

Preparing a nutrient solution for hidroponic cultures by using waste mash from the *Vitis vinífera* L. grape

José Ramón Ferrer y Edgar Sánchez Jaimes*

Laboratorio de Fermentaciones Industriales, Facultad de Ingeniería LUZ
Apdo Postal 4011-A-526 Maracaibo, Edo. Zulia, Venezuela

*Departamento de Química, Universidad Francisco de Miranda, Coro, Edo. Falcón

Abstract

In this project, waste mash from grapes was used in the preparation of compost which was then analyzed as a nutrient medium (in the form of a nutrient solution) to replace the traditional mineral-based solutions used in hidroponics.

The compost and the aqueous solutions prepared there from were studied under different experimental conditions (types of stirring: orbital, vibrational and magnetic; stirring times in hours: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14; types of water: distilled and direct from the tap; type of filtering, and so on). They were characterized by volumetric, colorimetric, turbidimetric and instrumental (AAE) chemical analysis, then evaluated and compared with nutrient solutions traditionally used in hidroponics.

The solutions thus evaluated contained high concentration levels of nutrients, approximating those reported in the literature for traditional nutrient solutions.

In a comparative study between one of the traditional solutions and one of those under study, the cultures obtained displayed similar physical-chemical, organoleptic and nutritional characteristics, there being a prominent average of 24.40% raw protein in forage cultures from the latter solution.

Key words: Nutrient solution, compost, hidroponics, waste grape .

Obtención de una solución nutritiva para cultivos hidropónicos a partir de desechos de uva *Vitis vinífera* L.

Resumen

En el presente trabajo fue analizado un uso diferente, no convencional, para el composte preparado a partir de desechos de uva. Se estudió su utilización como medio nutriente (en forma de solución nutritiva), en reemplazo de las soluciones tradicionales usadas en cultivos hidropónicos y preparados a partir de sales minerales.

El composte y las soluciones preparadas con agua a partir del mismo, para diferentes condiciones experimentales (tipos de agitación: orbital, vibracional y magnética; tiempos de agitación en horas: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, y 14; tipos de agua: destilada y del chorro; tipos de filtración; etc.), fueron caracterizadas mediante análisis químico volumétrico, colorimétrico, turbidimétrico e instrumental (EAA), evaluadas y comparadas con soluciones nutritivas usadas tradicionalmente en cultivos hidropónicos.

Las soluciones evaluadas presentaron elevados niveles de concentración de nutrientes, los cuales fueron aproximados a los reportados en la literatura para las soluciones nutritivas tradicionales.

Los cultivos obtenidos, al usar una de las soluciones en estudio, en comparación con una de las soluciones tradicionales, mostraron características físico-químicas, organolépticas y nutricionales similares. Destaca el contenido de proteína cruda en los forrajes, cuyo promedio fue 24,40%.

Palabras claves: Solución nutritiva, Composte, hidropónicos, desecho de uva.

Introducción

En general las actividades agrícolas, pecuarias y agroindustriales generan grandes cantidades de desechos, los cuales cuando no son utilizados o dispuestos apropiadamente traen consigo problemas de deterioro y contaminación ambiental, ya que causan daños, a veces, irreversibles a los ecosistemas. Dentro de las alternativas tecnológicas para el aprovechamiento integral de los desechos de uva en Venezuela; se ha venido trabajando desde 1987 en la Universidad del Zulia en preservación del material mediante ensilaje, obtención de composte, de biomasa microbiana, solventes (etanol) y taninos [1].

La finalidad del presente trabajo es analizar un uso diferente, no convencional, para el composte preparado a partir de desechos de uva [2]; para dicho composte se estudia la factibilidad de que pueda reemplazar satisfactoriamente como medio nutriente a las soluciones tradicionales usadas en cultivos hidropónicos y preparadas a partir de sales minerales.

El cultivo de plantas sin tierra tiene una gran importancia para nuestro país debido a la existencia de áreas distantes (islas, etc) difíciles de llevarles hortalizas frescas.

Se podrían mencionar además la gran influencia climática sobre la producción hortícola del país, existiendo por lo tanto períodos de sobreabundancia y períodos en los cuales es difícil y costoso conseguir un determinado producto hortícola, lo cual hace atractiva la producción de dicha hortaliza mediante instalaciones hidropónicas.

Procedimiento Experimental

Materiales:

EL composte fue obtenido del laboratorio de Fermentaciones Industriales de la Facultad de Ingeniería-LUZ [2].

Metodología

- 1 Caracterización del composte.
- 2 Preparación de las soluciones experimentales.
- 3 Caracterización de las soluciones experimentales [3].
- 4 Preparación de una solución experimental a mayor escala.
- 5 Evaluación de la solución experimental, como medio nutritivo en cultivos hidropónicos.
- 6 Evaluación del forraje obtenido [4,5].

Resultados y Discusión

Análisis del composte

La Tabla 1 muestra los valores promedios correspondientes a la caracterización físico-química del composte. Se puede observar un pH ligeramente alcalino, un contenido de humedad bajo, un contenido de cenizas relativamente altos, lo cual indica la presencia de una elevada cantidad de minerales. También se observa que los macronutrientes esenciales a las plantas se encuentran en altas concentraciones; estos valores, y la relación C/N en el rango 10:1 - 15:1 evidencian un composte de óptima calidad [2]. De los macronutrientes destaca el contenido de K, el cual está presente en una concentración relativamente alta. De los micronutrientes, el

Tabla 1
Características Físico-químicas del composte y del agua

	Composte	Agua	
		del chorro	destilada
pH (1:10)	7,25	6,92	6,78
Densidad	1,14		
Humedad, %	13,17		
Materia seca, %	86,73		
Cenizas	27,06		
C.E. (25°C) $\mu\text{mhos/cm}$	1.273	264,00	4,00
C, %	33,42		
N, %	2,98		
C/N	11,21		
H, %	3,59		
NO_3^- , %	0,40		
P, %	0,98		
K, ppm	543	3,20	
Ca, ppm	468	42,70	
Mg, ppm	67,04	2,90	
S, %	0,19		
Fe, ppm	33,02	0,30	
Mn, ppm	2,65	ND ¹	
Cu, ppm	0,84	0,11	
Zn, ppm	11,08	0,043	
Mo, ppm	ND ²	ND ²	
Na, ppm	35,09	9,00	
Cl^- , ppm	448		
Si, %	4,91		
PO_4^{3-} , ppm	-	0,28	
SO_4^{2-}	-	17,08	

¹ No detectado. Límite de detección = 0,003 ppm.

² No detectado. Límite de detección = 0,04 ppm.

Fe, Zn y Cl^- son los que están presentes en mayor proporción.

Análisis de la soluciones experimentales

No se encontró información ni referencias de estudios previos que englobaran la obtención de soluciones nutritivas para cultivos hidropónicos a partir de desechos de uva; por lo tanto, se llevaron a cabo ensayos preliminares (prue-

bas de ensayo y error), para buscar y probar las mejores condiciones experimentales de trabajo.

En la Tabla 1 se reportan algunas características físico-químicas, tanto para el agua destilada como para el agua del chorro usadas en todas las experiencias. En base a los valores promedio encontrados en el agua del chorro, principalmente en cuanto a microelementos, y por razones de economía, además de seguir la recomendación de Bravo y Cabrera [6], y Ellis Swaney [7] en el sentido de que el agua del chorro es, en general, adecuada para aportar los requie-

rimientos de microelementos, suficientes para satisfacer la demanda de las plantas; se usó esta en todos los experimentos de campo, para obtener cultivos hidropónicos.

Las Tablas 2, 3 y 4 presentan la composición físico-química de las diferentes soluciones experimentales, preparadas de la combinación del composte y agua en relación 1:20; para diferentes tipos y tiempos de agitación.

Las soluciones preparadas con agitación rotatoria y vibracional muestran valores de pH muy similares y ligeramente alcalinos (rango: 7,28 - 7,36) mientras que las soluciones preparadas por reflujo presentan valores de pH muy cercanos a la neutralidad (rango: 6,91 - 6,98). Es de hacer notar que para preparar los primeros grupos de soluciones, Tablas 2 y 3, se usó agua destilada esterilizada, mientras que para el proceso a reflujo se usó agua del chorro.

Aunque la mayoría de los cultivos se pueden adaptar a un rango más o menos amplio de pH, existe siempre un rango óptimo donde se maximiza el rendimiento. Este rango óptimo para la mayoría de las plantas se encuentra entre 5,0 y 7,0 [6,8]; sólo las soluciones preparadas a reflujo se encuentra en este rango. A pesar de que no se tiene datos concluyentes del efecto de la conductividad eléctrica sobre los cultivos hidropónicos, se señala el valor de 3.000 micromhos como el máximo que se podría permitir a la conductividad; en general, la mayoría de las soluciones nutritivas conocidas presentan valores entre 700 y 1.500 microhmos [6]. Basado en estos valores, todas las soluciones experimentales en estudio muestran valores mayores o cercanos a 3.000 microhmos/cm; y como la conductividad da un estimado del contenido de sales solubles, se puede indicar que todas las soluciones contienen una elevada cantidad de sales disueltas. Por lo tanto, no es recomendable utilizar tales soluciones directamente sino que deben ser diluidas previamente antes de usarlas en sistemas hidropónicos.

En referencia a las concentraciones de los macronutrientes y comparándolas en forma general y directa con 35 soluciones nutritivas, ampliamente usadas en explotaciones hidropónicas [8]; se puede indicar que, las especies K,

PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y NO_3^- se encuentran en mayor proporción en las soluciones experimentales en prueba, que en la mayoría de las 35 soluciones de comparación. Con respecto a los elementos Ca y Mg, estos se encuentran ampliamente en menor proporción en las soluciones experimentales que en todas las 35 soluciones nutritivas tradicionales. De los micronutrientes, se puede notar que el Cl⁻, Cu y Zn, se encuentran en mayores proporciones en las soluciones en prueba. El Mn y Mo no fueron detectados por Espectrometría de Absorción Atómica (EAA) con llama; mientras que el Fe en algunos casos se encuentra en mayor concentración y en otros menor.

Resultados en el umbráculo

Forraje verde hidropónico en recipientes de plástico

En la Tabla 5 se presentan los valores promedio de 10 muestras para cada solución nutritiva (tratamiento) de acuerdo al diseño de bloques al azar estipulado [9].

Se analizaron todos los resultados mediante la aplicación de análisis de varianza, previa conversión de los % a gramos. Se comprobó que los tratamientos fueron altamente significativos para materia húmeda, materia seca parcial, cenizas y Ca. El procedimiento de Tukey [10], aplicado para establecer comparaciones entre pares de medias de los tratamientos significativos, reveló que la solución lago diluida 1:3 y la solución experimental diluida 1:6 fueron los más bajos; mientras que la solución experimental diluida 1:2, suplementada y luego diluida 1:3 y el agua del chorro se presentaron como los mejores tratamientos. Suplementada significa que se le agregó la cantidad necesaria de sales para hacerla equivalente en concentración a la solución lago [11].

Por lo tanto, aparentemente, el agua del chorro como solución nutritiva fue superior a las otras soluciones en este experimento (obtención de forraje verde hidropónico, en 11 días, usando semillas de maíz). Esto puede tener su explicación basado en el contenido elevado de reservas nutricionales (grasa, proteína, almidón, azúca-

Tabla 2
Caracterización de las soluciones experimentales obtenidas por agitación
en incubadora rotatoria

Tiempo de Agitación h	pH	C.E. (a 25°C) micromhos cm	NO ₃ ⁻ ppm	PO ₄ ⁻³ ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	SO ₄ ⁻² ppm	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Cl ⁻ ppm	Na ppm
1	7,36	2.947	160	104,3	513,4	10,0	1,2	142,1	1,45	0,19	1,13	457	31,8
3	7,34	3.571	140	111,4	558,3	11,1	1,3	178,8	1,97	0,29	1,12	407	34,7
5	7,36	3.902	150	118,5	532,5	11,5	1,3	196,1	2,18	0,22	0,98	425	34,7
9	7,35	3.580	160	125,5	538,8	13,2	1,8	199,8	1,91	0,26	1,21	440	36,6
12	7,35	3.294	160	120,8	551,6	14,8	1,9	188,9	1,82	0,22	1,16	490	41,0

Manganeso: No detectado. Límite de detección = 0,003 ppm.

Molibdeno: No detectado. Límite de detección = 0,04 ppm.

Tabla 3
Caracterización de las soluciones experimentales obtenidas por
agitación vibracional

Tiempo de Agitación h	pH	C.E. (a 25°C) micromhos cm	NO ₃ ⁻ ppm	PO ₄ ⁻³ ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	SO ₄ ⁻² ppm	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Cl ⁻ ppm	Na ppm
1	7,32	2.845	155	120,8	507,1	11,7	1,3	186,6	1,57	0,30	1,31	440	37,9
3	7,35	2.676	150	132,6	526,1	14,9	1,7	223,6	2,79	0,22	1,01	457	36,8
5	7,32	2.691	185	137,3	526,1	16,1	1,6	248,1	3,48	0,22	1,06	570	39,1
9	7,31	2.707	175	142,1	627,9	17,5	1,8	267,6	3,13	0,26	1,16	520	34,3
12	7,28	3.089	165	151,6	589,8	24,9	2,1	294,3	3,15	0,25	1,29	470	36,9

Manganeso: No detectado. Límite de detección = 0,003 ppm.

Molibdeno: No detectado. Límite de detección = 0,04 ppm.

Tabla 4
Caracterización de las soluciones experimentales obtenidas a reflujo

Tiempo de Reflujo h	Volumen de filtrado ml	pH	C.E. (a 25°C) micromhos cm	NO ₃ ⁻ %	PO ₄ ⁻³ ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	SO ₄ ⁻² ppm	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Cl ⁻ ppm	Na ppm
1	85	6,98	2.367	0,30	189,4	639,1	34,1	6,1	639,2	2,18	0,64	1,16	1,57	45,8
2	87	6,91	2.433	0,36	217,9	652,9	38,7	6,4	825,3	2,21	0,89	1,12	2,03	44,8
4	84	6,93	2.467	0,32	234,4	711,4	40,2	7,7	888,9	2,45	0,89	1,27	1,83	42,9

Manganeso: No detectado. Límite de detección = 0,003 ppm.

Molibdeno: No detectado. Límite de detección = 0,04 ppm.

Tabla 5
Análisis químico comparativo entre las semillas y el F.V.H.

	Semillas de maíz	F.H.V.			
		A	B	C	D
Materia seca, %	84,31	27,19	25,53	26,09	24,69
Proteínas, %	13,01	23,87	24,46	24,32	24,37
Grasa, %	2,49	2,94	2,95	2,88	2,91
Ceniza, %	1,80	4,57	4,82	3,92	4,98
Fibra cruda, %	2,35	13,51	13,73	13,58	13,72
Extracto no nitrogenado, %	80,35	55,00	54,30	55,30	54,03
Nutrientes digeribles totales, %	78,80	75,53	75,30	76,01	75,17
Calcio, %	0,063	0,62	0,64	0,58	0,64
Fósforo, %	0,25	0,35	0,35	0,33	0,36

1. Datos promedios de 10 muestras para cada solución nutritiva.

A: Lago diluida 1:3

B: Experimental diluida 1:2, suplementada y diluida 1:3

C: Experimental diluida 1:6

D: Agua

res, etc.) presentes en las semillas de maíz; estas reservas fueron suficientes para sostener el crecimiento de las plantas por los 11 días que duró el experimento, además, las plantas pudieron haber aprovechado los nutrientes presentes en el agua del chorro utilizada (Tabla 1); esto último, en concordancia con lo planteado por Elias y Swaney [7] en el sentido de que por regla general, el agua de la mayoría de los abastecimientos urbanos es satisfactoria y con frecuencia proporciona los nutrientes suficientes para satisfacer la demanda de la planta. En este experimento, el agua del chorro se comportó como la solución nutritiva de concentración relativamente baja, pero suficiente, para que por el proceso de ósmosis penetrara al interior de la planta a través de las raíces.

Se obtuvieron valores bajos para los diferentes coeficientes de variación; por lo tanto, la planificación y aplicación del diseño experimental de bloques al azar fue eficiente y aceptable.

En la Tabla 5 aparecen los valores promedio del análisis nutricional realizado al forraje obtenido para cada tratamiento. Destaca los elevados valores de proteína cruda con promedios superiores al 23% para cada tratamiento.

También muestra los nutrientes presentes en las semillas de maíz utilizadas y los valores de los mismos nutrientes, para cada tratamiento, al final del proceso. Estos resultados permiten conocer el valor nutricional de las semillas y las variaciones que en nutrientes experimentaron las mismas, al cabo de 11 días, además del valor nutricional del forraje obtenido.

Es de mencionar que no se evaluó la relación de rendimiento o relación de producción (peso del forraje obtenido/peso de semillas utilizadas) para el F.V.H. obtenido en recipientes de plástico, ya que se falló en la densidad de siembra al colocar demasiadas semillas por recipiente. Se usó una densidad de siembra aproximada de 1,3 g semillas/cm² y la recomendación para semillas de maíz es 0,4 g semillas/cm² para una altura del recipiente de 3 - 4 cm [12]. Sin embargo, en los ensayos preliminares, usando recipientes plásticos similares a los utilizados en este trabajo, se llegó a producir hasta 6 kilogramos de forraje por cada kilogramo de semillas. La literatura reporta para sistemas hidropónicos instalados en módulos aislados térmicamente, con control de temperatura, control en la aplicación de nutrientes por medio de dispositivos automáticos de riego, suministro de

luz artificial utilizando tubos fluorescentes, etc; relaciones de producción promedio de 1 a 9, o que de cada kilogramo de semilla utilizada se obtienen 9 kilogramos de F.V.H. y destaca que no es difícil llegar a relaciones 1 a 12 ó 1 a 15 [12].

Forraje verde hidropónico en vasos de precipitado

La Tabla 6 presenta los valores promedio de 10 muestra para cada solución nutritiva (tratamiento) de acuerdo al diseño en bloques al azar planificado.

Los resultados fueron analizados mediante la aplicación de análisis de varianza. Los tratamientos mostraron ser significativos para materia húmeda, materia seca parcial y materia seca total. No se comprobó evidencias en favor de diferencias entre la cantidad de proteína cruda contenida en los forrajes obtenidos para los diferentes tratamientos. La aplicación del procedimiento de Tukey mostró que los tratamientos: solución experimental original y el agua del chorro fueron los más bajos; mientras que la solución nutritiva lago completa fue claramente el más elevado de todos, es decir, fue superior a las otras soluciones. La solución experimental diluida 1:2 se comportó como el segundo mejor tratamiento [13].

La Tabla 6 muestra el contenido de proteína cruda con valores promedio para cada tratamiento superior al 20%.

La Tabla 7 muestra las relaciones de rendimiento o relaciones de producción. Se observa que la solución nutritiva lago completa proporcionó el mayor rendimiento, en cuanto a gramos de materia húmeda/gramos de semilla utilizadas, este fue de 10,81. La solución experimental diluida 1:2 y la solución experimental original produjeron 8,37 y 7,81 respectivamente. El agua del chorro proporcionó 6,62. La literatura reporta una relación de producción promedio entre 7 y 9 [11].

En cuanto a gramos de proteína cruda/gramos de materia húmeda, el agua del chorro aportó la mayor relación: 0,0190; y en segundo lugar la solución experimental original: 0,0177.

Para la relación gramos de proteína cruda/gramos de materia seca total, el agua del chorro produjo el valor más elevado: 0,232; y en segundo lugar la solución experimental diluida 1:2, con valor de 0,226.

Los valores de los coeficientes de variación fueron relativamente altos, calculados para materia húmeda, materia seca parcial, materia seca total y proteína cruda; lo cual tiene su posible explicación en el reducido número de plantas usadas por unidad experimental (sólo 3 plantas

Tabla 6
Forraje verde hidropónico^{1,2}

Solución nutritiva	Materia húmeda g	Materia seca parcial g	Materia seca parcial %	Materia seca total g	Materia seca total %	Proteína cruda g	Proteína cruda %
Experimental original	6,33	0,560	9,02	0,500	8,03	0,112	20,07
Agua del chorro	5,36	0,503	9,40	0,439	8,18	0,102	20,37
Lago completa	8,76	0,656	7,42	0,604	6,78	0,133	20,25
Experimental diluida 1:2	6,78	0,581	8,68	0,517	7,76	0,117	20,21

1. Datos promedios de 10 muestras para cada solución nutritiva

2. Recipientes utilizados: vasos de precipitado de 100 ml.

Tabla 7
Rendimiento del F.V.H.¹

Solución nutritiva	g de materia húmeda g de semillas utilizadas	g de proteína cruda g de materia húmeda	g de proteína cruda g de materia seca parcial	g de proteína cruda g de materia seca total
Experimental original	7,81	0,0177	0,200	0,224
Agua del chorro	6,62	0,0190	0,203	0,232
Lago completa	10,81	0,0152	0,203	0,220
Experimental diluida 1:2	8,37	0,0173	0,201	0,226

1. Recipientes utilizados: vasos de precipitado de 100 ml.

por cada vaso de precipitado), y en estos casos los coeficientes de variación tienden a ser elevados. Según estudios realizados en la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia [13], se llegó a la conclusión que para obtener coeficientes de variación bajos y aceptables, existe un número mínimo de plantas a usar por unidad experimental. Para el experimento llevado a cabo en el presente trabajo, no se tomaron en cuenta los estudios mencionados anteriormente, y por ello los valores relativamente altos para los diferentes coeficiente de variación [12].

Conclusiones

- El composte usado para preparar las soluciones a probar fue de óptima calidad.
- El agua de chorro utilizada fue satisfactoria y aportó los requerimientos de micronutrientes, suficientes para satisfacer la demanda de las plantas; se comportó como una solución nutritiva de concentración relativamente baja, previo ajuste del pH para llevarlo al rango de 6,0 - 6,8.
- Las soluciones preparadas con agitación rotatoria y vibracional presentaron valores de pH muy similares y ligeramente básicos (7,28 - 7,36) mientras que las preparadas por reflujo, valores de pH muy cercanos a la neutralidad (6,91 - 6,98), y dentro del

rango óptimo de rendimiento para la mayoría de las plantas (5,0 - 7,0).

- A partir del composte de desechos de uva se pueden preparar soluciones con elevado contenido de macro y micronutrientes, esenciales a las plantas, con niveles de concentración similares a los reportados en la literatura para las soluciones nutritivas tradicionales usadas en cultivos hidropónicos.
- El pH de las soluciones en prueba debe ser ajustado al rango 6,0 - 6,8 antes de ser usadas en experiencias hidropónicas.
- Las soluciones obtenidas del composte de uva pueden reemplazar satisfactoriamente como medio nutrientes (en forma de solución nutritiva) a las soluciones tradicionales usadas en cultivos hidropónicos y preparadas a partir de sales minerales. Los cultivos obtenidos usando soluciones de ambos grupos presentaron características físico-químicas, organolépticas y nutricionales similares.
- No obstante la rapidez del crecimiento, el valor nutricional del forraje, obtenido con cada solución nutritiva, fue satisfactorio.
- Para materia húmeda, materia seca parcial, cenizas y calcio, en el forraje obtenido en recipientes de plástico, se evidenciaron

diferencias significativas entre las soluciones usadas. Presentándose como las dos mejores; la solución en prueba, diluida 1:2, suplementada y diluida 1:3, y el agua del chorro.

- En el forraje obtenido en vasos de precipitado, se evidenciaron diferencias significativas entre las soluciones usadas; en referencia a materia húmeda, materia seca parcial y materia seca total. Las mejores fueron: la solución en prueba, diluida 1:2 y la solución usada como testigo (solución nutritiva lago).
- El promedio de proteína cruda en el forraje obtenido con las soluciones en prueba fue 24,40, el cual es mayor que los obtenidos al usar la solución testigo y que los reportados en la literatura.
- El rendimiento o producción (peso del forraje obtenido/peso de semillas utilizadas) fue en promedio 8,09, al usar las soluciones en prueba.

Reconocimiento

Esta investigación fue financiada por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ) y por la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM).

Referencias Bibliográficas

1. Sánchez Jaimes, Edgar; González, N y Ferrer, J. R. "Desechos Agroindustriales". II Congreso Venezolano sobre Manejo de Residuos Sólidos. Memoria 2. Maracaibo, 22 al 25 de mayo de 1990.
2. Mujica L., Douglas; Parra W., O. y Ferrer, J. R. "Producción de un Composte a partir de Desechos de Uva". Tesis de grado. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería Química. Maracaibo. (1988), 79.
3. Salinas, José G. y García R. "Métodos Químicos para el Análisis de Suelos Ácidos y Plantas Forrajeras". Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. (1985), 83.
4. Harris, Lorin E. "Métodos para el Análisis Químico y la evaluación Biológica de los Alimentos para Animales". Traducido del Inglés por: Hernán Fonseca y Juan Salazar. Editado por Center for Tropical Agriculture Feed Composition project. University of Florida. USA. (1970).
5. "Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists". 12th. Edition. Published by the Association of Official Agricultural Chemists (A.O.A.C.). Washington 4, D.C.
6. Bravo Flores, Pedro y Cabrera F., G. "Curso sobre Hidroponía (cultivos sin suelo)". Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Botánica Agrícola. Maracay. (1984), 123.
7. Ellis, Carleton y Swaney, M.W. "Cultivos Hidropónicos de las plantas". Ediciones Inter ciencia, (1967).
8. Resh, Howard M. "Cultivos Hidropónicos, Nuevas técnicas de Producción. Traducción del Inglés por José, Santos Caffarena. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, (1982), 287.
9. Bryce Andersen, L. "How to Apply Statistics in Dising of Experiments". Chemical Engineering. USA, (1963), 113-116.
10. Steel D., Robert y Torrie, J.H. "Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach." Second Edition. Mc Graw - Hill Book Company. USA, (1980), 633.
11. Sánchez Jaimes, Edgar. Tesis de Grado, Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería, División de Posgrado, Maracaibo, (1991).
12. Ediciones Culturales VER. "Aprende Fácil Cultivos Hidropónicos". Revista semanal. Fascículo 9. Bogotá. (1991), 137-152.
13. Barcenas, J.M. y Col. "Comunicación personal" sobre trabajo no publicado. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. (1991).

Recibido el 8 de Julio de 1993

En forma revisada el 22 de Marzo de 1994