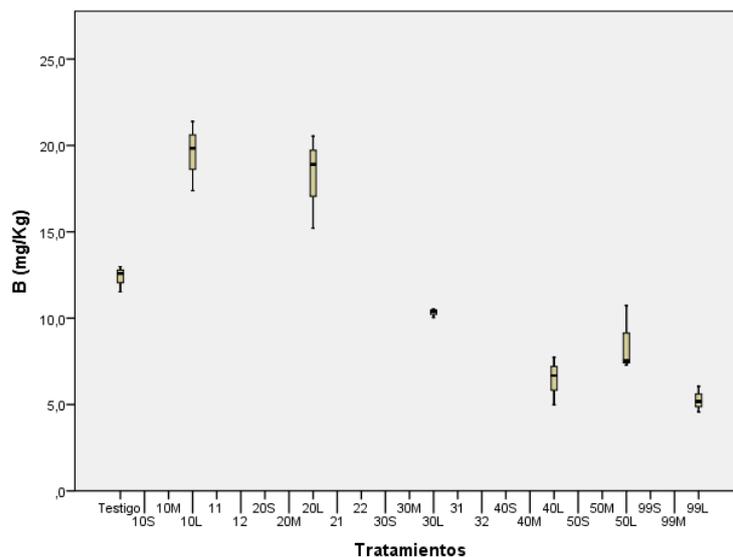


Figura 49. Contenido de Boro (B), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- **Cobre (Cu)**

Los tratamientos con el menor contenido de cobre fueron el 99L, con 6,38 g Cu/ 100g de peso seco y el testigo, con un 7,94 g Cu/ 100g PS, estadísticamente similar al primero. Por otra parte, todos los demás tratamientos – 10L, 20L, 30L, 40L y 50L - fueron agrupados juntos, presentando un rango del contenido de cobre entre un 9,53 g Cu/ 100g PS (10L) y un 12,17 (50L). La Figura 50 presenta el promedio del contenido de cobre en las muestras de brócoli.

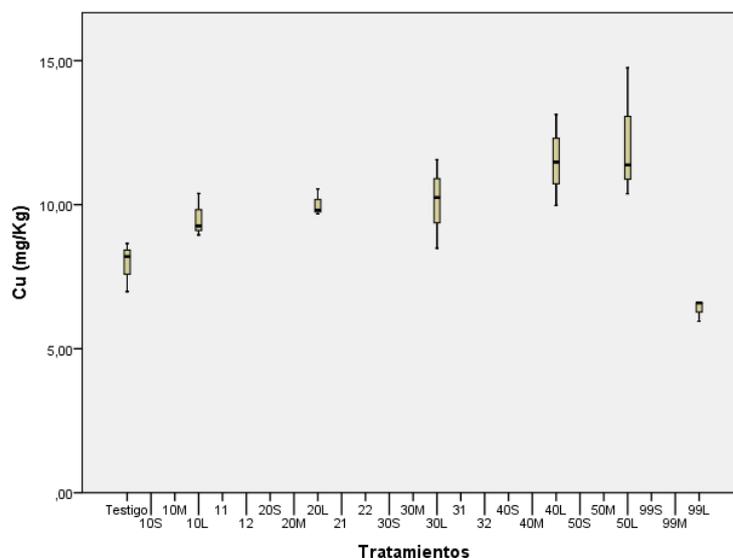


Figura 50. Contenido de cobre (Cu), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Hierro (Fe)

Respecto al mineral hierro, el análisis *SNK* ha separado los tratamientos en apenas 2 grupos, de los cuales se nota una diferencia significativa del contenido de hierro solo entre el tratamiento 40L (74,16 mg Fe/Kg PS) y los tratamientos 20L (36,63 mg Fe/Kg PS), 50L (37,25 mg Fe/Kg PS) y 10L (37,55 mg Fe/Kg PS), incluidos en un mismo grupo. Los tratamientos 99L (45,3 mg Fe/Kg PS), 30L (45,9 mg Fe/Kg PS) y testigo (68,5 mg Fe/Kg PS) se hacen presentes en los dos grupos. Se nota una gran variabilidad dentro de las muestras del testigo, dado su elevada barra de error (Figura 51).

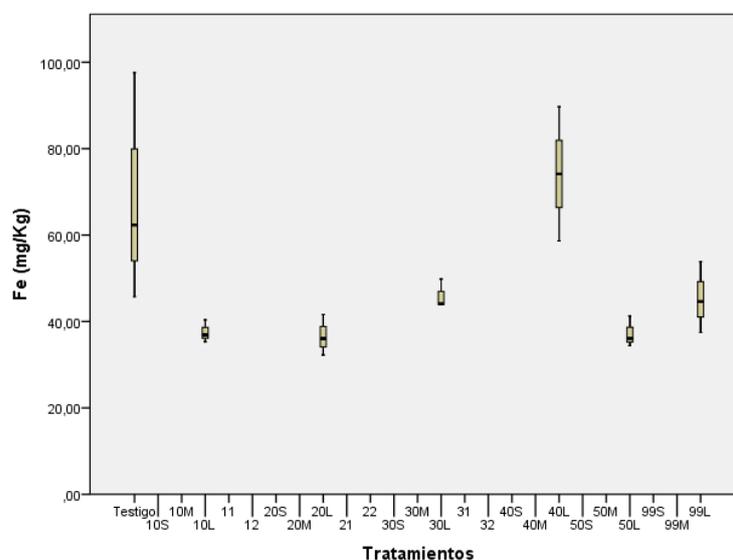


Figura 51. Contenido de Hierro (Fe), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Manganeso (Mn)

Las concentraciones de manganeso en los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L fueron consideradas similares entre si, en un rango de 130,6 mg/kg de peso seco (en el tratamiento 10L) hasta un 146,3 mg/kg, hallado en el tratamiento 99L. Solo se apreció diferencia significativa con respecto a ese grupo y el testigo, tratamiento con el valor en manganeso más bajo, 81,61 mg/kg (Figura 52).

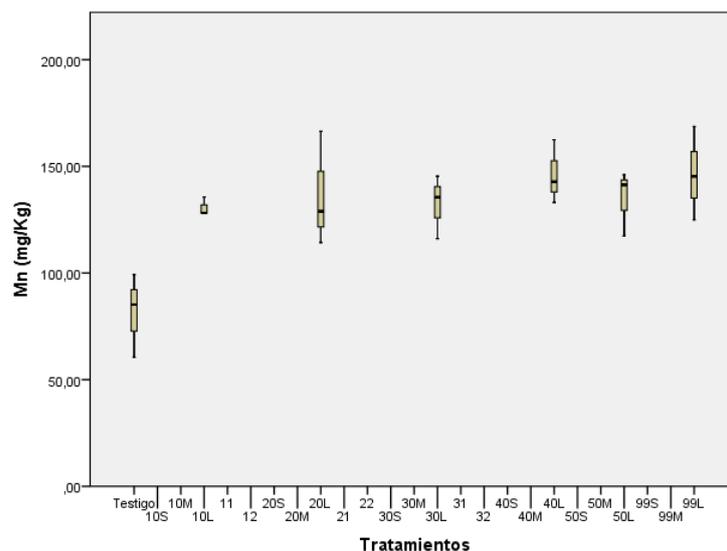


Figura 52. Contenido de Manganeso (Mn), en mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- **Molibdeno (Mo)**

La Figura 53 presenta el promedio de los valores de molibdeno en las muestras de brócoli. El análisis *SNK* ha separado los tratamientos ensayados con brócoli en apenas 2 grupos, de los cuales se nota una diferencia significativa solo entre el testigo no abonado, de mayor concentración, con un 21,79 mg/kg, y los tratamientos de abono químico (99L, con un 6,15mg/kg) y el 10L, con un 6,40 mg de molibdeno/kg de peso seco. Los demás tratamientos han sido incluidos en los dos grupos, con el tratamiento de vermicompost alcanzando un valor de 15,57 mg/kg.

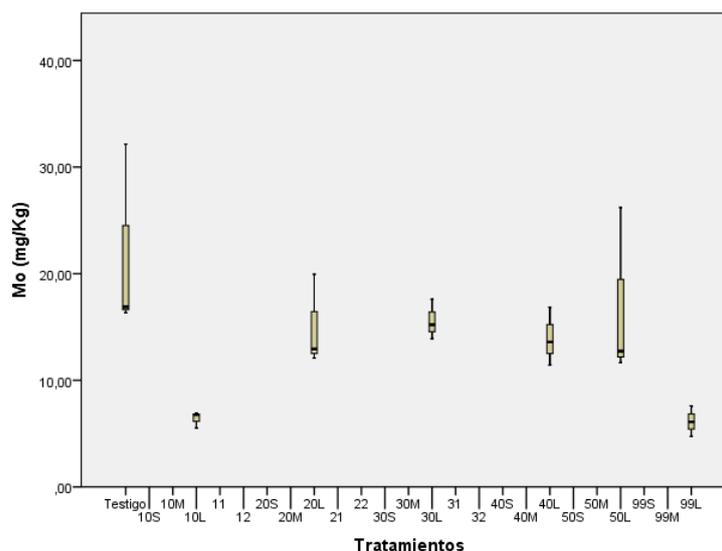


Figura 53. Contenido de Molibdeno (Mo), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Cinc (Zn)

La Figura 54 presenta el promedio del contenido de cinc en las muestras de brócoli. El análisis estadístico ANOVA ha resultado en un α de 0,621. De la misma manera, el análisis *SNK* ha agrupado todos los tratamientos en un único grupo, de modo que no hay diferencias significativas entre los mismos, respecto en contenido de ese mineral.

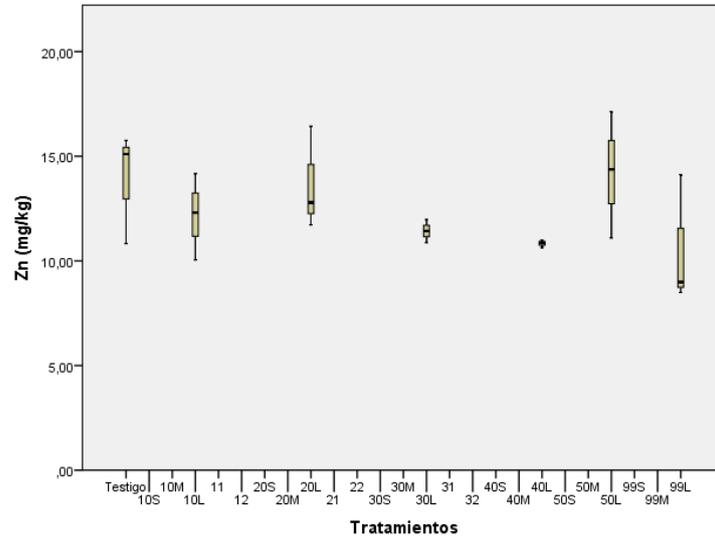


Figura 54. Contenido de cinc (Zn), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

5.3.2.4. Metales pesados: Cd, Cr, Ni, Pb

- Cadmio (Cd)

La Figura 55 presenta el promedio del contenido de cadmio en las muestras de brócoli. El análisis ANOVA respecto los contenidos de cadmio en los diferentes tratamientos ensayados con brócoli ha resultado en un α de 0,080. De la misma manera, el análisis *SNK* ha agrupado todos los tratamientos en un único grupo, de modo que no hay diferencias significativas entre los mismos.

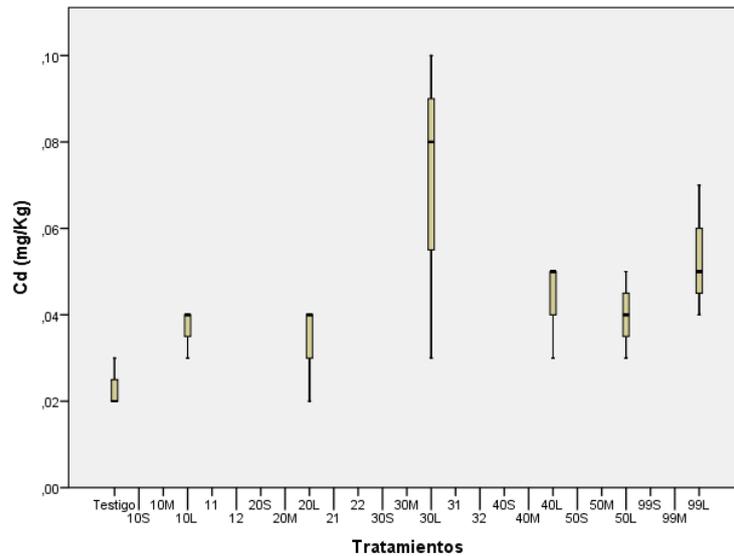


Figura 55. Contenido de Cadmio (Cd), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Cromo (Cr)

El mayor contenido de cromo en los ensayos con brócoli fue encontrado en el tratamiento 40L, con 3,04 mg/kg (Figura 56). Por otra parte, el tratamiento 50L contenía la concentración más baja de ese metal, 0,47 mg/kg. Esos dos tratamientos han sido significativamente diferentes de los demás, que han presentado valores entre 0,79 mg/kg (20L) a 2,02 mg/kg (testigo) y que fueron agrupados juntos por el análisis *SNK*.

Aun así, los valores de cromo hallado en los ensayos con brócoli fueron muy inferiores a los valores encontrado en los ensayos con lechuga.

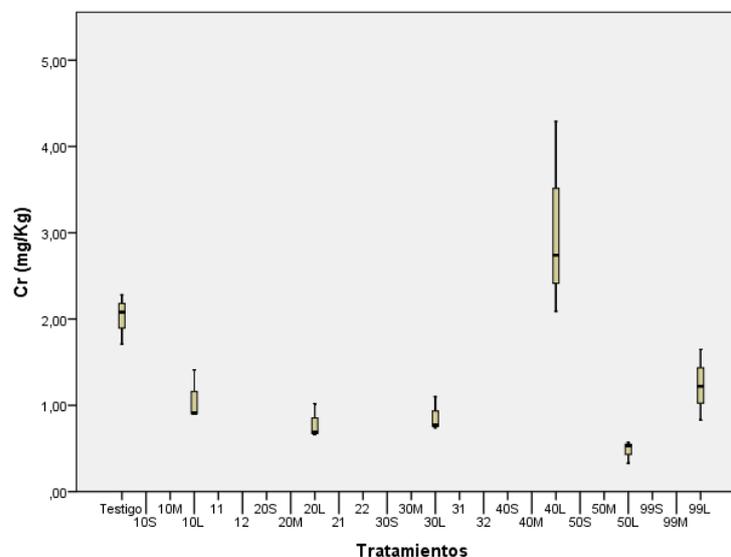


Figura 56. Contenido de Cromo (Cr), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Níquel (Ni)

La Figura 57Figura 54 presenta el promedio del contenido de níquel en las muestras de brócoli. El análisis ANOVA respecto los contenidos de níquel en los diferentes tratamientos ensayados con brócoli ha resultado en un α de 0,146. De la misma manera, el análisis *SNK* ha agrupado todos los tratamientos en un único grupo, de modo que no hay diferencias significativas entre los mismos.

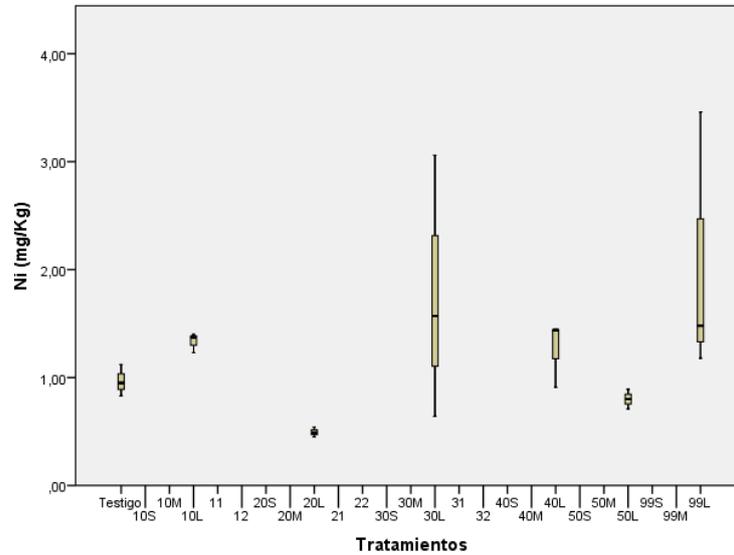


Figura 57. Contenido de Níquel (Ni), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

- Plomo (Pb)

El análisis ANOVA entre los tratamientos respecto el parámetro plomo ha resultado en un α de 0,729. Por consiguiente, el análisis *SNK* ha agrupado todos los tratamientos en un único grupo, de modo que no hay diferencias significativas entre los mismos. La Figura 58 presenta el promedio del contenido de plomo en las muestras de brócoli.

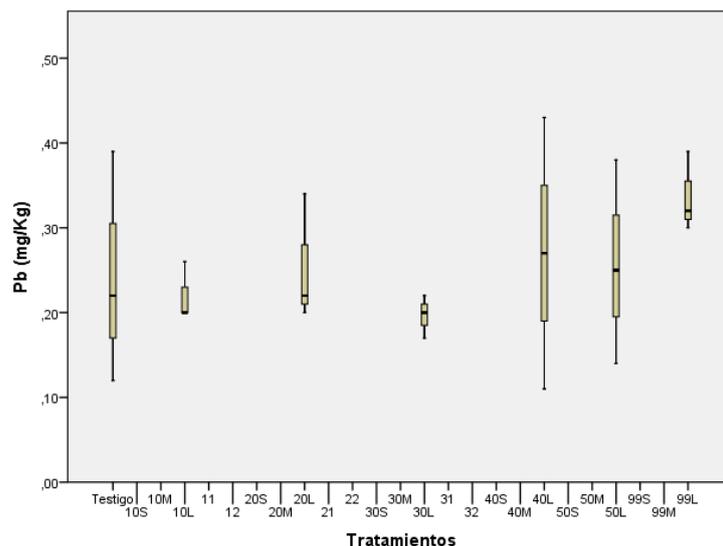


Figura 58. Contenido de plomo (Pb), mg/kg de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

5.3.2.5. Otros elementos

- Sodio

Respecto el contenido de sodio, el análisis *SNK* ha agrupado los tratamientos en 3 grupos. El primero, con mayor contenido, incluye el 10L, con 0,15 g Na/100g de peso seco, 30L y 20L, ambos con 0,14 g Na/100g PS. El segundo tratamiento comprende solo el 40L, con 0,11 g Na/100g PS y el tercero, con los menores valores de sodio, es compuesto por el 99L (0,53 g Na/100g PS), el testigo (0,07 g Na/100g PS) y el 50L, con 0,76 g Na/100g PS. Los resultados son similares a los de lechuga exceptuando el caso del abono 30L que en lechuga presentó un contenido similar al testigo. La Figura 59 presenta el promedio del contenido de sodio en las muestras de brócoli.

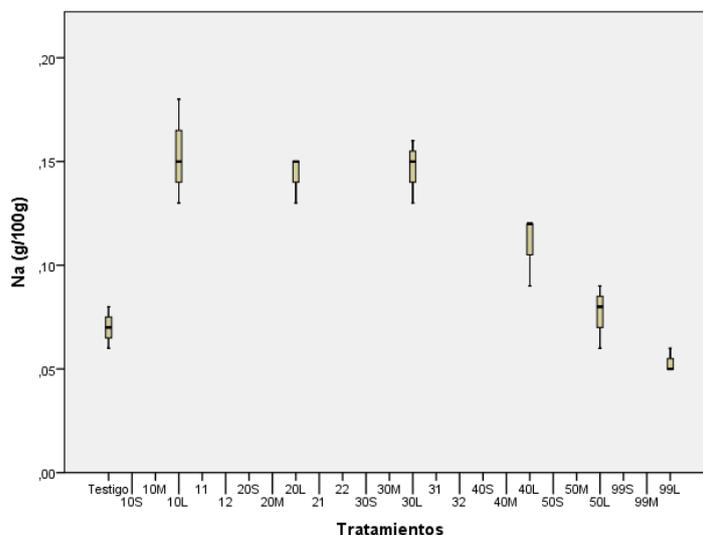


Figura 59. Contenido de sodio (Na), en g por 100g de peso seco, del testigo y de los tratamientos 10L, 20L, 30L, 40L, 50L y 99L.

6. DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos en la composición química de las plantas de brócoli y lechuga fue bastante similar en ambos ensayos, lo que era esperado. El contenido de nutrientes de los téis viene determinado mayoritariamente por el tipo de compost de partida (Pane *et al.* 2016), más que por el protocolo de producción de téis utilizado.

Bajo las condiciones del ensayo y evaluando únicamente los efectos a corto plazo el tratamiento 30, extracto de vermicompost, ha sido el que mejores prestaciones ha generado, incluso superiores al mineral. El 20, extracto de biorresiduo, ha producido los peores resultados. Los extractos de residuos agroindustriales (10), de mezcla de subproducto animal (40) y de subproductos avícolas (50) han tenido un comportamiento similar.

Respecto a los diferentes tipos de métodos de extracción, en investigaciones preliminares, Edwards y colaboradores (2006) demostraron que téis producidos bajo aeración son mucho más estables y efectivos que aquellos producidos sin aireación. Sin embargo, en este estudio las variantes de extracciones (aireada o alcalinizada) no han modificado la respuesta de los cultivos, ni en los ensayos con lechuga ni en los ensayos con brócoli, con relación a la extracción estándar con agua y sin oxigenación.

El mejor tratamiento en crecimiento (peso fresco y peso seco) fue claramente el 30 L superando a todos los demás, incluidos al mineral (99L), tanto en los ensayos con lechuga como en los de brócoli. Le sigue el mineral (99) a la dosis más elevada (L). El resto de los tratamientos a dosis alta de nitrógeno (L) fueron inferiores al mineral. A continuación le siguen los tratamientos 10 L y 40 L, 30M (31 Y 32) y 50L (Figura 12, Figura 15, Figura 36 y Figura 39).

En ambos ensayos respecto las variables peso fresco y peso seco, a excepción del tratamiento 30, todos los tratamientos a concentración más baja de nitrógeno (S) y casi todos a concentración intermedia (M) fueron agrupados junto al testigo lo que puede significar que la dosis baja y también la dosis media de nitrógeno en las formas presentes en los abonos no han sido suficientes para garantizar un crecimiento satisfactorio de ninguna de las plantas ensayadas.

Dado que se aplicó la misma cantidad de Nitrógeno total en todos los tratamientos L (de 40 mg N/planta en lechuga y 52 mg N/planta en brócoli) las diferencias en la respuesta de los cultivos podrían estar relacionadas con diferencias en la forma predominante de nitrógeno disponible para las plantas en el entorno de las raíces. De hecho, se aprecia que la respuesta de los cultivos a los extractos líquidos estuvo muy relacionada con la concentración de N-NO₃ líquido. El extracto de vermicompost presentó los más altos valores de nitrato (360 ppm N-NO₃), más que el doble que el 2º más alto, 10L, con 164,56 ppm N-NO₃ (Tabla 2). Los extractos provenientes de la mezcla de subproductos animales y subproductos avícolas – 40L y 50L, presentaron, por otra parte, valores muy bajos de nitratos (0,25 y 0 ppm N-NO₃, respectivamente) pero elevados de la otra especie mineral, el N en forma amoniacal N-NH₄. El tratamiento 40L contenía 431 ppm N-NH₄ y el 50L, 214 ppm de N-NH₄.

La mayor fuente de nitrógeno en la mayoría de los suelos es el nitrato, disponible en gran medida gracias a la actividad de los microorganismos *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* (Oaks, 1992). El amonio, por otro lado, no puede ser almacenado en grandes cantidades en las células debido a su toxicidad (Vandermeer, 1995), aunque en ambientes aerobios y con adecuadas condiciones ambientales, especialmente de temperatura, es rápidamente oxidado a Nitrato (Irigoyen *et al.* 2003)

Sin embargo, no solo eso debe ser la causa de la mejor respuesta de los tratamientos con vermicompost (30), puesto que en los tratamientos a alta dosis el tratamiento 30 incluso mejoró el resultado obtenido con N mineral (99L) en el cual la disponibilidad de sales minerales era máxima. De la misma manera, los valores intermedios del tratamiento 30 (30M, 31 y 32) presentaron datos de peso fresco y seco similares a los demás tratamientos L, en los cuales se aplicó 4 veces la concentración de nitrógeno de los tratamientos M.

Según bibliografía, las sustancias húmicas pueden ser grandes promotoras del desarrollo vegetal, capaces de interactuar con las células de la planta y promover efectos clave que desencadenan respuestas similares a la auxina a través de sus grupos fenólicos y carboxílicos (Muscolo *et al.* 2007; Vaccaro *et al.* 2015), como el aumento del contenido de clorofila y la acumulación de nitrógeno en las plantas (Xu *et al.* 2012). Este hecho puede explicar el mayor contenido de nitrógeno por peso seco en el tratamiento 30 tanto en

lechuga como en brócoli (Figura 18 y Figura 42), y también el mayor crecimiento de las plantas sometidas al tratamiento vermicompost.

El extracto de vermicompost también presentó los mayores valores de óxido de potasio (226 mg K₂O) un 40% superior al tratamiento 10L, el segundo más elevado, con un 138 mg K₂O y casi 3 veces el contenido del tratamiento mineral 99L, con 79,2 mg K₂O (Tabla 6). La respuesta de los ensayos de lechuga y brócoli fueron diferentes respecto el contenido de potasio de los extractos, puesto que mientras en las muestras de brócoli la elevada concentración de potasio por peso seco de planta puede estar relacionada al elevado contenido de óxido de potasio en el extracto de vermicompost, en el ensayo de lechuga no se notó grandes diferencias entre los tratamientos.

Por otra parte, se ha encontrado el menor contenido de fósforo por peso seco de planta tanto en las plantas de lechuga como en las de brócoli en el tratamiento 30L, por lo cual se podría afirmar que el aporte de P suministrado por los abonos no fue limitante para el crecimiento en ninguno de los ensayos.

Los elementos significativamente más afectados por los diferentes tratamientos fueron la composición en N, P, K, S, Na y B de ambas especies vegetales. Mientras que los elementos menos afectados fueron el contenido en Cd, Pb y Zn, descartándose totalmente una hipotética y temida transferencia de estos últimos metales pesados de los abonos a los cultivos.

El C, Cr, Cu, Fe y Mg afectaron significativamente en Brócoli, pero no en lechuga. De manera análoga el Ca y el Ni se vieron afectados en lechuga, pero no en Brócoli. Mn y Mo se vieron ligeramente afectados en ambas especies.

Respecto el ensayo con lechugas, los tratamientos con mayor desarrollo presentaron un estado más juvenil como lo manifiesta la menor formación de repollos. Además, los cultivos sometidos a dosis de sales más elevadas presentan mayor necrosidad en el borde de la hoja, lo que se manifestó con más evidencia en el tratamiento 99L.

En los sistemas agrícolas, la optimización de los ciclos de carbono y nitrógeno a través de la materia orgánica en el suelo puede mejorar la fertilidad de los suelos y aumentar la productividad de los cultivos vegetales mientras reduce el impacto ambiental de esas actividades (Drinkwater *et al.*, 1998). En ese intento, compost y vermicompost están entre

las opciones de bajo costo más prometedoras en la transformación de residuos sólidos agroindustriales en biofertilizantes de valor añadido (Misra, *et al.* 2003). De la misma manera, el uso de sus extractos presentan un elevado potencial, desempeñando un papel importante en el desarrollo de la agricultura orgánica al promover el crecimiento vegetal y aumento de la productividad a costes relativamente bajos (Siddiqui *et al.* 2008).

Este estudio corrobora el potencial de los téis de compost como abono y estimulador del crecimiento en cultivos de brócoli y lechuga, en especial el té de vermicompost, cuyos resultados han superado incluso al tratamiento mineral completo cuando se aplican las mismas concentraciones de nitrógeno y concentraciones más bajas de fósforo. Es importante resaltar este aspecto, puesto que el exceso de N y P utilizado en los sistemas agrícolas ocasionan serios problemas de contaminación de las agua subterráneas, eutrofización de las masas de agua superficiales y polución troposférica relacionada a emisión de óxidos nitrosos y amoníaco (Galloway *et al.* 2003), por lo cual el uso eficiente de nitrógeno y fósforo se hace imprescindible para atender la creciente demanda de alimentos sin ocasionar degradación ambiental y sin contribuir al cambio climático (Steffen *et al.* 2015, Zhang *et al.* 2015).

Sin embargo, nuevos estudios deberán ser desarrollados para avanzar en la comprensión de que sustancias y mecanismos de acción de las mismas, permiten optimizar los procesos y aumentar la eficacia de los téis de compost.

7. CONCLUSIONES

- Las distintas formas de realizar las extracciones no han afectado a la respuesta de los cultivos. Ni la alcalinización, ni la aireación durante el proceso de extracción de los compost ha inducido una respuesta diferencial en los cultivos ensayados bajo las condiciones de los ensayos realizados.
- El tratamiento vermicompost a más alta dosis fue el que resultó en un mejor crecimiento tanto en los ensayos con lechuga como en los ensayos con brócoli;
- Los productos orgánicos pueden igualar e incluso mejorar la respuesta de los cultivos en comparación con los abonos minerales en las condiciones de los ensayos realizadas.
- El mayor desarrollo en los tratamientos que recibieron vermicompost a la mayor dosis en comparación con los minerales no es atribuible al efecto de macronutrientes primarios (N, P) por lo que se pudiera pensar que algún compuesto orgánico está estimulando el crecimiento en los tratamientos orgánicos.
- No se produjo acumulación de metales pesados debida a la aplicación de los distintos extractos orgánicos, y no se manifestó ninguna carencia clara de ningún microelemento.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Arancon, Norman Q., Clive A. Edwards, Richard Dick, and Linda Dick. 2007. "Vermicompost Tea Production and Plant Growth Impacts." *BioCycle* 48(11):51–52.
- Arancon, NQ and CA Edwards. 2005. "Effects of Vermicomposts on Plant Growth." *International Symposium Workshop on Vermi Technologies for Developing Countries (ISWVT 2005)* 1–25. Retrieved (<http://centaur.reading.ac.uk/3754/>).
- Astiz, F. 2017. "Obtención Y Caracterización de Extractos Líquidos de Compost, Vermicompost Y Otros Productos Orgánicos." Universidad Pública de Navarra.
- Biao, X., W. Xiaorong, D. Zhuhong, and Y. Yaping. 2003. "Critical Impact Assessment of Organic Agriculture." *Journal of Agricultural & Environmental Ethics* 16:297–311.
- Bolognesi, Claudia and Gabriella Morasso. 2000. "Genotoxicity of Pesticides: Potential Risk for Consumers." *Trends in Food Science & Technology* 11:182–87.
- Consejo de la Producción Agraria Ecológica de Navarra. 2017. "La Agricultura Ecológica En Navarra." Retrieved September 7, 2017 (<http://www.navarraecologica.org/es/agricultura-ecologica/agricultura-ecologica>).
- Domínguez, Z., C. A. Edwards, and S. Subler. 1997. "A Comparison of Vermicomposting and Composting." *BioCycle* 4:57–59.
- Drinkwater, L. E., P. Wagoner, and M. Sarrantonio. 1998. "Legume-Based Cropping Systems Have Reduced Carbon and Nitrogen Losses." *Nature* 396(6708):262–65.
- Edwards, Ca, Nq Arancon, and Scott Greytak. 2006. "Effects of Vermicompost Teas on Plant Growth and Disease." *BioCycle* 47(5):28–31. Retrieved (<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=17802268>).
- Galloway, James. N. et al. 2003. "The Nitrogen Cascade." *BioScience* 53(4):341. Retrieved (<https://academic.oup.com/bioscience/article/53/4/341-356/250178>).
- Gobierno Navarra. 2017. "Coyuntura Agraria."

- Haggag, W. M. and M. S. M. Saber. 2007. "Suppression of Early Blight on Tomato and Purple Blight on Onion by Foliar Sprays of Aerated and Non-Aerated Compost Tea." *Journal of Food, Agriculture & Environment* 5(2):302–9.
- Hoagland, D.R., Arnon, D. I. 1950. *The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil*. Berkeley, California.
- Huett, D. 1994. "Growth , Nutrient Uptake and Tipburn Severity of Hydroponic Lettuce in Response to Electrical Conductivity and K : Ca Ratio in Solution."
- Ingham, Elaine R. 2005. "The Compost Tea Brewing Manual." 79.
- Irigoyen, Ignacio, Julio Muro, Miren Azpilikueta, Pedro Aparicio-Tejo, and Carmen Lamsfus. 2003. "Ammonium Oxidation Kinetics in the Presence of Nitrification Inhibitors DCD and DMPP at Various Temperatures." *Australian Journal of Soil Research* 41(6):1177–83.
- Islam, M. K. et al. 2016. "Effects of the Main Extraction Parameters on Chemical and Microbial Characteristics of Compost Tea." *Waste Management* 52:62–68. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.042>).
- Jayamangkala, Nipon, Pathipan Sutigoolabud, Jirapon Inthasan, and Siriwat Sakhonwasee. 2015. "The Effect of Organic Fertilizers on Growth and Yield of Broccoli (Brassica Oleracea L . Var . Italica Plenck Cv . Top." 10(1):9–14.
- Kim, Min Jeong et al. 2015. "Effect of Aerated Compost Tea on the Growth Promotion of Lettuce , Soybean , and Sweet Corn in Organic Cultivation." 31(3):259–68.
- Litterick, Audrey, L. Harrier, P. Wallace, C. a. Watson, and M. Wood. 2004. "The Role of Uncomposted Materials, Composts, Manures, and Compost Extracts in Reducing Pest and Disease Incidence and Severity in Sustainable Temperate Agricultural and Horticultural Crop Production - A Review." *Critical Reviews in PLant Sciences* 23(May 2015):453–79. Retrieved (<http://centaur.reading.ac.uk/3754/>).
- Liu, Cheng Wei, Yu Sung, Bo Ching Chen, and Hung Yu Lai. 2014. "Effects of Nitrogen Fertilizers on the Growth and Nitrate Content of Lettuce (Lactuca Sativa L.)."

Maroto, J. V. 1983. *Horticultura Herbacea Especial*. Ediciones. Madrid.

Matson, P. A., W. J. Parton, A. G. Power, and M. J. Swift. 1997. "Agricultural Intensification and Ecosystem Properties." 277(July).

Misra, R. V., R. N. Roy, and H. Hiraoka. 2003. "On-Farm Composting Methods." *Land and Water Discussion Paper* 2(9):51.

Muscolo, A., M. Sidari, O. Francioso, V. Tugnoli, and S. Nardi. 2007. "The Auxin-like Activity of Humic Substances Is Related to Membrane Interactions in Carrot Cell Cultures." *Journal of Chemical Ecology* 33(1):115–29.

Nuez, F. and G. Llácer. 2001. *La Horticultura Española*. Córdoba: Mundi-Prensa Libros S.A.

Oaks, A. 1992. "A Re-Evaluation of Nitrogen Assimilation in Roots." *Bioscience* 42:103–11.

Pane, Catello et al. 2016. "Enhancing Sustainability of a Processing Tomato Cultivation System by Using Bioactive Compost Teas." *Scientia Horticulturae* 202:117–24. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.02.034>).

Pane, Catello, Giuseppe Celano, Domenica Villecco, and Massimo Zaccardelli. 2012. "Control of *Botrytis Cinerea*, *Alternaria Alternata* and *Pyrenochaeta Lycopersici* on Tomato with Whey Compost-Tea Applications." *Crop Protection* 38:80–86. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.012>).

Pane, Catello, Assunta Maria Palese, Giuseppe Celano, and Massimo Zaccardelli. 2014. "Effects of Compost Tea Treatments on Productivity of Lettuce and Kohlrabi Systems under Organic Cropping Management." *Italian Journal of Agronomy* 9(3):153–56.

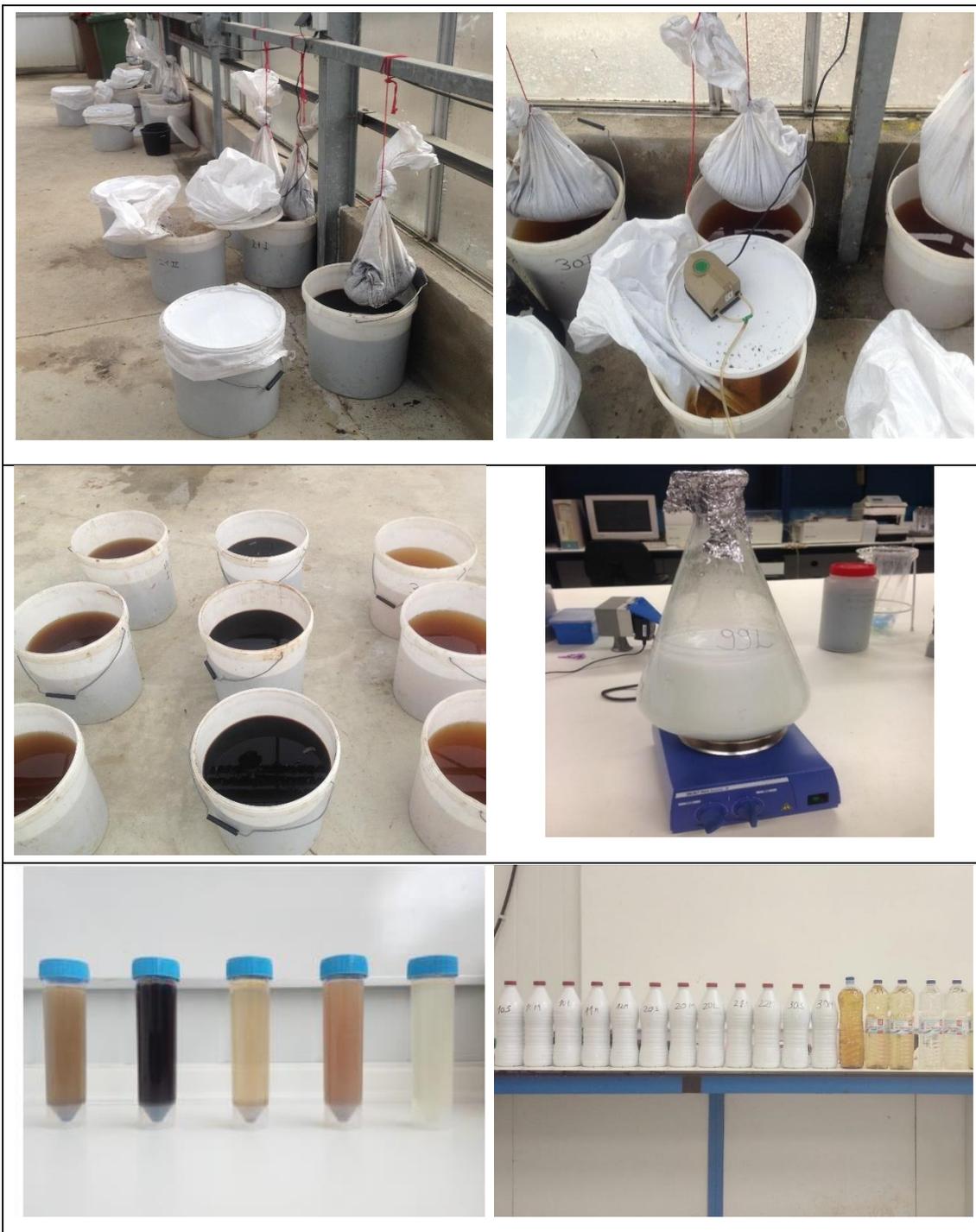
Pant, Archana P., Theodore J. K. Radovich, Nguyen V. Hue, and Robert E. Paull. 2012. "Biochemical Properties of Compost Tea Associated with Compost Quality and Effects on Pak Choi Growth." *Scientia Horticulturae* 148:138–46. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.019>).

Reganold, John P., Jerry D. Glover, Preston K. Andrews, and Herbert R. Hinman. 2001.

- “Sustainability of Three Apple Production Systems.” 410(April).
- Saba, Anna and Federico Messina. 2003. “Attitudes towards Organic Foods and Risk/benefit Perception Associated with Pesticides.” *Food Quality and Preference* 14(8):637–45.
- Sanwal, S. K., K. Laxminarayana, D. S. Yadav, N. Rai, and R. K. Yadav. 2006. “Growth , Yield , and Dietary Antioxidants of Broccoli as Affected by Fertilizer Type Growth , Yield , and Dietary Antioxidants of Broccoli as Affected by Fertilizer Type.” *Journal of Vegetable Science* 12(2):13–26.
- Scheuerell, Steve and Walter Mahaffee. 2002. “Compost Tea : Principles and Prospects For Plant Disease Control Compost Tea : Principles and Prospects.” *Compost Science & Utilization* 10(4):313–38.
- Shaheen, A. M., A.Rizk Fatma, M. Omaima, and M. O. Sawan and Bakry. 2013. “Sustaining the Quality and Quantity of Onion Productivity Complementrity Treatments Between Compost Tea and Amino Acids.” 2(4):108–15.
- Siddiqui, Yasmeen, Sariah Meon, Razi Ismail, Mawardi Rahmani, and Asgar Ali. 2008. “Bio-Efficiency of Compost Extracts on the Wet Rot Incidence, Morphological and Physiological Growth of Okra (*Abelmoschus Esculentus* [(L.) Moench]).” *Scientia Horticulturae* 117(1):9–14.
- Steffen, Will et al. 2015. “Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet.” *Science* 347(6223).
- Storino, Francesco. 2017. “COMPOSTAJE DESCENTRALIZADO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS A PEQUEÑA ESCALA: ESTUDIO DEL PROCESO Y DEL COMPOST OBTENIDO.” Universidad Pública de Navarra.
- Tilman, David. 1999. “Global Environmental Impacts of Agricultural Expansion : The Need for Sustainable and Efficient Practices.” 96:5995–6000.
- Tognetti, C., F. Laos, M. J. Mazarino, and M. T. Hernández. 2005. “Composting vs. Vermicomposting: A Comparison of End Product Quality.” *Compost Science & Utilization* 13(1):6–13.

- Vaccaro, Silvia et al. 2015. "Humic Substances Stimulate Maize Nitrogen Assimilation and Amino Acid Metabolism at Physiological and Molecular Level." *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 2(1):5.
- Vandermeer, John. 1995. "The Ecological Basis of Alternative Agriculture." *Annu.Rev. Ecol. Syst.* 26:201–24.
- Xu, Da Bing et al. 2012. "Humic-Like Substances from Different Compost Extracts Could Significantly Promote Cucumber Growth." *Pedosphere* 22(6):815–24. Retrieved ([http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60067-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60067-8)).
- Zhang, Xin et al. 2015. "Managing Nitrogen for Sustainable Development." *Nature* 528(7580):51–59.
- Zinati, Gladis M. 2005. "Compost in the 20th Century: A Tool to Control Plant Diseases in Nursery and Vegetable Crops." *Hortechonology* 15(1):61–66.
- Zucconi, F. and M. De Bertoldi. 1987. "Compost Specifications for the Production and Characterization of Compost from Municipal Solid Waste." Pp. 276–95 in *Compost: Production, Quality and Use*, edited by M. De Bertoldi, M. P. Ferranti, M. P. L’Hermite, and F. Zucconi. London: Elsevier Inc.

ANEJO FOTOGRÁFICO







ANEJO ESTADÍSTICO

Tabla 12. Resultado de la ANOVA a 0,05% de nivel de significancia (α), en los ensayos de lechuga.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso fresco (g/planta)	Entre grupos	6102,054	24	254,252	63,636	,000
	Dentro de grupos	299,657	75	3,995		
	Total	6401,710	99			
Peso seco (g/planta)	Entre grupos	19,278	24	,803	10,485	,000
	Dentro de grupos	5,746	75	,077		
	Total	25,023	99			
SPAD	Entre grupos	370,282	24	15,428	1,076	,390
	Dentro de grupos	1075,288	75	14,337		
	Total	1445,569	99			
Necrosis bordes	Entre grupos	36,740	24	1,531	2,717	,001
	Dentro de grupos	42,250	75	,563		
	Total	78,990	99			
Arrepollado	Entre grupos	31,940	24	1,331	3,802	,000
	Dentro de grupos	26,250	75	,350		
	Total	58,190	99			
N total (g/100g PS)	Entre grupos	6,775	6	1,129	161,198	,000
	Dentro de grupos	,098	14	,007		
	Total	6,873	20			
Ctotal (g/100g)	Entre grupos	8,815	6	1,469	1,373	,291
	Dentro de grupos	14,982	14	1,070		
	Total	23,798	20			
Al (mg/Kg)	Entre grupos	15828243,090	6	2638040,515	2,903	,047
	Dentro de grupos	12723656,580	14	908832,613		
	Total	28551899,670	20			
Be (mg/Kg)	Entre grupos	,003	6	,001	1,312	,324
	Dentro de grupos	,005	12	,000		
	Total	,008	18			
B (mg/Kg)	Entre grupos	169,153	6	28,192	14,016	,000
	Dentro de grupos	28,160	14	2,011		
	Total	197,313	20			
Ca (g/100g)	Entre grupos	,069	6	,012	4,658	,008
	Dentro de grupos	,035	14	,002		
	Total	,104	20			
Cd (mg/Kg)	Entre grupos	,017	6	,003	1,846	,162

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	Dentro de grupos	,022	14	,002		
	Total	,039	20			
Co (mg/Kg)	Entre grupos	3,264	6	,544	2,612	,065
	Dentro de grupos	2,916	14	,208		
	Total	6,180	20			
Cr (mg/Kg)	Entre grupos	51588,068	6	8598,011	3,539	,024
	Dentro de grupos	34010,858	14	2429,347		
	Total	85598,926	20			
Cu (mg/Kg)	Entre grupos	50,252	6	8,375	1,509	,246
	Dentro de grupos	77,715	14	5,551		
	Total	127,966	20			
Fe (mg/Kg)	Entre grupos	14216207,990	6	2369367,998	2,646	,063
	Dentro de grupos	12535283,600	14	895377,400		
	Total	26751491,590	20			
K (g/100g)	Entre grupos	25,641	6	4,273	23,241	,000
	Dentro de grupos	2,574	14	,184		
	Total	28,215	20			
Li (mg/Kg)	Entre grupos	260,304	6	43,384	3,791	,019
	Dentro de grupos	160,210	14	11,444		
	Total	420,514	20			
Mg (g/100g)	Entre grupos	,307	6	,051	2,203	,105
	Dentro de grupos	,326	14	,023		
	Total	,633	20			
Mn (mg/Kg)	Entre grupos	16100,020	6	2683,337	3,310	,030
	Dentro de grupos	11350,824	14	810,773		
	Total	27450,844	20			
Mo (mg/Kg)	Entre grupos	,617	6	,103	4,142	,013
	Dentro de grupos	,348	14	,025		
	Total	,964	20			
Na (g/100g)	Entre grupos	,127	6	,021	25,171	,000
	Dentro de grupos	,012	14	,001		
	Total	,139	20			
Ni (mg/Kg)	Entre grupos	3604,432	6	600,739	3,220	,033
	Dentro de grupos	2612,174	14	186,584		
	Total	6216,606	20			
Pb (mg/Kg)	Entre grupos	,777	6	,130	2,190	,106
	Dentro de grupos	,828	14	,059		

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	Total	1,606	20			
P (g/100g)	Entre grupos	,153	6	,025	64,430	,000
	Dentro de grupos	,006	14	,000		
	Total	,158	20			
Rb (mg/Kg)	Entre grupos	84671,015	6	14111,836	64,930	,000
	Dentro de grupos	3042,764	14	217,340		
	Total	87713,779	20			
Sb (mg/Kg)	Entre grupos	60,082	6	10,014	,489	,806
	Dentro de grupos	286,780	14	20,484		
	Total	346,863	20			
Se (mg/Kg)	Entre grupos	1868,309	6	311,385	3,667	,021
	Dentro de grupos	1188,688	14	84,906		
	Total	3056,998	20			
S (g/100g)	Entre grupos	,031	6	,005	30,990	,000
	Dentro de grupos	,002	14	,000		
	Total	,033	20			
Sr (mg/Kg)	Entre grupos	238,366	6	39,728	2,954	,044
	Dentro de grupos	188,272	14	13,448		
	Total	426,637	20			
Ti (mg/Kg)	Entre grupos	123789,998	6	20631,666	2,850	,050
	Dentro de grupos	101351,219	14	7239,373		
	Total	225141,217	20			
Tl (mg/Kg)	Entre grupos	1574,110	6	262,352	2,491	,075
	Dentro de grupos	1474,319	14	105,308		
	Total	3048,429	20			
V (mg/Kg)	Entre grupos	99,051	6	16,508	3,240	,033
	Dentro de grupos	71,328	14	5,095		
	Total	170,379	20			
Zn (mg/kg)	Entre grupos	293,490	6	48,915	,747	,621
	Dentro de grupos	916,139	14	65,438		
	Total	1209,628	20			

Tabla 13. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para peso fresco en los ensayos con lechuga

Lechuga - Peso fresco (g/planta) ^a								
Student-Newman-Keuls ^b Subconjunto para alfa = 0.05								
	réplicas	g	f	e	d	c	b	a
Testigo	4	8,84						
20M	4	10,00	10,00					
20S	4	10,58	10,58					
50S	4	10,71	10,71					
99S	4	11,14	11,14					
22	4	11,31	11,31					
10S	4	11,40	11,40					
40M	4	11,45	11,45					
40S	4	11,58	11,58					
21	4	11,64	11,64					
50M	4	12,04	12,04					
10M	4	12,20	12,20					
12	4		13,76	13,76				
11	4		14,05	14,05				
99M	4		14,43	14,43				
20L	4		14,53	14,53				
30S	4			16,38				
50L	4				21,09			
32	4				21,41	21,41		
31	4				22,61	22,61		
30M	4				22,70	22,70		
40L	4				24,41	24,41		
10L	4					25,35		
99L	4						31,06	
30L	4							42,22
Sig.		0,43	0,11	0,35	0,14	0,05	1,00	1,00

Tabla 14. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para peso seco en los ensayos con lechuga

		Peso seco (g/planta) ^a					
		Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4	5	6
Testigo	4	1,0413					
20M	4	1,0850					
40M	4	1,1338	1,1338				
50M	4	1,1625	1,1625				
10M	4	1,1900	1,1900	1,1900			
20S	4	1,1938	1,1938	1,1938			
50S	4	1,1975	1,1975	1,1975			
10S	4	1,2400	1,2400	1,2400	1,2400		
99S	4	1,2563	1,2563	1,2563	1,2563		
22	4	1,2600	1,2600	1,2600	1,2600		
21	4	1,2713	1,2713	1,2713	1,2713		
40S	4	1,2913	1,2913	1,2913	1,2913		
99M	4	1,3775	1,3775	1,3775	1,3775		
20L	4	1,3863	1,3863	1,3863	1,3863		
12	4	1,3925	1,3925	1,3925	1,3925		
11	4	1,3938	1,3938	1,3938	1,3938		
30S	4	1,5025	1,5025	1,5025	1,5025		
32	4		1,7950	1,7950	1,7950	1,7950	
30M	4		1,7988	1,7988	1,7988	1,7988	
31	4			1,8713	1,8713	1,8713	
40L	4			1,8825	1,8825	1,8825	
10L	4				1,9200	1,9200	
50L	4					2,1325	
99L	4					2,2888	
30L	4						2,8875
Sig.		,614	,082	,056	,055	,166	1,000

Tabla 15. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para necrosis en los bordes de hoja en los ensayos con lechuga

Necrosis bordes^a			
Student-Newman-Keuls ^b			
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
10M	4	,00	
11	4	,00	
20M	4	,00	
21	4	,00	
22	4	,00	
30S	4	,00	
40S	4	,00	
50S	4	,00	
50M	4	,00	
99S	4	,00	
99M	4	,00	
Testigo	4	,25	
10S	4	,25	
12	4	,25	
10L	4	,50	,50
20S	4	,50	,50
40M	4	,50	,50
30L	4	,75	,75
20L	4	1,00	1,00
30M	4	1,00	1,00
32	4	1,00	1,00
50L	4	1,00	1,00
31	4	1,25	1,25
40L	4	1,75	1,75
99L	4		2,25
Sig.		,172	,053

Tabla 16. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para arrepollado en los ensayos con lechuga

Arrepollado^a			
Student-Newman-Keuls ^b Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2
30L	4	,00	
10L	4	,50	,50
99L	4	,50	,50
30M	4	,75	,75
40L	4	,75	,75
10M	4	1,00	1,00
31	4	1,00	1,00
20L	4	1,25	1,25
30S	4	1,25	1,25
32	4	1,25	1,25
50L	4	1,25	1,25
12	4		1,50
99M	4		1,50
11	4		1,75
20S	4		1,75
20M	4		1,75
22	4		1,75
40M	4		1,75
Testigo	4		2,00
10S	4		2,00
21	4		2,00
40S	4		2,00
50S	4		2,00
50M	4		2,00
99S	4		2,00
Sig.		,117	,084

Tabla 17. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Nitrógeno total en los ensayos con lechuga

		N total (g/100g PS)^a				
		Student-Newman-Keuls ^b Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Testigo	3	,8767				
20L	3		1,3933			
10L	3			1,7633		
99L	3				1,9333	
40L	3				1,9633	
50L	3				2,0233	
30L	3					2,8733
Sig.		1,000	1,000	1,000	,409	1,000

Tabla 18. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Carbono total en los ensayos con lechuga

		Ctotal (g/100g)^a	
		Student-Newman-Keuls ^b Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
Testigo	3	35,3000	
10L	3	35,5033	
40L	3	36,5967	
30L	3	36,6333	
50L	3	36,8000	
20L	3	36,8900	
99L	3	37,0567	
Sig.			,413

Tabla 19. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Boro (B) en los ensayos con lechuga

		B (mg/Kg)^a		
		Student-Newman-Keuls ^b Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	3	9,780		
40L	3	10,660	10,660	
30L	3	11,133	11,133	
99L	3	11,467	11,467	
50L	3		13,487	
20L	3			16,853
10L	3			17,430
Sig.		,487	,114	,626

Tabla 20. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Cromo (Cr) en los ensayos con lechuga

		Cr (mg/Kg) ^a	
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
30L	3	42,2767	
99L	3	84,4700	84,4700
40L	3	86,2100	86,2100
20L	3	95,8633	95,8633
10L	3	105,3600	105,3600
50L	3	109,1967	109,1967
Testigo	3		216,3067
Sig.		,575	,050

Tabla 21. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de cobre (Cu) en los ensayos con lechuga

		Cu (mg/Kg) ^a	
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
30L	3		10,8633
10L	3		11,9233
40L	3		12,8667
Testigo	3		13,1600
20L	3		13,9600
99L	3		14,6000
50L	3		15,8667
Sig.			,197

Tabla 22. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de calcio (Ca) en los ensayos con lechuga

		Ca (g/100g) ^a	
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	3	,4700	
30L	3	,4967	
40L	3	,5333	,5333
10L	3	,5433	,5433
20L	3	,5833	,5833
50L	3	,5933	,5933
99L	3		,6533
Sig.		,078	,068

Tabla 23. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de potasio (K) en los ensayos con lechuga

		K (g/100g)^a		
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	3	2,3933		
20L	3		4,0667	
10L	3			4,8900
40L	3			5,0000
50L	3			5,2967
99L	3			5,7467
30L	3			5,8233
Sig.		1,000	1,000	,111

Tabla 24. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de Hierro (Fe) en los ensayos con lechuga

		Fe (mg/Kg)^a	
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
30L	3	715,9033	
99L	3	1394,2833	1394,2833
40L	3	1407,5833	1407,5833
20L	3	1493,9900	1493,9900
10L	3	1718,0100	1718,0100
50L	3	1815,8933	1815,8933
Testigo	3		3582,1633
Sig.		,713	,110

Tabla 25. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de magnesio (Mg) en los ensayos con lechuga

		Mg (g/100g)^a
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05
		1
30L	3	,4367
40L	3	,5633
20L	3	,5867
10L	3	,6267
50L	3	,6867
99L	3	,6967
Testigo	3	,8567
Sig.		,054

Tabla 26. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de manganeso (Mn) en los ensayos con lechuga

Mn (mg/Kg)^a			
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
30L	3	145,3433	
40L	3	172,1367	172,1367
10L	3	196,1233	196,1233
Testigo	3	206,8267	206,8267
20L	3	210,2433	210,2433
50L	3	215,2500	215,2500
99L	3		235,4067
Sig.		,081	,132

Tabla 27. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de molibdeno (Mo) en los ensayos con lechuga

Mo (mg/Kg)^a			
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
99L	3	,3400	
Testigo	3	,3533	
10L	3	,4833	,4833
20L	3	,5033	,5033
40L	3	,7233	,7233
30L	3	,7300	,7300
50L	3		,7833
Sig.		,078	,192

Tabla 28. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de sodio (Na) en los ensayos con lechuga

Na (g/100g)^a				
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	3	,1700		
30L	3	,2000		
99L	3	,2000		
50L	3	,2200		
40L	3		,2833	
20L	3			,3667
10L	3			,3767
Sig.		,198	1,000	,680

Tabla 29. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de níquel (Ni) en los ensayos con lechuga

		Ni (mg/Kg) ^a	
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
30L	3	12,8367	
40L	3	24,2600	24,2600
99L	3	24,9100	24,9100
20L	3	27,1167	27,1167
50L	3	29,5433	29,5433
10L	3	29,7400	29,7400
Testigo	3		58,9900
Sig.		,661	,067

Tabla 30. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de fósforo (P) en los ensayos con lechuga

		P (g/100g) ^a				
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
30L	3	,1133				
Testigo	3	,1267	,1267			
10L	3	,1267	,1267			
20L	3		,1633	,1633		
50L	3			,1800	,1800	
40L	3				,2067	
99L	3					,3800
Sig.		,696	,096	,322	,123	1,000

Tabla 31. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de azufre (S) en los ensayos con lechuga

		S (g/100g) ^a			
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Testigo	3	,0733			
20L	3		,1100		
10L	3			,1433	
40L	3			,1467	
30L	3			,1700	,1700
50L	3				,1767
99L	3				,1933
Sig.		1,000	1,000	,059	,103

Tabla 32. Resultado de la ANOVA a 0,05% de nivel de significancia (α), en los ensayos de brócoli.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso fresco (g/planta)	Entre grupos	1355,526	24	56,480	107,758	,000
	Dentro de grupos	39,310	75	,524		
	Total	1394,837	99			
Peso seco (g/planta)	Entre grupos	25,871	24	1,078	30,588	,000
	Dentro de grupos	2,643	75	,035		
	Total	28,514	99			
SPAD	Entre grupos	1117,853	24	46,577	2,763	,000
	Dentro de grupos	1264,510	75	16,860		
	Total	2382,363	99			
Numero hojas/planta	Entre grupos	47,285	24	1,970	3,987	,000
	Dentro de grupos	37,063	75	,494		
	Total	84,348	99			
N total (g/100g PS)	Entre grupos	11,570	6	1,928	36,185	,000
	Dentro de grupos	,746	14	,053		
	Total	12,316	20			
Ctotal (g/100g)	Entre grupos	11,950	6	1,992	14,288	,000
	Dentro de grupos	1,951	14	,139		
	Total	13,901	20			
Al (mg/Kg)	Entre grupos	4837,326	6	806,221	6,637	,002
	Dentro de grupos	1700,629	14	121,474		
	Total	6537,955	20			
Be (mg/Kg)	Entre grupos	,002	6	,000	2,307	,097
	Dentro de grupos	,002	13	,000		
	Total	,004	19			
B (mg/Kg)	Entre grupos	554,863	6	92,477	35,364	,000
	Dentro de grupos	36,610	14	2,615		
	Total	591,473	20			
Ca (g/100g)	Entre grupos	,247	6	,041	3,470	,026
	Dentro de grupos	,166	14	,012		
	Total	,413	20			
Cd (mg/Kg)	Entre grupos	,004	6	,001	2,429	,080
	Dentro de grupos	,004	14	,000		
	Total	,008	20			
Co (mg/Kg)	Entre grupos	,676	6	,113	7,655	,001
	Dentro de grupos	,206	14	,015		

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	Total	,882	20			
Cr (mg/Kg)	Entre grupos	14,118	6	2,353	9,628	,000
	Dentro de grupos	3,421	14	,244		
	Total	17,539	20			
Cu (mg/Kg)	Entre grupos	71,406	6	11,901	7,067	,001
	Dentro de grupos	23,577	14	1,684		
	Total	94,983	20			
Fe (mg/Kg)	Entre grupos	4379,254	6	729,876	4,807	,007
	Dentro de grupos	2125,713	14	151,837		
	Total	6504,967	20			
K (g/100g)	Entre grupos	8,192	6	1,365	15,705	,000
	Dentro de grupos	1,217	14	,087		
	Total	9,409	20			
Li (mg/Kg)	Entre grupos	1114,588	6	185,765	2,952	,045
	Dentro de grupos	880,867	14	62,919		
	Total	1995,455	20			
Mg (g/100g)	Entre grupos	,234	6	,039	9,129	,000
	Dentro de grupos	,060	14	,004		
	Total	,293	20			
Mn (mg/Kg)	Entre grupos	8816,873	6	1469,479	4,500	,010
	Dentro de grupos	4571,745	14	326,553		
	Total	13388,618	20			
Mo (mg/Kg)	Entre grupos	573,280	6	95,547	3,752	,019
	Dentro de grupos	356,534	14	25,467		
	Total	929,815	20			
Na (g/100g)	Entre grupos	,031	6	,005	21,453	,000
	Dentro de grupos	,003	14	,000		
	Total	,034	20			
Ni (mg/Kg)	Entre grupos	5,226	6	,871	1,930	,146
	Dentro de grupos	6,317	14	,451		
	Total	11,542	20			
Pb (mg/Kg)	Entre grupos	,035	6	,006	,596	,729
	Dentro de grupos	,137	14	,010		
	Total	,172	20			
P (g/100g)	Entre grupos	,077	6	,013	14,464	,000
	Dentro de grupos	,012	14	,001		

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	Total	,089	20			
Rb (mg/Kg)	Entre grupos	3873,459	6	645,576	8,728	,000
	Dentro de grupos	1035,532	14	73,967		
	Total	4908,991	20			
Sb (mg/Kg)	Entre grupos	,656	6	,109	3,945	,021
	Dentro de grupos	,333	12	,028		
	Total	,989	18			
Se (mg/Kg)	Entre grupos	,904	6	,151	2,140	,113
	Dentro de grupos	,986	14	,070		
	Total	1,891	20			
S (g/100g)	Entre grupos	2,085	6	,348	40,099	,000
	Dentro de grupos	,121	14	,009		
	Total	2,206	20			
Sr (mg/Kg)	Entre grupos	2163,848	6	360,641	3,887	,017
	Dentro de grupos	1299,054	14	92,790		
	Total	3462,903	20			
Ti (mg/Kg)	Entre grupos	90,092	6	15,015	13,734	,000
	Dentro de grupos	15,306	14	1,093		
	Total	105,398	20			
Tl (mg/Kg)	Entre grupos	1005,820	6	167,637	4,261	,012
	Dentro de grupos	550,735	14	39,338		
	Total	1556,554	20			
V (mg/Kg)	Entre grupos	116,657	6	19,443	1,067	,427
	Dentro de grupos	255,214	14	18,230		
	Total	371,871	20			
Zn (mg/kg)	Entre grupos	41,909	6	6,985	1,334	,306
	Dentro de grupos	73,296	14	5,235		
	Total	115,204	20			

Tabla 33. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para peso fresco en los ensayos con brócoli

	Peso fresco Brócoli (g/planta) ^a							
		Student-Newman-Keuls ^b						
		1	2	3	4	5	6	
Testigo	4	2,6575						
50S	4	2,8338	2,8338					
40S	4	2,9813	2,9813					
20S	4	3,1475	3,1475	3,1475				
99S	4	3,2663	3,2663	3,2663				
22	4	3,3238	3,3238	3,3238				
21	4	3,4613	3,4613	3,4613				
10S	4	3,5088	3,5088	3,5088				
40M	4	3,7488	3,7488	3,7488				
50M	4	3,7638	3,7638	3,7638				
20M	4	3,9950	3,9950	3,9950				
10M	4	3,9963	3,9963	3,9963				
12	4	4,0963	4,0963	4,0963				
99M	4	4,2513	4,2513	4,2513				
20L	4		4,4700	4,4700				
11	4		4,5213	4,5213				
30S	4			4,8200				
50L	4				7,2838			
30M	4				7,6613	7,6613		
32	4				8,0863	8,0863		
31	4				8,0963	8,0963		
10L	4					8,8575		
40L	4					9,0388		
99L	4						12,646	
30L	4							19,015
Sig.		,124	,088	,085	,392	,065	1,000	1,000

Tabla 34. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para peso seco en los ensayos con brócoli

Peso seco Brócoli (g/planta) ^a						
Student-Newman-Keuls ^b						
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Testigo	4	,5350				
20S	4	,6588				
40S	4	,6600				
50S	4	,6763				
22	4	,7025				
99S	4	,7188				
10S	4	,7300				
21	4	,7375				
12	4	,7488				
50M	4	,7863				
10M	4	,7888				
20M	4	,7925				
20L	4	,8188				
40M	4	,8438				
11	4	,8488				
30S	4	,9050				
99M	4	,9300				
50L	4		1,3150			
30M	4		1,3400			
10L	4		1,4450	1,4450		
32	4		1,5013	1,5013		
40L	4			1,7025		
31	4			1,7500		
99L	4				2,2175	
30L	4					2,4900
Sig.		,222	,501	,108	1,000	1,000

Tabla 35. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para intensidad luminosa (SPAD) en los ensayos con brócoli

SPAD ^a					
Student-Newman-Keuls ^b					
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
50S	4	42,83			
99S	4	44,25	44,25		
40S	4	44,61	44,61		
Testigo	4	45,29	45,29	45,29	
10M	4	45,35	45,35	45,35	
22	4	46,06	46,06	46,06	46,06
21	4	46,11	46,11	46,11	46,11
20M	4	46,18	46,18	46,18	46,18
12	4	46,38	46,38	46,38	46,38
99M	4	46,44	46,44	46,44	46,44
50M	4	46,95	46,95	46,95	46,95
30M	4	47,49	47,49	47,49	47,49
30S	4	47,51	47,51	47,51	47,51
40M	4	47,64	47,64	47,64	47,64
11	4	47,99	47,99	47,99	47,99
20L	4	48,04	48,04	48,04	48,04
10S	4	48,50	48,50	48,50	48,50
10L	4	48,76	48,76	48,76	48,76
99L	4	49,39	49,39	49,39	49,39
31	4	49,70	49,70	49,70	49,70
20S	4	49,73	49,73	49,73	49,73
32	4	51,46	51,46	51,46	51,46
30L	4		54,69	54,69	54,69
40L	4			55,94	55,94
50L	4				56,21
Sig.		,305	,072	,055	,081

Tabla 36. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para número de hojas por planta en los ensayos con brócoli

		Numero hojas/planta ^a			
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
20S	4	4,13			
10S	4	4,38	4,38		
40M	4	4,50	4,50		
99M	4	4,50	4,50		
Testigo	4	4,63	4,63	4,63	
21	4	4,63	4,63	4,63	
22	4	4,63	4,63	4,63	
10M	4	4,75	4,75	4,75	
50S	4	4,75	4,75	4,75	
99S	4	4,75	4,75	4,75	
20M	4	4,88	4,88	4,88	
20L	4	4,88	4,88	4,88	
40S	4	4,88	4,88	4,88	
50M	4	4,88	4,88	4,88	
11	4	5,00	5,00	5,00	
10L	4	5,25	5,25	5,25	
12	4	5,25	5,25	5,25	
30S	4	5,50	5,50	5,50	5,50
50L	4	5,50	5,50	5,50	5,50
30M	4	5,88	5,88	5,88	5,88
32	4	5,88	5,88	5,88	5,88
31	4		6,13	6,13	6,13
40L	4		6,13	6,13	6,13
99L	4			6,38	6,38
30L	4				6,88
Sig.		,082	,088	,076	,120

Tabla 37. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de nitrógeno total en los ensayos con brócoli

		N total (g/100g PS)^a			
		Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2	3	4
Testigo	3	1,0600			
20L	3		1,8533		
10L	3		1,9433	1,9433	
99L	3		1,9600	1,9600	
40L	3		2,2500	2,2500	
50L	3			2,4733	
30L	3				3,6967
Sig.		1,000	,199	,059	1,000

Tabla 38. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de carbono total en los ensayos con brócoli

		C total (g/100g)^a			
		Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2	3	4
99L	3	39,2067			
10L	3	39,4233	39,4233		
20L	3		40,0100	40,0100	
30L	3			40,2900	
Testigo	3			40,7000	40,7000
40L	3				41,2133
50L	3				41,2700
Sig.		,489	,075	,095	,184

Tabla 39. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de boro (B) en los ensayos con brócoli

		B (mg/Kg)^a			
		Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2	3	4
99L	3	5,267			
40L	3	6,467			
50L	3	8,520	8,520		
30L	3		10,323	10,323	
Testigo	3			12,367	
20L	3				18,217
10L	3				19,540
Sig.		,066	,194	,144	,333

Tabla 40. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de calcio (Ca) en los ensayos con brócoli

Ca (g/100g) ^a			
	Student-Newman-Keuls ^b	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	3	,6033	
50L	3	,7533	,7533
10L	3	,7967	,7967
40L	3	,8033	,8033
99L	3	,8133	,8133
20L	3	,8367	,8367
30L	3		1,0000
Sig.		,155	,121

Tabla 41. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de cromo (Cr) en los ensayos con brócoli

Cr (mg/Kg) ^a				
	Student-Newman-Keuls ^b	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
50L	3	,4767		
20L	3	,7900	,7900	
30L	3	,8700	,8700	
10L	3	1,0733	1,0733	
99L	3	1,2333	1,2333	
Testigo	3		2,0233	
40L	3			3,0400
Sig.		,374	,056	1,000

Tabla 42. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de cobre (Cu) en los ensayos con brócoli

Cu (mg/Kg) ^a				
	Student-Newman-Keuls ^b	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
99L	3	6,3833		
Testigo	3	7,9433	7,9433	
10L	3		9,5333	9,5333
20L	3		10,0133	10,0133
30L	3		10,1000	10,1000
40L	3			11,5267
50L	3			12,1700
Sig.		,163	,222	,149

Tabla 43. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de hierro (Fe) en los ensayos con brócoli

		Fe (mg/Kg)^a	
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
20L	3	36,6367	
50L	3	37,2500	
10L	3	37,5467	
99L	3	45,3067	45,3067
30L	3	45,9233	45,9233
Testigo	3	68,5533	68,5533
40L	3		74,1600
Sig.		,061	,054

Tabla 44. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de potasio (K) en los ensayos con brócoli

		K (g/100g)^a	
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	3	2,0667	
50L	3	2,4033	
20L	3	2,5100	
40L	3	2,5300	
10L	3	2,7167	
99L	3	2,8533	
30L	3		4,1733
Sig.		,051	1,000

Tabla 45. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de magnesio (Mg) en los ensayos con brócoli

		Mg (g/100g)^a		
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	3	,3433		
10L	3	,4500	,4500	
20L	3	,4800	,4800	
50L	3	,4900	,4900	
99L	3		,5700	,5700
40L	3		,5867	,5867
30L	3			,7000
Sig.		,066	,132	,069

Tabla 46. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de manganeso (Mn) en los ensayos con brócoli

		Mn (mg/Kg)^a	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	3	81,6133	
10L	3		130,6533
30L	3		132,3533
50L	3		134,8933
20L	3		136,5333
40L	3		146,1333
99L	3		146,2833
Sig.		1,000	,889

Tabla 47. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de molibdeno (Mo) en los ensayos con brócoli

		Mo (mg/Kg)^a	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
99L	3	6,1500	
10L	3	6,3967	
40L	3	13,9567	13,9567
20L	3	14,9900	14,9900
30L	3	15,5700	15,5700
50L	3	16,8667	16,8667
Testigo	3		21,7933
Sig.		,161	,360

Tabla 48. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de sodio (Na) en los ensayos con brócoli

		Na (g/100g)^a		
		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
99L	3	,0533		
Testigo	3	,0700		
50L	3	,0767		
40L	3		,1100	
20L	3			,1433
30L	3			,1467
10L	3			,1533
Sig.		,189	1,000	,713

Tabla 49. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de fósforo (P) en los ensayos con brócoli

		P (g/100g) ^a		
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
30L	3	,1067		
10L	3	,1167		
50L	3	,1567	,1567	
20L	3	,1667	,1667	
Testigo	3		,1900	
40L	3		,1967	
99L	3			,3033
Sig.		,109	,386	1,000

Tabla 50. Test discriminador de medias Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de nivel de significación ($\alpha = 0,05$) para contenido de azufre (S) en los ensayos con brócoli

		S (g/100g) ^a		
Student-Newman-Keuls ^b		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
40L	3	,3067		
30L	3	,3600	,3600	
50L	3	,5000	,5000	
Testigo	3		,5533	
20L	3			,9833
99L	3			1,0433
10L	3			1,1067
Sig.		,057	,057	,269