

## **DETERMINACION DEL EFECTO DE LA ZEOLITA COMO MATERIAL POTENCIALIZADOR DE LA FERTILIDAD DEL SUELO, A TRAVES DE LA EVALUACION DE TRES DOSIS DE ZEOLITA, TRES DOSIS DE HUMUS Y DOS GRANULOMETRIAS DEL MATERIAL ZEOLITICO, EN EL CULTIVO DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus* L.)**

**Roberto Ramos Cevallos<sup>1</sup> y Fidel Rodríguez Aguirre<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria. Correo electrónico: firodriguez@yahoo.com*

### **I. PROBLEMA**

El uso excesivo de fertilizantes químicos en la agricultura, como es el caso de los fertilizantes basados en nitratos, provocan debido a su composición química, graves daños a largo plazo en los suelos, al mismo tiempo que contaminan los mantos acuíferos. La creciente cultura de la producción orgánica en el país no se ha preocupado suficientemente de investigar sobre el uso de un mineral, que no necesita ser importado de otros países, para determinar sus beneficios, aplicarlos y difundirlos con quienes están involucrados en dicha cultura.

Parece ser que los sistemas de producción actuales de la región andina del Ecuador no son sostenibles. La próxima revolución verde en Ecuador necesitará producir más alimentos que la primera, pero además, tendrá que ser más "verde". Es decir, que sus métodos tendrán que conservar el medioambiente y la salud humana e integrar una perspectiva agroecológica y tecnologías biológicas al sistema actual de dependencia a insumos externos y tecnologías abióticas. (Jacobsen E. y Sherwood S. 2002).

Una de las mayores problemáticas de la agricultura tradicional y aún más de la orgánica, es el desconocimiento de las dosis apropiadas de fertilizantes, abonos e insumos que se deben aplicar en los cultivos, es así, que por buscar el incremento de producción se utilizan grandes cantidades de estos, llevando a un deterioro y contaminación del suelo, o bien su poco uso no favorece al productor al no alcanzar las metas deseadas. La presente investigación se basa en el diagnóstico de los efectos que se producen en el suelo y consecuentemente en la productividad del cultivo de amaranto al aplicar zeolita en varias dosis y granulometrías, en combinación con humus.

### **II.OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Diagnosticar los efectos benéficos aportados a la producción agrícola por medio de la utilización de Zeolita como material de enmienda del suelo.

#### **Objetivos Específicos**

1. Determinar la dosis más adecuada de aplicación de zeolita en el suelo como material impulsador de la fertilidad en el cultivo de Amaranto.
2. Analizar el comportamiento del cultivo de Amaranto frente al uso conjunto de humus con zeolita.
3. Definir la granulometría de zeolita que reaccione de mejor manera en el suelo.
4. Determinar la conveniencia económica en el cultivo de amaranto de la aplicación de los tratamientos en estudio.

### III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La investigación se la llevó a cabo en la Granja Experimental Docente Querochaca de la Facultad de Ingeniería Agronómica – Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el Cantón Cevallos, Provincia Tungurahua.

#### Factores de Estudio

Dosis de zeolita: 1000 kg/ha (D1); 1500 kg/ha (D2); 2000 kg/ha (D3)

Dosis de Humus: 3000 kg/ha (M1); 4000 kg/ha (M2); 5000 kg/ha (M3)

Granulometría de zeolita: 0.15 a 1.00 mm (G1); 1.50 a 4.00 mm (G2)

#### Tratamientos

El ensayo contó con un total de 18 tratamientos y un testigo, con cuatro repeticiones.

CUADRO 1. TRATAMIENTOS

Tratamientos		Dosis, kg/ha		Granulometría mm
No.	Símbolo	Zeolita	Humus	
1	D1M1G1	1.000	3.000	0.15 – 1.00
2	D1M1G2	1.000	3.000	1.50 – 4.00
3	D1M2G1	1.000	4.000	0.15 – 1.00
4	D1M2G2	1.000	4.000	1.50 – 4.00
5	D1M3G1	1.000	5.000	0.15 – 1.00
6	D1M3G2	1.000	5.000	1.50 – 4.00
7	D2M1G1	2.000	3.000	0.15 – 1.00
8	D2M1G2	2.000	3.000	1.50 – 4.00
9	D2M2G1	2.000	4.000	0.15 – 1.00
10	D2M2G2	2.000	4.000	1.50 – 4.00
11	D2M3G1	2.000	5.000	0.15 – 1.00
12	D2M3G2	2.000	5.000	1.50 – 4.00
13	D3M1G1	3.000	3.000	0.15 – 1.00
14	D3M1G2	3.000	3.000	1.50 – 4.00
15	D3M2G1	3.000	4.000	0.15 – 1.00
16	D3M2G2	3.000	4.000	1.50 – 4.00
17	D3M3G1	3.000	5.000	0.15 – 1.00
18	D3M3G2	3.000	5.000	1.50 – 4.00
19	TESTIGO			

#### Diseño experimental

Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial  $3 \times 3 \times 2 + 1$ , con cuatro repeticiones

#### Datos tomados:

##### Altura de la planta

Este dato fue tomado a los 45, 90 y 135 días a partir del día de siembra, este valor corresponde a la longitud de la planta desde el cuello de la raíz hasta la parte más distal del tallo, incluyendo la

inflorescencia. Valores que fueron tomados de las cinco plantas centrales de la parcela neta, en una planta por sitio.

### **Longitud de la inflorescencia**

La longitud de la inflorescencia fue tomada el día de la cosecha, corresponde al valor, desde el inicio del pedúnculo hasta el otro extremo de la inflorescencia. Valores que fueron tomados de las cinco plantas centrales de la parcela neta, en una planta por sitio.

### **Longitud de la raíz**

Se lo tomó el día de la cosecha, desenterrando la raíz con cuidado de no romper la raíz principal. Valor que fue tomado de las cinco plantas centrales de la parcela neta, en una planta por sitio.

### **Volumen radicular**

Al igual que la longitud radicular, este dato se lo tomó el día de la cosecha, con la ayuda de una probeta, en la cual se midió el desplazamiento del agua aforada. Valor que fue tomado de las cinco plantas centrales de la parcela neta, en una planta por sitio.

### **Rendimiento**

Corresponde a la relación del peso de grano cosechado por unidad de superficie, el valor es correspondiente para cada uno de los tratamientos y se tomó en cuenta la cosecha de todas las plantas de cada parcela neta.

### **Días al inicio de la floración**

Este dato se lo tomó cuando el 50% de plantas de la parcela neta iniciaron la floración.

### **Días al inicio de la cosecha**

Corresponde al número de días desde la siembra hasta cuando las cápsulas que contienen las semillas cambiaron de coloración y los granos cayeron con facilidad.

## **IV. RESULTADOS**

### **Variable Altura de Planta**

En el Cuadro 2 se encuentra el análisis de varianza para esta variable a los 45, 90 y 135 días. Para repeticiones se observan diferencias significativas a los 45 días y altamente significativas a los 90 y 135 días, como consecuencia de la heterogeneidad entre bloques. El desglose de tratamientos evidencia la tendencia lineal del efecto de las dosis de zeolita, con diferencias significativas a los 45 días y altamente significativas a los 90 y 135 días. El factor Humus no presenta significación en ninguno de los períodos analizados, pero sí se evidencian diferencias significativas a los 45 días y altamente significativas a los 90 y 135 días para la interacción D x M.

La granulometría del material presenta alta significación estadística en los tres periodos de tiempo, así como las interacciones D x G a los 45 días con diferencias significativas y altamente

significativas a los 90 días para la interacción D x M x G.

El incremento en la altura de las plantas se manifiesta con una clara tendencia lineal de las dosis de zeolita. En todos los casos, la dosis más alta de zeolita produce las plantas más altas.

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA A LOS 45, 90 Y 135 DÍAS, cm

Fuentes de Variación	g.l.	Cuadrados Medios		
		45 días	90 días	135 días
Repeticiones	3	7,51*	377,11**	2024,64**
Tratamientos	18	5,51 <sup>ns</sup>	135,92**	605,10 <sup>ns</sup>
Dosis Zeolita (D)	2	6,36 <sup>ns</sup>	130,05*	654,41*
D lineal	1	9,15*	205,84**	1262,80**
D cuadrática	1	3,57 <sup>ns</sup>	54,27 <sup>ns</sup>	46,01 <sup>ns</sup>
Dosis Humus (M)	2	0,52 <sup>ns</sup>	24,34 <sup>ns</sup>	77,87 <sup>ns</sup>
M lineal	1	0,97 <sup>ns</sup>	20,15 <sup>ns</sup>	149,81 <sup>ns</sup>
M cuadrática	1	0,06 <sup>ns</sup>	28,53 <sup>ns</sup>	5,92 <sup>ns</sup>
D x M	4	6,51*	182,09**	803,97**
Granulometría (G)	1	18,30**	286,40**	2431,37**
D x G	2	7,27*	33,99 <sup>ns</sup>	251,26 <sup>ns</sup>
M x G	2	0,52 <sup>ns</sup>	22,46 <sup>ns</sup>	198,13 <sup>ns</sup>
D x M x G	4	2,58 <sup>ns</sup>	120,64**	271,33 <sup>ns</sup>
Testigo vs. Resto Tratamientos	1	15,32**	527,65**	1795,99**
Error Experimental	53	1,80	28,40	170,34
Coefficiente de Variación, %		17,64	18,59	17,57

\*\* Diferencias altamente significativas

\* Diferencias significativas

<sup>ns</sup> Diferencias no significativas

En el Cuadro 3 se observa que a los 90 y 135 días, la dosis 3 de zeolita (3.000 kg/ha) presenta las mayores alturas de planta, con 31,87 y 81,05 cm respectivamente, en tanto que con la dosis 1 (1.000 kg/ha) las plantas presentaron el menor crecimiento, con 27,72 y 70,80 cm respectivamente.

CUADRO 3. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA DOSIS DE ZEOLITA A LOS 90 Y 135 DÍAS

Tratamientos	90 días		135 días	
	Media, cm	Rango	Media	Rango
D3	31,87	A	81,05	A
D2	27,95	B	74,23	AB
D1	27,72	B	70,80	B

En relación a la interacción D x M cuya prueba de significación de Tukey al 5% se presenta en el Cuadro 4, en los tres períodos de tiempo analizados la combinación D3M3 (3.000 kg/ha de zeolita y 5.000 kg/ha de humus) fue la mejor con promedios de 9,23, 38,42 y 90,53 cm. Las menores alturas de planta se presentan a los 45 días para el tratamiento D1M3 (1.000 kg/ha de zeolita y 5.000 kg/ha de humus), a los 90 días D2M3 y a los 135 días D3M1 (3.000 kg/ha de zeolita y 3.000 kg/ha de humus).

CUADRO 4. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN D x M A LOS 45, 90 Y 135 DÍAS

Tratamientos	45 días		90 días		135 días	
	Media, cm	Rango	Media, cm	Rango	Media, cm	Rango
D3 M3	9,23	A	38,42	A	90,53	A
D3 M2	8,57	AB	31,05	AB	86,03	AB
D3 M1	7,14	AB	26,13	B	66,60	B
D2 M3	7,49	AB	25,95	B	70,30	AB
D2 M2	7,35	AB	37,26	A	81,85	AB
D2 M1	7,37	AB	30,66	AB	70,53	AB
D1 M3	6,92	B	26,46	B	71,15	AB
D1 M2	7,12	AB	26,57	B	68,30	B
D1 M1	8,28	AB	30,15	AB	72,93	AB

La prueba de Tukey al 5% para la interacción dosis de zeolita y granulometría que se presenta en el Cuadro 5, arroja tres rangos, evidenciándose como la mejor altura 9.40 cm correspondiente al tratamiento D3G1 (3.000 kg/ha de zeolita y granulometría 0.15 – 1.00 mm) que se refiere a la utilización de material fino de zeolita en la dosis alta y 7.01 cm como el valor más bajo promedio de la interacción entre estos factores, valor correspondiente al tratamiento D1G2 que es igual a la dosis más baja de zeolita con granulometría gruesa.

CUADRO 5. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN D x G A LOS 45 DÍAS

Tratamientos	Media, cm	Rango
D3 G1	9,40	A
D1 G1	7,86	AB
D2 G2	7,41	B
D2 G1	7,40	B
D3 G2	7,22	B
D1 G2	7,01	B

En el Cuadro 6 se comparan las medias correspondientes a la interacción dosis de zeolita, dosis de humus y granulometría del material zeolítico a los 90 días, obteniéndose tres rangos. La mayor altura con 46,9 cm corresponde al tratamiento D3M3G1 (3.000 kg/ha de zeolita, 5.000 kg/ha de humus y granulometría 0.15 – 1.00 mm) lo cual evidencia que la mejor altura se obtiene con las dosis altas de humus y zeolita combinadas con la granulometría fina del material zeolítico. La menor altura de planta corresponde al tratamiento D1M2G2 (1.000 kg/ha de zeolita, 4.000 kg/ha de humus y 1.50 – 4.00 mm de granulometría) con 22,10 cm.

CUADRO 6. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN D x M x G A LOS 90 DÍAS

Tratamientos	Media, cm	Rango
D3 M3 G1	46,90	A
D2 M1 G1	33,00	AB
D3 M2 G1	31,65	B
D1 M2 G1	31,05	B
D1 M1 G1	30,90	B

D3 M2 G2	30,45	B
D3 M3 G2	29,95	B
D1 M1 G2	29,40	B
D2 M2 G1	29,03	B
D1 M3 G1	28,50	B
D2 M1 G2	28,32	B
D2 M3 G2	28,10	B
D3 M1 G2	26,48	B
D3 M1 G1	25,80	B
D2 M2 G2	25,50	B
D1 M3 G2	24,42	B
D2 M3 G1	23,80	B
D1 M2 G2	22,10	B

La altura de la planta de amaranto, claramente se ve favorecida por la aplicación combinada de zeolita y humus, ya que el testigo fue el tratamiento que produjo las menores alturas de planta en los tres períodos de tiempo analizados. Estos resultados concuerdan con los reportes de la literatura científica tal como lo señalan Chica Toro (2006), De La Torre Sánchez (2006), Douglas (2001), John (2006) y otros, en el sentido de que la zeolita y el humus contribuyen a mejorar la capacidad de intercambio catiónico, aumentar la retención de agua, mejorar la estructura del suelo, incrementar la vida microbiana, aportar macro y micronutrientes, entre otros, características que tienen incidencia positiva en la manifestación de esta variable. Además, la granulometría del material zeolítico demostró en forma evidente su importancia, ya que mientras más fino es, tiene una mayor superficie específica, por lo tanto mayor superficie de contacto con el suelo y consecuentemente sus efectos y propiedades incrementaron en forma altamente significativa la altura de la planta.

#### **Variables Longitud de inflorescencia, longitud de de la raíz y rendimiento**

En el Cuadro 7 se presenta el análisis de varianza para estas tres variables. En el caso de longitud de la inflorescencia se observan diferencias estadísticas altamente significativas para la interacción D x M y para la comparación testigo vs. resto de tratamiento, y diferencias significativas para la granulometría del material, debiendo anotar que el tratamiento G1 es el más alto de los dos con un promedio de 41,38 cm, correspondiendo al tratamiento G2 un promedio de 35,51 cm de altura de la inflorescencia.

En relación a la variable longitud de la raíz, se encuentran diferencias altamente significativas para repeticiones, tratamientos, granulometría, interacción D x M x G y comparación testigo vs. resto de tratamientos. Las tendencias lineal y cuadrática de zeolita reportan diferencias significativas En relación a la granulometría, el material más fino (G1) produjo el mayor crecimiento radicular con 45,62 cm y el material más grueso (G2) 42,68 cm.

El análisis de varianza para rendimiento presenta diferencias altamente significativas en repeticiones, tratamientos, dosis de Zeolita, tendencia lineal de zeolita y comparación testigo vs. resto de tratamientos. Los coeficientes de variación fluctúan entre 11 y 23%, que son niveles adecuados para garantizar la suficiente confianza en la validez de los resultados encontrados.

CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LONGITUD DE LA INFLORESCENCIA, LONGITUD DE LA RAÍZ Y RENDIMIENTO

Fuentes de Variación	g.l.	Cuadrados Medios		
		Longitud de la inflorescencia	Longitud de la Raíz	Rendimiento
Repeticiones	3	7,48 <sup>ns</sup>	235,50**	2,81**
Tratamientos	18	112,17 <sup>ns</sup>	124,69**	1,72**
Dosis Zeolita (D)	2	51,04 <sup>ns</sup>	80,10*	2,79**
D lineal	1	100,34 <sup>ns</sup>	157,69*	14,68**
D cuadrática	1	1,73 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>
Dosis Humus (M)	2	62,20 <sup>ns</sup>	33,28 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>
M lineal	1	117,81 <sup>ns</sup>	31,36 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>
M cuadrática	1	6,59 <sup>ns</sup>	35,20 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>
D x M	4	106,07**	51,27 <sup>ns</sup>	0,70*
Granulometría (G)	1	149,65*	171,74**	0,58 <sup>ns</sup>
D x G	2	63,70 <sup>ns</sup>	28,09 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>
M x G	2	39,33 <sup>ns</sup>	7,95 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
D x M x G	4	64,99 <sup>ns</sup>	119,24**	0,24 <sup>ns</sup>
Testigo vs. Resto Tratamientos	1	877,07**	1091,93**	7,63**
Error Experimental	53	30,91	23,72	0,28
Coefficiente de Variación, %		14,17	11,26	23,39

\*\* Diferencias altamente significativas

\* Diferencias significativas

<sup>ns</sup> Diferencias no significativas

En el Cuadro 8 se reporta la prueba de Tukey al 5% para dosis de zeolita en las variables longitud de la raíz y rendimiento. Se observa que la densidad 3 (3.000 kg/ha) presenta el mayor crecimiento de la raíz (45,76 cm) y el mayor rendimiento con 2.95 Tm/ha. La densidad 1 (1.000 kg/ha) es el tratamiento con las respuestas más bajas en estas dos variables.

CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY PARA DOSIS DE ZEOLITA EN LONGITUD DE LA RAÍZ Y RENDIMIENTO

Tratamientos	Longitud de la Raíz cm	Rango	Rendimiento Tm/ha	Rango
D3	45,76	A	2,95	A
D2	44,35	AB	2,14	B
D1	42,14	B	1,84	B

En el Cuadro 9 se observa la prueba de Tukey al 5% para la interacción D x M en las variables longitud de la inflorescencia y rendimiento. En la primera de estas variables se presentan tres rangos, siendo el tratamiento D3M3 (3.000 kg/ha de zeolita y 5.000 kg/ha de humus) quien ocupa el primer rango con 46,10 cm de longitud, en tanto que D3M1 (3.000 kg/ha de zeolita y 3.000 kg/ha de humus) se ubica en el último lugar.

En relación a la variable rendimiento, se presentan también tres rangos y de igual manera es D3M3 (3.000 kg/ha de zeolita y 5.000 kg/ha de humus) el mejor tratamiento, compartiendo el mismo rango con D3M2 (3.000 kg/ha de zeolita y 4.000 kg/ha de humus). En el último rango se ubican cuatro tratamientos, siendo D1M1 (1.000 kg/ha de zeolita y 3.000 kg/ha de humus) quien presenta el promedio de rendimiento más bajo con 1,65 Tm/ha.

CUADRO 9. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN D x M EN LONGITUD DE LA INFLORESCENCIA Y RENDIMIENTO

Tratamientos	Longitud de la Inflorescencia, cm	Rango	Rendimiento Tm/ha	Rango
D3 M3	46,10	A	3,22	A
D3 M2	42,63	AB	3,18	A
D3 M1	35,13	B	2,45	AB
D2 M3	38,95	AB	2,22	AB
D2 M2	39,70	AB	1,97	B
D2 M1	41,85	AB	2,21	AB
D1 M3	38,85	AB	1,75	B
D1 M2	38,80	AB	2,13	B
D1 M1	37,53	AB	1,65	B

El Cuadro 10 contiene la prueba de Tukey al 5% para la interacción D x M x G en la variable longitud de la raíz, en la misma que se aprecia tres rangos que marcan las diferencias entre los tratamientos. El primero de ellos es ocupado por el tratamiento D3M3G1 (3.000 kg/ha de zeolita, 5.000 kg/ha de humus y 0.15 a 1.00 mm de granulometría) con 56,05 cm de longitud de la raíz. En el último rango se ubican 8 tratamientos, ocupando el último lugar con 39,30 cm el tratamiento D1M3G1 (1.000 kg/ha de zeolita, 5.000 kg/ha de humus y 0.15 a 1.00 mm de granulometría).

CUADRO 10. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA INTERACCIÓN D x M x G EN LONGITUD DE LA RAÍZ

Tratamientos	Media, cm	Rango
D3 M3 G1	56,05	A
D1 M2 G1	48,80	AB
D3 M2 G2	48,05	AB
D2 M1 G1	47,90	AB
D3 M2 G1	46,05	AB
D2 M3 G2	44,70	AB
D2 M3 G1	44,30	AB
D3 M1 G1	43,55	AB
D2 M2 G2	43,40	AB
D2 M2 G1	43,40	AB
D2 M1 G2	42,35	B
D1 M3 G2	41,60	B
D1 M1 G1	41,25	B
D1 M1 G2	41,15	B
D1 M2 G2	40,70	B
D3 M1 G2	40,45	B
D3 M3 G2	40,40	B
D1 M3 G1	39,30	B

El uso de materiales que mejoran las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo, como son el humus y la zeolita, mejoraron las características agronómicas del cultivo de amaranto, produciendo no solo plantas más altas, sino además con inflorescencias más largas, mejores sistemas radiculares y rendimientos más altos, concordando con lo reportado por varios autores como Páez (2006) y Zeomex (2010). En todos los casos, el tratamiento testigo produjo los resultados más bajos en comparación con el resto de los tratamientos.



Existe una clara respuesta al incremento en la dosis de zeolita, así como por la combinación de humus y zeolita, factores que inciden de manera positiva en estas variables, lo cual coincide con lo reportado por Sade (s/f), Páez (2006), Zeomex (2010) y De La Torre Sánchez (2006).

Además, el material zeolítico más fino, es decir con mayor superficie específica, demuestra ser más eficiente que el material de granulometría gruesa.

**Relación beneficio costo de los tratamientos**

Los tratamientos D3M3G1 (3.000 kg/ha de zeolita, 5.000 kg/ha de humus y 0.15 a 1.5 mm de granulometría), D3M2G1 (3.000 kg/ha de zeolita, 5.000 kg/ha de humus y 0.15 a 1.5 mm de granulometría) y D1M1G2 (3.000 kg/ha de zeolita, 5.000 kg/ha de humus y 0.15 a 1.00 mm de granulometría) presentaron las mayores relaciones beneficio costo, es decir, demostraron ser los más eficientes, principalmente por haber presentado los rendimientos más altos.

CUADRO 11. RELACIÓN BENEFICIO COSTO (RBC)

Tratamiento	US\$/ha		RBC
	Costos	Beneficios	
D1 M1 G1	1.130	3.042	2.69
D1 M1 G2	1.130	5.094	4.05
D1 M2 G1	1.210	4.500	3.72
D1 M2 G2	1.210	3.060	2.53
D1 M3 G1	1.290	3.348	2.60
D1 M3 G2	1.290	3.100	2.40
D2 M1 G1	1.250	3.474	2.78
D2 M1 G2	1.250	4.320	3.46
D2 M2 G1	1.330	3.500	2.63
D2 M2 G2	1.330	3.474	2.61
D2 M3 G1	1.410	3.924	2.78
D2 M3 G2	1.410	3.924	2.78
D3 M1 G1	1.370	4.410	3.22
D3 M1 G2	1.370	4.194	3.06
D3 M2 G1	1.450	5.900	4.07
D3 M2 G2	1.450	5.454	3.76
D3 M3 G1	1.530	6.534	4.27
D3 M3 G2	1.530	4.914	3.21
TESTIGO	650	1.494	2.30

**V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**Conclusiones**

- ✓ En lo que se refiere a características agronómicas, la altura de planta a los 45, 90 y 135 días, los tratamientos que reciben las dosis D3, que corresponden a 3.000 kg/ha de zeolita, combinada de igual manera con las dosis altas de humus (5.000 kg/ha), presentaron mejores resultados. Los tratamientos con la dosis D1 (1.000 kg/ha de zeolita) tuvieron los más bajos valores tanto en altura como en las otras variables. El tratamiento testigo que careció de zeolita y humus y que es un tratamiento enfocado a como los agricultores están llevando este cultivo, de igual manera tuvo valores menores en las alturas de planta así como en el rendimiento.
- ✓ La variable longitud de la inflorescencia tuvo un comportamiento similar al de altura de planta, las panojas se desarrollaron bien en los tratamientos en los cuales se trabajó con las dosis de zeolita y

humus altas (3.000 y 5.000 kg/ha respectivamente); de igual manera en lo que se refiere a granulometría del material, la G1 que posee una dimensión entre 0,15 y 1.00 mm de diámetro actúa mejor en el suelo, ratificando que las partículas de zeolita, a mayor superficie de contacto tienen mayor efectividad, y al hablar de la zeolita, mayor superficie para que se adhieran los cationes, mientras que la granulometría gruesa presenta poca superficie de contacto, que conlleva a una menor efectividad.

- ✓ En relación a la floración y días a la cosecha, al no existir significación entre los factores simples ni en las interacciones de primero y segundo grado, se concluye que los tratamientos no influyeron en las etapas fenológicas del cultivo, es decir, no se vio fenómenos de precocidad, sino más bien uniformidad en los procesos fenológicos, ya que son características determinadas fundamentalmente por el genotipo.
- ✓ Una de las propiedades de la zeolita es la de mejorar el sistema radicular que se pudo evidenciar con los resultados obtenidos, en los cuales se presentan mejores características agronómicas. En lo que se refiere al sistema radicular, el tratamiento D3M3G1 (3.000 kg/ha de zeolita, 5.000 kg/ha de humus y granulometría fina), fue el que presentó las mejores características como raíces más largas y más voluminosas frente a otros tratamientos y al testigo; aunque la variación no es significativa entre los tratamientos en los que se usa zeolita, se concluye que el uso de zeolita combinada con humus mejora las características radiculares.
- ✓ Uno de las variables más importantes por no decir la más importante es sin lugar a duda el rendimiento, ya que el producto final es el que se comercializará. Los resultados obtenidos demuestran que con el uso del tratamiento D3M3G1 (3.000 kg/ha de zeolita, 5.000 kg/ha de humus y granulometría fina) el cultivo de amaranto produce 3,67 Tm/ha, frente al tratamiento testigo que produce 0,83 Tm/ha.
- ✓ Todos los tratamientos poseen una buena relación beneficio costo, sobresaliendo los tratamientos que obtuvieron un buen rendimiento, es decir los tratamientos: D3M3G1 (3.000 kg/ha de zeolita, 5.000 kg/ha de humus y granulometría fina), D3M2G1 (3.000 kg/ha de zeolita, 4.000 kg/ha de humus y granulometría fina) y D1M1G2 (1.000 kg/ha de zeolita, 3.000 kg/ha de humus y granulometría gruesa).

### Recomendaciones

- ✓ Ensayar con otros niveles y granulometrías de zeolita.
- ✓ Utilizar en investigaciones posteriores dosis de fertilizantes como complemento nutricional.
- ✓ Probar con otros niveles así como también otros tipos de materia orgánica, puedan ser estos; compost, bioles, bokashi, etc.
- ✓ Investigar la utilización de zeolita combinada con fertilizantes de síntesis química para evaluar los beneficios de su uso.
- ✓ Realizar investigaciones sobre especies nativas y no tradicionales como es el Amaranto, Quinoa y otras especies similares que pueden ser cultivos económicamente, rentables.
- ✓ Realizar investigaciones sobre nuevas técnicas de enmienda de suelos, uso de abonos orgánicos y sobre todo alternativas para los agricultores que se encuentran abandonando la tierra y la agricultura.
- ✓ Para los agricultores que abandonaron los suelos o están en proceso de hacerlo, se recomienda que utilicen el cultivo de Amaranto como una alternativa de producción rentable, que es una especie nativa, autóctona y no tradicional, con características de rusticidad y resistencia a sequía, plagas y enfermedades, y trabajen con los tratamientos que presentaron mejores resultados en el presente ensayo.

### VI. BIBLIOGRAFIA

Agrotterra. <http://www.agrotterra.com/foro/foros/agricultura-temas-generales/uso-de-zeovit-t4962.html>

Arias, C. 1993. Poscosecha de granos a nivel rural. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, CH. s/e. 392 p.

Borroto Pérez M., Saiz Machado J., Sánchez Rodríguez I., La Guardia Madrazo T. 2003. El Amaranto cultivo alternativo para áreas en proceso de desertificación. Resumen de algunas experiencias cubanas. AMARANTH ALTERNATIVE CROP FOR DESERTIFICATION PROCESS AREAS. SOME CUBAN EXPERIENCE. Cuba: Medio ambiente y desarrollo (3) 5. [www.medioambiente.cu/revistama](http://www.medioambiente.cu/revistama)

Byers, A.C. 1990. Erosion processes in tropical watersheds: A preliminary assessment of measurement methods, action strategies, and information availability in the Dominican Republic, Ecuador, and Honduras. Development Strategies for Fragile Lands. Agenda para el Desarrollo Internacional, Washington, DC.

Chica Toro, F. et. al. 2006. La zeolita en la mitigación ambiental. Revista Lasallista de Investigación. Antioquia, Colombia. pp 30-34

De La Torre Sánchez, M. L., Grande Gil, J. A. y Sainz Silvan. Uso de zeolitas en plantaciones de alto rendimiento como mejorante del suelo. (Fecha de acceso: 9 de enero de 2006). URL disponible en <http://www.estremadura-web.com/olivarintensivo/modules.php>

Douglas, W. M. 2001. Natural zeolitas: ocurrent, properties, applications. Review in MINERALOGY GEOCHEMISTRY. Mineralogical Society of America, Geochemical Society. VOL. 45

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1990. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. s.l., s.e. 205 p.

González, G. 1974. Métodos estadísticos y principios de diseño experimental. Universidad Central del Ecuador. Quito, EC, s/e. 331 p.

Izquierdo, C., Greene, D. y Gaeth, R. 1993. Perspectivas del sector agropecuario ecuatoriano en la subregión andina. Quito, MAG-PRSA.

Jacobsen E., Sherwood S. 2002. Cultivo de granos andinos en el Ecuador: informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Quito, EC, Ediciones Abya-Yala. 89 p.

John, C. M., Del Vallín, G. y Dueñas, G. Eficiencia de la zeolita como aditivo de la urea en los cultivos de papa y tomate. (Fecha de acceso: 19 de julio de 2006). URL disponible en <http://www.cursosonlinea.cu/eventosv/tecnomat/compuesto/>.

Páez, O. 2006. Zeolitas, el material del Universo. [www.soil-fertility.com](http://www.soil-fertility.com)

Pola, R., Spetter, J., Lorenz, K. 2007. El resurgimiento de un cultivo ancestral: Amaranto. Leisa (3) 23: 19-21

Sade, A. s/a. Cultivos bajo condiciones forzadas: Nociones generales. s.f. s.l. s.e. 144 p.

Van Lenteren, J.C., Mineks A.K. y De Ponti, D.M.B. 1991. Biological control and integrated crop protection: Towards environmentally safer agriculture. Pudoc Scientific Publisher. Wageningen, pág. 225.

White, S. y Maldonado, F. 1991. The use and conservation of natural resources in the Andes of southern Ecuador. Mountain Research and Development 11 (1), 37-55.

www. Zeonatec.com. 2009. Un mineral que cuida el medio ambiente y mejora la productividad

[www.camdipsalta.gov.ar](http://www.camdipsalta.gov.ar) (Consultada el 25/01/10)

[www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org). (Consultada el 25/01/10)

[www.prodigyweb.net.mx/centeotlac/pages/rasgos.htm](http://www.prodigyweb.net.mx/centeotlac/pages/rasgos.htm) (Consultada del 25/01/10)

[www.zeomex.com.mx/section/227.html](http://www.zeomex.com.mx/section/227.html) (Consultada el 20/01/2010)