

## I. INTRODUCCIÓN

La producción nacional de papa se ubica en el norte, centro y sur del Ecuador. Las diferencias agroecológicas están determinadas no por la latitud sino por las relaciones entre clima, fisiografía y altura.

En general, el cultivo de papa en el país se desarrolla en terrenos irregulares, en laderas hasta con más del 45% de pendiente y en un rango de altitud de 2400 a 3800 m.s.n.m. en los pisos interandinos y subandinos. Una fracción importante del cultivo se desarrolla en condiciones de subpáramo, particularmente en el húmedo. Aunque el cultivo se encuentra en los valles bajos, debido a presión demográfica, la tendencia actual es un desplazamiento hacia el páramo, con el consiguiente deterioro ambiental y el riesgo de pérdida del cultivo por heladas.

Aunque la provincia del Carchi solo ocupa el 26 % de la superficie nacional dedicada al cultivo (15000 ha), produce el 40 % de la cosecha anual del país. Carchi dispone de una diversidad de climas que permite cultivar desde papa en la parte alta hasta frutales en la parte baja.

A lo largo del año, las temperaturas máximas, medias y mínimas son similares en los cuatro cantones con mayor superficie sembrada de papa: Tulcán, Montufar, Espejo y Huaca. Las temperaturas promedio oscilan entre 11.8 °C y 12.1 °C, con una ligera disminución en los meses de junio y agosto.

En Ecuador, alrededor del 80 % de los suelos cultivados con papa son de origen volcánico (andisoles), son negros con materiales amorfos, tienen alta capacidad de fijación de fósforo y altos contenidos de materia orgánica (8 a 16 % por volumen). Generalmente son suelos franco, franco arenoso, franco arcilloso y franco limoso. Por su textura y topografía poseen buen drenaje natural; generalmente, la porosidad, permeabilidad y capacidad de retención de humedad son altas.

En el Cantón Espejo se siembran aproximadamente 2423 has. dedicadas a cultivos transitorios en los que se encuentra la papa considerando un cultivo de alto interés económico.

En 1998, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) deduce que los suelos de la sierra ecuatoriana presentan baja productividad, causada por uso intensivo y mal manejo del suelo, erosión, influencia climática y mal uso de fertilizantes. Sin embargo, en 1999 no existe un patrón definido en cuanto a fórmulas, dosis y épocas de aplicación.

Con relación a fertilizantes, el cultivo de papa es bastante exigente en este insumo, el más utilizado es la urea. Este cultivo consume del 12 al 15 % del total de fertilizantes que se utiliza en el país, lo cual indica la importancia del cultivo desde la perspectiva de la demanda de insumos.

Una de las alternativas actualmente en la práctica de la fertilización son las denominadas zeolitas, que son estructuras aluminosilicatos con cavidades de dimensiones moleculares de 8 a 10 angstrom. Contienen iones grandes y moléculas de agua con libertad de movimiento, para así poder permitir el intercambio iónico. Existen varios tipos de zeolita, nueve principales, y que surgen en las rocas sedimentarias:

Considerando las características de las zeolitas minerales con propiedades físico químicas especiales y que se encuentran en nuestro país, se puede recomendar a utilizarse con buenos resultados en la agricultura por el mejoramiento del intercambio catiónico, adsorción (30% de retención de agua).

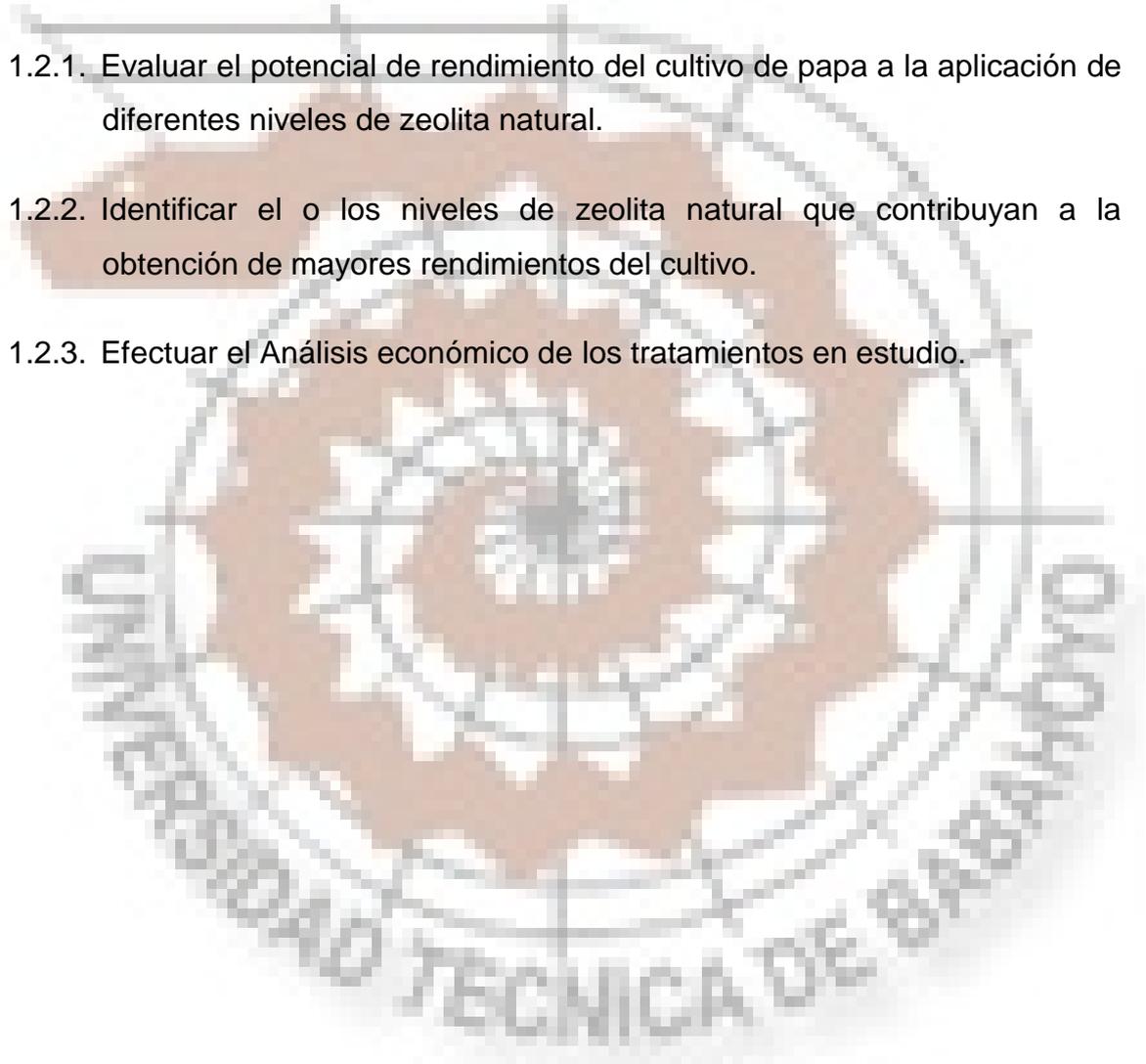
La importancia para incrementar el rendimiento de las cosechas, disminuir la cantidad de fertilizantes químicos y bajar los costos, motiva a realizar la presente investigación para evaluar el comportamiento de la zeolita en el cultivo de papa.

### **1.1. Objetivo General:**

Determinar el comportamiento agronómico del cultivo de papa a la aplicación de cuatro niveles de zeolita natural, en la zona de El Ángel, Cantón Espejo. Provincia del Carchi.

### **1.2. Objetivos Específicos:**

- 1.2.1. Evaluar el potencial de rendimiento del cultivo de papa a la aplicación de diferentes niveles de zeolita natural.
- 1.2.2. Identificar el o los niveles de zeolita natural que contribuyan a la obtención de mayores rendimientos del cultivo.
- 1.2.3. Efectuar el Análisis económico de los tratamientos en estudio.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

Según Brush, citado por Paredes (2002), manifiesta que la región montañosa de los Andes es considerada como el centro de domesticación y desarrollo de la papa cultivada, distribuyéndose desde aquí a todos los países del mundo. Los españoles la introdujeron en el continente europeo desde el siglo XVI, durante la época de la conquista.

La papa forma parte de una familia muy numerosa de especies que se agrupan en categorías según su grado de semejanza, así, pertenece a la Familia *Solanacea*, Género *Solanum*, Sección *Petota*, Subsección *Potatoe*, Especie *tuberosum*.

Según la Federación Colombiana de productores de papa (1997), las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla sexual o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de una semilla verdadera, forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales. Cuando crecen a partir de tubérculos forman raíces adventicias fibrosas, primero en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo. Ocasionalmente forman raíces también en los estolones. En comparación con otros cultivos, la papa tiene un sistema radicular débil, por eso necesita de un suelo en buenas condiciones para su cultivo. Un buen desarrollo radicular favorece a la planta con una mayor área de absorción de agua y nutrientes, además, ofrece mayor tolerancia a enfermedades y plagas que atacan a las raíces.

INIAP (1984) menciona, que la labor denominada retape consiste en aflojar superficialmente al suelo para evitar la pérdida de humedad y lograr el control oportuno de malezas. Esta labor se realiza de 30 a 45 días después de la siembra. Sin embargo, esto depende de muchos factores entre los cuales se pueden citar: la calidad de preparación del suelo y la humedad reinante.

De acuerdo con Barrera *et al.* (2004), en el Carchi esta labor es indispensable, forma parte de las prácticas de producción del cultivo de papa y se la utiliza principalmente para hacer la segunda aplicación del fertilizante, y para realizar el primer control mecánico de malezas. Posiblemente esta actividad sea el factor determinante para alcanzar los mayores rendimientos de papa en Carchi.

Según INIAP (1984), el primer aporque tiene tres objetivos: el primero consiste en proporcionar el sostén necesario a la planta, el segundo es aflojar el suelo y así evitar las pérdidas de humedad y el tercero se encuentra relacionado con el control de malezas. Esta labor debe realizarse entre los 60 a 80 días de la siembra, sin embargo, el período adecuado depende de las condiciones ambientales, las que inciden en el desarrollo de las plantas.

Rousselle *et al.* (1999), indican que el tubérculo es la justificación económica del cultivo de patata puesto que constituye la parte alimentaria de la planta, al mismo tiempo que su órgano más frecuentemente utilizado en la propagación. Desde el punto de vista anatómico un tubérculo de patata es un tallo subterráneo con los entrenudos acortados y engrosados, y cuyas yemas axilares están situadas en la axila de una hoja reducida a una escama.

Madec citado por Rousselle (1999), explica que la formación de los embozos de tubérculos se realiza, con frecuencia, en un tiempo muy corto (1-2 semanas) en la mayor parte de las variedades. Por tanto, todos los tubérculos formados por una planta tienen sensiblemente la misma edad, cualquiera que sea su grosor en el momento de la recolección. Las diferencias de velocidad de engrosamiento y tamaño final que se observa en los tubérculos de una planta se deben a la competencia interplantas e intraplanta.

Para Pumisacho y Sherwood (2002), la Superchola es una variedad de papa obtenida por una serie de cruces entre variedades nativas y mejoradas en 1984 por el Sr. Germán Bastidas en San Gabriel - Provincia de Carchi. Es de la subespecie andígena, recomendada para la zona Norte y Centro a una altitud

entre 2800 a 3600 m.s.n.m. Presenta un follaje frondoso; desarrollo rápido, tallos robustos y fuertes, hoja medianas que cubren bien el terreno. Los tubérculos son medianos de forma elíptica a ovalada, piel rosada y lisa con crema alrededor de los ojos, pulpa amarilla pálida sin pigmentación y ojos superficiales. Tiene una maduración tardía que comprende un ciclo de 180 días. El rendimiento potencial es de 30 t/ha. Es susceptible a lanchara (*Phytophthora infestans*), medianamente resistente a roya (*Puccinia pittieriana*) y tolerante al nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*). Se usa para consumo en fresco y para procesamiento industrial en forma de hojuelas (chips) y a la francesa (bastones).

Andrade (1991), afirma que para proporcionar una buena nutrición al cultivo de papa, se requiere tener conocimiento previo sobre el desarrollo de la planta y su asimilación de nutrientes, se deben conocer las características físicas y químicas de los suelos; y los requerimientos de fertilizantes para establecer las dosis óptimas para aplicarse.

Barrera (2004), sostiene que la cantidad por utilizar en cada zona depende de los objetivos de la siembra: autoconsumo, mercado, procesamiento, o semilla; en las cuales influyen las condiciones climáticas, el tipo de suelo, la variedad y el tipo de agricultor (pequeño, mediano o grande). Así, por ejemplo, en la zona Norte (Carchi) se aplican altas dosis de fertilizante en forma fraccionada, y por lo general utilizan mezclas, mientras en las zonas Central y Sur se aplican menos fertilizantes. Sin embargo, no se debe olvidar que la producción del cultivo tiene una relación directa con la fertilización.

De acuerdo con Egusquiza (2000), el crecimiento de la papa depende del suministro de los nutrimentos de la planta, como nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes. Cada nutrimento tiene funciones específicas para el crecimiento de la planta. La carencia de nutrimentos origina retardo del proceso de crecimiento y disminución del rendimiento. El cultivo de papa extrae los nutrimentos del suelo y se hace necesario reemplazarlos para mantener la

fertilidad de éste. Los fertilizantes son caros y pueden no estar disponibles con facilidad; por ello el conocimiento de la acción de los nutrimentos en las plantas y el suelo ayuda al agricultor a emplear los fertilizantes en forma más eficiente.

Para Vander Zaag (1986), entre los factores que limitan la producción de papa se puede citar: temperaturas altas, días de corta duración, baja intensidad de luz y malas condiciones físicas del suelo, están los niveles diferentes de aplicación de fertilizantes, los cuales son responsables en gran proporción de esas variaciones de rendimiento. En numerosos casos la aplicación de nutrimentos aumenta el rendimiento. Sin embargo, con el aumento de la aplicación de fertilizantes el incremento del rendimiento llega a ser cada vez más pequeño, hasta que el costo de los insumos exceda el beneficio del rendimiento. El empleo eficiente del fertilizante cubre las necesidades de la planta y evita la excesiva aplicación.

Según Valverde (1998), los objetivos de aplicar fertilizantes son: complementar los nutrientes del suelo que están deficientes para las plantas, mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementar los rendimientos y reponer los nutrientes que fueron removidos por los cultivos anteriores.

Para recomendar una adecuada fertilización se necesita saber los requerimientos del cultivo en relación al rendimiento esperado, tener un análisis físico-químico del suelo para conocer las condiciones de fertilidad y conocer la eficiencia de los fertilizantes.

Hooker *et al.* (1980) sostienen, que la papa es una planta de gran variabilidad genética, por lo tanto las diferencias varietales que existen pueden tener una marcada influencia en la respuesta específica a los diferentes niveles nutricionales del suelo. La deficiencia o exceso de un nutriente en particular puede ser influenciada por su disponibilidad y balance con otros nutrientes, pH del suelo, niveles de intercambio catiónico, etc.

Según Muñoz (1984), el cultivo de papa necesita disponer gran parte de nitrógeno en el desarrollo inicial para la producción de tallos y hojas, y que la absorción de nitrógeno continúa con el desarrollo de los tubérculos.

Valverde (2002), indica que para niveles promedios de rendimientos obtenidos en los diez últimos años en las provincias de Carchi, Pichincha, Cotopaxi y Cañar, la dosis optima fisiológica (DOF) fue alrededor de 160 kg de N/ha y la dosis optima económica (DOE) alrededor de 140 kg N/ha. La máxima eficiencia del nitrógeno con relación al rendimiento se consiguió con 50 kg de N/ha, al obtener 186 kg de papa por cada kg de N aplicado. Al incrementar los niveles de nitrógeno, su eficiencia tiende a bajar, un efecto conocido como la ley de los rendimientos decrecientes.

Valverde *et al.* (2002), indican que en diferentes ensayos realizados en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Cañar y Carchi, se obtuvieron rendimientos promedios alrededor de 26.5 t/ha, en los que la dosis optima fisiológica (DFO) fue de 325 kg/ha, y la dosis optima económica (DOE) fue de 240 kg/ha. La máxima eficiencia del cultivo de papa en el uso de fósforo fue de 100 kg/ha, con una producción de 126 kg de tubérculo por cada kg de fósforo aplicado.

De acuerdo a Flor (1991), el fósforo es un elemento crítico durante el periodo inicial del desarrollo de la planta y de tuberización. Una deficiencia de fósforo retarda el crecimiento apical, dando lugar a plantas pequeñas rígidas. Se reduce la formación de almidón en los tubérculos, contribuyendo a la formación de manchas necróticas de color castaño herrumbre, distribuidas en forma dispersa en toda la pulpa.

Gargantini, citado por Montaldo (1984), manifiesta que entre los órganos vegetativos, las hojas contiene la mayor cantidad de potasio; después están los tallos y las raíces. A los dos meses de edad, la planta aumenta el ritmo de formación de los tubérculos, por lo que estos pasan a tener la mayor proporción

del potasio. De los elementos fertilizantes, el potasio es absorbido por la planta en mayor cantidad. Los buenos rendimientos que se obtienen en los suelos pesados

Barrera *et. al.* (2004), manifiestan que una recomendación general para el cultivo de papa estaría enmarcada dentro de los rangos de 130 a 160 kg/ha de N, 240 a 325 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 67 a 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O y 30 kg/ha de S.

La Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología del INIAP (2004), afincada en el Carchi, recomienda también dentro del nivel 100-300-50 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, para el pequeño productor; en cambio, para el mediano y grande productor, el nivel de 200-300-100-30 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y S. El fertilizante se debe aplicar en forma fraccionada; la mitad a la siembra y la mitad al retape, el cual se realiza a los 21 días. A la siembra, se debe aplicar el fertilizante a chorro continuo al fondo del surco; luego se debe tapar el fertilizante con una ligera capa de tierra y proceder a colocar la semilla. Al retape, se debe aplicar el fertilizante a chorro continuo a lo largo del surco.

Páez (2006), el nombre de Zeolita proviene de las palabras griegas: “zeein” = hervir y “lithos” = piedra; que significa “piedra hirviente”. Este nombre fue dado por el investigador sueco Barón de Cronsted, que en el año 1756 descubrió algunas variedades de zeolitas como cristales bien definidos, presentes en las cavidades de rocas basálticas, y ser los únicos silicatos de aluminio que hierven al ser calentados en un tubo de ensayo con bórax (sal blanca compuesta de: ácido bórico, sosa y agua).

Según Castellanos (1999), la gama de aplicaciones prácticas de las zeolitas naturales (más de 200 aplicaciones) se debe a que es el único mineral en la naturaleza que tiene en sí misma cinco propiedades físico-químicas importantes: adsorción física, intercambio catiónico, tamiz molecular, actividad catalítica y estimulación biológica.

- ❖ Adsorción física: Ocurre en los meso y microporos de la zeolita, una vez eliminada el agua interna o “zeolítica” ella es capaz de adsorber moléculas de agua, amoníaco, sulfhídrico, metano, putresina (olores putrefactos), NOx , CO<sub>2</sub>, en corrientes gaseosas.
- ❖ Intercambio catiónico: Intercambia cationes de forma reversible con el medio circundante a través del agua, sea en suelos o en residuales líquidos Industriales o Agrícolas.
- ❖ Tamiz molecular: Debido a su sistema fijo de canales este permite pasar selectivamente moléculas por dichos canales según su tamaño, como un cedazo o malla.
- ❖ Actividad catalítica: Acelera los procesos químico-físicos por la presencia de metales activos en su estructura como níquel, cobalto, zinc.
- ❖ Estimulación biológica: Acelera los procesos de actividad biológica en las bioreacciones sean estas aeróbicas o anaeróbicas.

El CICYT de la Escuela Politécnica del Litoral (2000), realizó trabajos de Investigación-Desarrollo en el marco del Proyecto: “Sustratos Ecológicos a base de Zeolitas Naturales”, en la detección del mineral (Instituto de Ciencias Químicas, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra) dentro de sus áreas, localizando la presencia de manifestaciones superficiales de rocas con contenidos mayores del 50% de zeolita y que por sus características y contenido se encuentran dentro de las zeolitas que se explotan comercialmente en varios países del mundo, además se instalaron 2 plantas pilotos para el procesamiento y obtención de productos en cantidades experimentales.

Con zeolitas tomadas del Bloque Tecnológico Experimental (BTEZ) se realizaron pruebas y ensayos de su aplicación (Bosque protector, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción) en cultivos experimentales con el objetivo de disminuir el uso de los fertilizantes químicos, el uso en las

camas de los pollos de engorde y la aplicación de los materiales obtenidos (compost) en los semilleros de campos de fútbol, con resultados positivos, estos primeros resultados han estimulado el interés del uso y de estudios más detallados de estos materiales.

Técnicos de la empresa Higgeco (2003), explican que la zeolita es un mineral alumino-silicatado, con propiedades físico-químicas especiales, tales como una gran facilidad de intercambio catiónico, notable capacidad de absorción, así como de hidratación y deshidratación.

Las zeolitas naturales se han formado generalmente de la alteración de material volcánico, su estructura química la clasifica como aluminio – silicatos hidratados, compuestos de oxígeno, hidrógeno, aluminio y silicio, dispuesta como una estructura de panal. Las zeolitas naturales, pueden realizar funciones especiales, que dan origen a una multitud de usos finales como:

- ❖ Intercambio Iónico: es la habilidad de intercambiar cationes por otros cationes sobre la base de una determinada selectividad por los diámetros del ion y de los canales.
- ❖ Adsorción/Desorción de agua: Es la propiedad de adsorber / desorber agua reversiblemente sin que se produzca algún cambio químico o físico en la estructura zeolítica.
- ❖ Adsorción de gas: Es la cualidad de adsorber selectivamente moléculas de gas específicas sin ningún efecto sobre la estructura zeolítica propia.

Debido a sus características, el campo de utilización de estos minerales es prácticamente ilimitado: aplicaciones agropecuarias, acuicultura, tratamiento de aguas y gases, cultivos hidropónicos, mejoramiento de tierras de cultivo, construcción y otros usos.

En condiciones ambientales la cavidad central, así como sus canales se hallan repletos por moléculas de agua en forma de esferas, que rodean a los

cationes intercambiables. Si el agua es desplazada a temperatura adecuada (según el tipo de zeolita), estos serán capaces de adsorber moléculas cuyo diámetro sea inferior al de los canales y cavidad central, reteniéndolas dentro de las mismas, ejemplo de esto es su selectividad por gases como el CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, y otros.

Además de su capacidad para separar moléculas gaseosas en función de sus tamaños y formas, por la distribución de cargas dentro de su cavidad y canales deshidratados (presencia de cationes libres) debido a la sustitución del aluminio por el silicio, dan lugar a momentos dipolares, capaces de adsorber de forma selectiva a compuestos de moléculas polares tales como el H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y SH<sub>2</sub>, siendo absorbidos preferentemente a las moléculas no polares.

- ❖ Intercambio catiónico: La capacidad de intercambio catiónico de las zeolitas es elevada, siendo normalmente de 250 meq/100 g en zeolitas cristalinas puras, e inferior en rocas o tobas zeolitizadas, las cuales alcanzan valores de intercambio – en función de su contenido zeolítico – de 100 a 180 meq/100 gramos o mas, mientras que los materiales arcillosos no sobrepasan de los 50 meq/100 g en la práctica del intercambio iónico. Mumptom (1977) nos indica que este se halla sometido a una serie de factores tales como el tamaño y carga del catión, a la temperatura, a la concentración del catión en solución y alas características estructurales del tipo de zeolita.
- ❖ Tamiz molecular: la esencia consiste en que según el tipo de zeolita, estas son capaces de permitir el paso de moléculas cuyo diámetro sea inferior al de los canales y cavidad central y que retienen a algunas moléculas, mientras que otras, dejándolas pasar.
- ❖ Actividad catalítica: Por esta propiedad existen una gran variedad de aplicaciones en el campo de la Industria química. Las zeolitas dopadas con elementos metálicos (Co, Ni, Cu, Zn, etc.) aceleran diferentes procesos químicos. Como ejemplo se encuentran los catalíticos de automóviles para la descontaminación del medio ambiente en elementos

tóxicos como los NOx, CO2 y otros, esto puede resultar de una aplicación extraordinaria en el ambiente de Quito. (10)

- ❖ Estimulación biológica: Las zeolitas estimulan los procesos biológicos tanto aeróbicos como anaeróbicos acelerando la fermentación y la descomposición de las bacterias utilizando este principio hay muchas aplicaciones que tiene que ver con la producción de compostajes a partir de cualquier desecho orgánico especialmente estiércol de cualquier animal o persona, así como el tratamiento de lodos o los procesos de producción de biogás (metano) a partir del estiércol líquido.

La zeolita natural es un mineral técnico “activo”, que debido a su estructura de cavernas y poros (macro, meso y microporos) posee propiedades físico – químicas excepcionales, como su alta capacidad de intercambio cationico, con selectividad marcada por los cationes de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (amonio) y K<sup>+</sup> (potasio), su alta capacidad reversible desorción de agua (absorción y adsorción) que la convierte en un reservorio de agua, siendo portador además de microelementos traza como: Ni, Co, Mo, Cu, Zn, Fe, etc. Importantes para el desarrollo de la vida vegetal.

Las zeolitas naturales y/o modificadas, así como su aplicación tecnológica, han sido creadas para solucionar problemas concretos en el manejo, manipulación, desarrollo y cuidado de los suelos y cultivos de todo tipo.

Se utiliza; no solo de forma directa en los suelos como encalante para la corrección de acidez, o para corregir el déficit de intercambio iónico, sino además para la corrección de suelos degradados y erosionados.

En mezclas simples con fertilizantes químicos (NPK o nitrogenados, granulados o en polvo) sirven para mejorar las propiedades físico – químicas como son: rendimiento en la fracción de interés (entre 1 y 4 mm) disminución de la compactación e incrementar su fluidez, particularmente en zonas húmedas. Para cada aplicación del mineral se requiere de conocimientos previos, de los

suelos y aguas y conocer sus problemas, así será posible diagnosticar y sugerir los niveles de aplicación del mineral y su forma.

Según estos mismos autores, el diagnóstico de un problema nutricional en el suelo no es otra cosa que conocer realmente la disponibilidad de nutrientes en un determinado suelo y como repercute este limitante en un cultivo ya establecido. El objetivo básico del diagnóstico químico es el de evaluar la capacidad de los suelos para suministrar nutrientes a la planta, es decir, medir su fertilidad.

Cuando se piensa en fertilización es necesario acudir a un diagnóstico del suelo, para ubicar las posibles deficiencias, corregirlas a tiempo y después establecer un cultivo. Si este es un cultivo de papa es importante conocer los posibles limitantes que presenta el suelo en donde se va a establecer, como es la disponibilidad de nutrientes y los requerimientos nutricionales del cultivo.

Para Wikipedia (2010), las Zeolitas se presentan de forma natural en rocas de origen volcánico, y son minerales del grupo aluminosilicatos hidratados compuesto por: aluminio, sílice, hidrógeno y oxígeno; organizado en una estructura tridimensional tetraédrica altamente estable. La estructura de estos elementos conforman cristales de zeolitas que poseen una red de micro poros conectados entre sí, con diámetros que varían desde 2.5 a 5.0 Å, en dependencia del tipo de mineral de Zeolita.

Las Zeolitas naturales se agrupan en cantidades significativas que constituyen yacimientos; y se conocen cerca de 50 minerales de esta familia, entre los cuales tenemos a la Clinoptilolita y la Mordenita como los más representativos.

La Mordenita y la Clinoptilolita son los minerales zeolíticos más conocidos por sus usos y aplicaciones. La Clinoptilolita, es una zeolita natural formada a partir de cenizas volcánicas en lagos o aguas marinas hace millones de años. La Clinoptilolita, es la más estudiada y considerada de mayor utilidad; se conoce como adsorbente de ciertos gases tóxicos: como el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de azufre.

La zeolita es un adherente. Tienen una estructura cargada negativamente que contiene nutrientes como son el Potasio y el Nitrógeno. Pueden cargarse con estos iones antes de utilizarse como medio de cultivo para después poder liberar los nutrientes cerca del sistema de raíces donde son necesarios para el crecimiento. Incrementa la eficiencia del uso de los fertilizantes químicos y organominerales, en más del 50 %. Muchos de los fertilizantes utilizados en el campo de la Agricultura, por ejemplo; nitrato de amonio, tienen una baja eficiencia en el uso de sus nutrientes, y en muy pocos casos la eficiencia es superior al 50 % para la mayoría de los cultivos. Las adiciones de zeolita pueden ayudar al incremento de la eficiencia de estos fertilizantes. Mejora las características de otros fertilizantes químicos. Cuando se emplean Mordenita y Clinoptilolita como aglutinantes de fertilizantes mezclados, controlan la liberación de amonio y otros cationes de los mismos. Esta propiedad permite la inclusión entre el 15 al 25 % de zeolitas en los fertilizantes minerales NPK, provocando la disminución de los nutrientes que tienen las diferentes fórmulas, sin que se produzca detrimento de la calidad del fertilizante, ni de los rendimientos agrícolas. Todo lo contrario, la calidad y los rendimientos serán mayores.

Los rendimientos de Papa (*Solanum tuberosum* Lin.), Sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) y Trigo (*Triticum vulgare* Willd.), se incrementaron hasta el 60 % con el uso de la Clinoptilolita dependiendo del tipo de cultivo y tratamientos de fertilización; y al ser comparadas con diferentes testigos.

Jhon *et al.* (2006), en la Habana Cuba, llevaron a cabo una investigación para evaluar la eficiencia de la zeolita como aditivo de la urea en los cultivos de papa y tomate. Los resultados obtenidos demostraron que la Urea mezclada con Zeolita al 15 % permitió sustituir el 15 % de la fertilización nitrogenada para los cultivos en estudio, incrementando significativamente los rendimientos en los mismos. La Urea mezclada con Zeolita en los cultivos de papa y tomate reduce las pérdidas de N y disminuyen la contaminación del suelo al aplicar niveles de fertilizantes más bajos.

I&D Products Ltda. (s.f.), indican que las zeolitas naturales son rocas ó minerales no metálicos de origen volcánico, perteneciente al grupo de aluminosilicatos hidratados, compuestos por aluminio, sílice, hidrógeno y oxígeno, y cationes intercambiables de Ca, Mg, y K, organizados en una estructura tridimensional tetraédrica, altamente estable. Posee una red de cavidades, canales y microporos conectados entre sí, con diámetro que varían desde 2.5 a 5.0 Å, lo cual dependerá del tipo de zeolita.

#### ❖ **Elevada capacidad de intercambio catiónico**

La capacidad de intercambio catiónico total de la zeolita natural, es muy superior a la de los suelos con valor agrícola, por tanto su aplicación mejora este importante parámetro en el suelo incrementando la fertilidad de los mismos, reduciendo las pérdidas de nutrientes por lavado y mejorando la eficiencia de uso de los fertilizantes químicos.

#### ❖ **Elevada capacidad de absorción de agua**

Dado el importante volumen de poros y cavidades ( $0.12 \text{ cm}^3/\text{g}$ ), el mineral manifiesta un gran poder de absorción y retención de agua de forma reversible, pudiendo almacenar hasta un 30 % de su peso en agua.

#### ❖ **alta resistencia a la pulverización**

Debido a su resistencia mecánica, soporta grandes esfuerzos y tensiones durante su manipulación y almacenamiento, manteniendo estable su estructura y propiedades, asegurando una presencia estable en los suelos por prolongados periodos de tiempo, ello favorece la textura de los suelos, reduciendo la compactación, mejorando con ello la aireación del sistema radicular.

### ❖ alta selectividad catiónica

Unido a sus propiedades de adsorción e intercambio catiónico, presentan una alta selectividad para la fijación e intercambio de cationes, dentro de los cuales se encuentran: el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y otros iones metálicos como hierro ( $\text{Fe}^{3+}$ ), manganeso ( $\text{Mn}$ ), cobre ( $\text{Cu}$ ), zinc ( $\text{Zn}$ ), plomo ( $\text{Pb}$ ) y cadmio ( $\text{Cd}$ ). Lo anterior provoca que el mineral pueda ser utilizado para la remoción de los elementos antes mencionados, tanto en aguas de riego como en suelos contaminados con los mismos.

### Los beneficios que produce al suelo la aplicación de Zeolita Natural son:

- ❖ Mejora sus propiedades físicas tales como estructura, retención de humedad, aireación, porosidad, densidad, ascensión capilar, reduciendo la compactación de los suelos.
- ❖ Aumenta el pH, y la capacidad de intercambio catiónico total del suelo.
- ❖ Reduce los contenidos elevados de metales en el suelo, que pudiera ser tóxico para las plantas como Hierro, Aluminio, Plomo, Cadmio y otros.
- ❖ Facilita una mayor estabilidad de los contenidos de materia orgánica del suelo, reduciendo las pérdidas de materia orgánica por mineralización.
- ❖ Mejora la retención y uso de los nutrientes, lo que permite incrementar en un 25 - 50 % la eficiencia de uso de los fertilizantes minerales que se aplican tradicionalmente.
- ❖ Al aumentar la retención de humedad en el suelo, permite reducir las dosis de riego en más de 15 %. Para ello las zeolitas forman un depósito permanente de agua, asegurando un efecto de humedad prolongada, hasta en épocas de sequedad.

- ❖ Reduce el lavado o pérdidas de nutrientes en la propagación ó crecimiento de plántulas, siendo un efectivo medio para el enraizamiento, y producción de plántulas.
- ❖ Las condiciones físico-químicas de los suelos arenosos mejoran con la aplicación de la zeolita, debido a que aumenta su capacidad retenedora de humedad, y en los suelos arcillosos mejora también las condiciones físicas, reduciendo la compactación de los mismos y mejorando la capacidad de penetración de agua en ellos.
- ❖ La estructura porosa de la zeolita al mantener el suelo aireado, mejora también su actividad biológica.
- ❖ Aumenta la acción de las bacterias nitrificantes, al suministrar una superficie ideal para la adherencia de las mismas, favoreciendo también su reproducción y con ello también el aumento de la población de bacterias benéficas que atacan los hongos patógenos.
- ❖ Facilita al solubilización parcial del Fósforo (P), natural, mediante intercambio con los cationes de calcio de las rocas fosfóricas.

### **Principales resultados alcanzados con la utilización de las zeolitas naturales en la nutrición vegetal.**

- ❖ La aplicación de 3 tm/ha de zeolita en un suelo Oxisol, sembrado con Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) permitió incrementar el rendimiento hasta 75 tm/ha, comparado con el mismo suelo sin zeolita que fue de 38 tm/ha.
- ❖ En el mismo suelo antes mencionado, el rendimiento se incrementó hasta 111 tm/ha, cuando la dosis se incrementó a 6 tm/ha.
- ❖ La aplicación de 300-500 kg/ha de zeolita natural en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* Lin) permitió reducir la dosis de fertilizantes

minerales en un 20 %, incrementándose los rendimientos agrícolas en un 15 %.

- ❖ La aplicación de 400 - 600 kg /ha de zeolita mejoró en un 15 – 25 % el rendimiento agronómico del cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentus*, Mill)
- ❖ Las semillas sembradas en sustrato de (turba + zeolita + micorrizas) adelantaron el crecimiento y desarrollo antes de la plantación, 8 días respecto al sustrato de control formado por tierra + abono orgánico + cáscara de arroz).
- ❖ La sustitución por zeolita de un 25 % del fertilizante NPK aplicado en el cultivo del Plátano (*Musa paradisiaca* Lin) permitió incrementar en un 20 % el rendimiento agronómico. Con lo anterior se logró también reducir la población de nemátodos hasta los niveles más bajos en el suelo, debido al efecto anti – nematicida que ejerce la zeolita, al impedir el nacimiento de nuevos nemátodos y estimular la reproducción de microorganismos antagonistas con los mismos.
- ❖ La sustitución de un 15 - 20 % de la Urea en los cultivos de arroz, papa, tomate y maíz por zeolita natural, mejoró en un 20 % la relación beneficio-costo en estos cultivos como promedio.
- ❖ El uso de la zeolita natural en la etapa de semillero, garantizó más de un 95% de germinación y supervivencia, así como la reducción de 3 – 5 días en esta etapa de crecimiento de la planta y la reducción del costo del sustrato.

### **¿Como aplicar la zeolita natural en los cultivos?**

La aplicación de zeolita natural debe realizarse preferentemente en el momento de la siembra, junto con la materia orgánica o con la fertilización de base del cultivo. También en el caso de cultivos perennes o de ciclo largo, se puede

fraccionar la aplicación, aunque una aplicación anual para estos cultivos es adecuada, para alcanzar los resultados esperados.

<b>Cultivo</b>	<b>Dosis (UM)</b>
Papa	40 - 60 (g/m <sup>2</sup> )
Café (Almacigo)	40 - 60 (g/planta)
Café (0 – 3 años)	20 - 30 (g/planta)
Café ( > 3 años )	30 - 40 (g/planta)
Tomate	20 - 40 (g/planta)
Banano	50 - 100 (g/planta)
Flores (enraizamiento)	15 - 20 % sustrato
Flores (producción)	50 - 100 (g/m <sup>2</sup> )
Hortalizas	50 - 80 (g/m <sup>2</sup> )
Frutales y Árboles	500 - 1000 (g /planta)
Pasto ó Césped	50 - 100 (g/m <sup>2</sup> )
Caña de Azúcar	10 - 30 (g/m <sup>2</sup> )
Palma de Aceite	500 - 1000 (g/planta)
Arroz	20 - 40 (g/m <sup>2</sup> )
Leguminosas	20 - 40 (g/m <sup>2</sup> )

De acuerdo con LABORNORT (2010), La zeolita contiene los siguientes nutrientes y valores según el análisis de laboratorio:

N 9.46 ppm; P 6.44 ppm; S 9.92 ppm; K 0.32 meq/100ml; Ca 19.48 meq/100m; Mg 0.95 meq/100ml; Zn 2.52 ppm; Cu 1.24 ppm; Fe 2.67 ppm; Mn 2.05 ppm; pH8.92. Su textura es: Arena 72.40% Limo 23.20 % Arcilla 4.40%.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del área de estudio.

El presente ensayo de investigación, se llevó a cabo en la localidad de la parroquia El Ángel, cantón Espejo, provincia del Carchi, geográficamente ubicado a 0° 69' de latitud Norte, 78° 10' de longitud Oeste a una altitud de 3000 m.s.n.m.

El color del suelo es oscuro, con horizontes de mediana profundidad con una precipitación anual de 1200 mm, su temperatura promedio es 12 °C; la textura del suelo es franco limoso, topografía plana, con un pH de 6.2, su zona de vida es Bosque muy húmedo Montano bajo (bmh-MB).

#### 3.2. Material genético.

Como material de siembra se utilizó semillas de la variedad de papa Superchola que posee las siguientes características agronómicas:

Altura de planta	0.80 a 1.20 m
Ciclo vegetativo	180 días
Rendimiento potencial	450 qq/ha.

#### 3.3 Factores Estudiados.

3.3.1. Cultivo de papa variedad Superchola

3.3.2. Dosis de Zeolita natural

3.3.3. Zona de El Ángel

### 3.4. Tratamientos.

Se evaluaron 6 tratamientos correspondientes a los niveles de Zeolita recomendados para el cultivo de papa los cuales fueron mezclados con NPK (18-46-0), más dos tratamientos adicionales que corresponde el testigo del agricultor en donde se aplicará la fertilización que hace regularmente al cultivo y un testigo sin fertilización.

Tratamientos	Niveles de Zeolita (%)	Fertilización (%)	Cantidad de Zeolita (kg)
T1	25	75	60
T2	50	50	120
T3	75	25	180
T4	100	0	240
T5	Testigo del agricultor	18-46-0	0
T6	Testigo absoluto	0	0

### 3.5. Métodos.

Se emplearon los métodos teóricos: análisis- síntesis e inductivo, y el método experimental empírico

### 3.6. Diseño Experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

### 3.6.1. Características de la Unidad Experimental.

Área total	899 m
Área experimental neta	756 m
Parcela experimental	24 m
Parcela experimental neta	9,60 m
Distancia entre surcos	1,00 m
Distancia entre plantas	0,30 m

Las variables se sometieron al análisis de variancia (ADEVA), empleando la prueba de Tukey al 5% para determinar diferencias estadísticas entre los medias de los tratamientos estudiados.

### 3.7. Manejo del ensayo.

#### 3.7.1. Análisis de suelo.

Se tomaron las muestras representativas de suelo del lote donde se ubicó el ensayo para enviar al laboratorio para el respectivo análisis y efectuar los cálculos de fertilización respectivos para su posterior aplicación.

#### 3.7.2. Preparación del suelo.

Para el efecto se utilizó maquinaria agrícola. Se realizó mediante un pase de arado y dos de rastra, luego se procedió al trazado de bloques y delinear las parcelas experimentales según el diseño.

### 3.7.3. Desinfección de la semilla.

Antes de la siembra se realizó la desinfección de la semilla con el producto químico Vitavax, para evitar la presencia de hongos, en dosis 50 g/qq de semilla

### 3.7.4. Siembra.

La siembra se realizó de forma manual. Sembrando a 1 m entre surcos o líneas y 30 cm entre plantas, para una densidad de 30.000 plantas/ha.

### 3.7.5. Fertilización.

La fertilización se suministró en base al requerimiento del cultivo y el análisis químico de suelo. Además de la adición de las dosis de zeolita en las cantidades descritas en el proyecto.

Kg/ha/Año				FERTILIZANTE (Fuente)	CANTIDAD Sacos de 50 kg/ha
N	P205	K20	s		
138	287	50	50	18 – 46- 0	12,5
				Sulfomag (Sulfato de K y Mg)	4,5
				Urea	1,5

### 3.7.6. Controles Fitosanitarios.

Durante el desarrollo del cultivo se presentó (*Phytophthora infestans*), conocida como lancha, la cual fue controlada con la aplicación de Moxisanil más Mancozeb.

Además hubo la presencia de pulguilla de la papa y minador, los cuales fueron controlados con la aplicación de Curacron (Profenofos) y Abamectina

### **3.7.7. Control de malezas.**

Se realizó en forma manual, El cultivo de papa es susceptible a la competencia con las malezas durante los primeros 75 días, por lo que hay que mantener el cultivo libre de malas hierbas.

### **3.7.8. Riego**

Durante el inicio del ciclo del cultivo hubo presencia de lluvias, luego se aplicó dos riegos en la fase de floración y maduración.

### **3.7.9. Aporques.**

Esta labor se realizó a los 45 y 60 días después de la siembra, con la finalidad de darle mayor consistencia y firmeza a las plantas.

### **3.7.10. Cosecha.**

La cosecha se realizó, previo un muestreo en el cual se determinó que los tubérculos demostraron completo estado de madurez fisiológica. Se conoce que los tubérculos están en este estado cuando la piel no se desprende bajo una ligera presión con la yema de los dedos, posteriormente se cosechó y su peso expresado en kg.

### **3.8. Datos Evaluados.**

#### **3.8.1. Altura de planta.**

Se registró a los 60, 90 y 120 días después de la siembra. Del área útil de cada parcela experimental se tomó al azar 10 plantas, midiendo la distancia desde la superficie del suelo hasta el ápice vegetativo del tallo principal, expresando su promedio en cm.

#### **3.8.2. Número de tallos por planta**

Se determinó por cada unidad experimental cuando el cultivo se encontró en la fase de madurez fisiológica, cuando es más fácil separar los tallos principales de los secundarios.

#### **3.8.3. Número de Tubérculos por planta**

A la cosecha, se tomó 10 plantas al azar del área útil de cada parcela experimental y se contó el número de Tubérculos.

#### **3.8.4. Diámetro de los Tubérculos**

En las mismas plantas seleccionadas en la variable anterior, se tomaron 10 Tubérculos al azar y se procedió a medir su diámetro clasificándolos en categorías de acuerdo a la siguiente escala:

Primera:           entre 8 y 14 cm

Segunda:           entre 5 a 8 cm

Tercera:           menor a 5 cm

### **3.8.5. Peso de los Tubérculos**

Se procedió a pesar 10 Tubérculos dentro del área útil de cada tratamiento y su valor expresado en kilogramos.

### **3.8.6. Rendimiento**

Se lo obtuvo cosechando manualmente el área útil de cada parcela experimental, se procedió a clasificar por categorías, pesar y expresar su valor en kg/ha.

### **3.8.7. Análisis económico**

El análisis económico se realizó en función del rendimiento y el costo de cada tratamiento en estudio; luego se obtuvo la relación Costo-Beneficio(C/B) e identificar el mejor tratamiento en términos económicos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Altura de Planta.

La altura de planta registrada a los 60, 90 y 120 días de edad, se presentan en el Cuadro 1, en donde realizado el análisis de la variancia se determina significancia estadística entre tratamientos para la evaluación efectuada a los 60 días de edad de las plantas, mientras que para las evaluaciones realizadas a los 90 y 120 días de edad de las plantas se observa significancia estadística alta entre tratamientos. Los coeficientes de variación son: 3,84; 3,10 y 4,55 % respectivamente.

Realizada la prueba de Tukey al 5 %, determinó que la mayor altura de planta a los 60 días se obtuvo con el tratamiento a base del 100% de zeolita con valor de 31,60 cm, comportándose superior pero estadísticamente igual al resto de tratamientos estudiados con excepción del testigo absoluto que registró el menor promedio de 28,28 cm de altura.

Las evaluaciones efectuadas a los 90 y 120 días de edad de las plantas demostraron que los mayores promedios se obtuvieron con el tratamiento en donde se combinó la aplicación del 75% de zeolita y 25% de fertilización para ambas variables, con valores de 68 y 115,43 cm respectivamente, mostrándose estadísticamente igual a los demás tratamientos evaluados. Asimismo los menores promedios de altura de planta se observaron con el tratamiento correspondiente al testigo absoluto que presentaron valores de 61,20 y 90,63 cm respectivamente.

**Cuadro 1. Valores promedios de la altura de planta registrados a los 60; 90 y 120 días después de germinación, en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

Tratamientos	Niveles de Zeolita (%)	Fertilización (%)	Altura de planta (cm)		
			60 ddg	90 ddg	120 ddg
T1	25	75	30,03 ab	67,95 a	110,18 a
T2	50	50	29,58 ab	67,48 a	110,43 a
T3	75	25	30,28 ab	68,00 a	115,43 a
T4	100	0	31,60 a	65,63 ab	114,85 a
T5	Testigo del agricultor (18-46-0)		29,95 ab	66,75 a	113,83 a
T6	Testigo absoluto		28,28 b	61,20 b	90,63 b
<b>Promedio</b>			<b>30,96</b>	<b>66,17</b>	<b>109,22</b>
<b>CV (%)</b>			<b>3,84</b>	<b>3,10</b>	<b>4,55</b>

. Promedios con letras iguales en una misma columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey 5%

. C.V.: Coeficiente de Variación

#### **4.2. Número de tallos por planta.**

El mayor número de tallos por planta se observan con el tratamiento en donde se aplicó el 50% de zeolita natural y el 50% de fertilización química que registró el valor de 7 tallos, seguido del tratamiento testigo del agricultor con promedio de 6,50 tallos, comportándose superiores y estadísticamente iguales a los tratamientos '25% de zeolita y 75% de fertilización' y '75% de zeolita y 25% de fertilización', pero diferentes estadísticamente a los tratamientos en donde se aplicó el 100% de zeolita y al testigo absoluto que mostraron los promedios más bajos con 4,50 y 3,50 tallos por planta respectivamente.

Realizado el análisis de la variancia se determinó alta significancia estadística entre tratamientos con coeficiente de variación de 5,46% (Cuadro 2).

#### **4.3. Número de tubérculos por planta.**

En el Cuadro 2, también se muestran el número de tubérculos por planta, efectuado el análisis de la variancia se detecta alta significancia estadística entre tratamientos. El coeficiente de variación es 12,48%.

El tratamiento en donde se combinó en partes iguales la aplicación de zeolita (50%) más fertilización química (50%), registró el mayor promedio de 27 tubérculos por planta, mostrándose superior pero estadísticamente igual al resto de tratamientos, con excepción del testigo absoluto que fue ampliamente inferior con promedio de 16,75 tubérculos por planta.

**Cuadro 2. Valores promedios del número de tallos y número de tubérculos por planta registrados en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

Tratamientos	Niveles de Zeolita (%)	Fertilización (%)	Número de tallos/planta	Número de Tubérculos/planta
T1	25	75	5,50 ab	25,75 a
T2	50	50	7,00 a	27,00 a
T3	75	25	5,75 ab	25,50 a
T4	100	0	4,50 bc	21,75 ab
T5	Testigo del agricultor (18-46-0)		6,50 a	26,50 a
T6	Testigo absoluto		3,50 c	16,75 b
<b>Promedio</b>			<b>5,46</b>	<b>23,88</b>
<b>CV (%)</b>			<b>15,90</b>	<b>12,48</b>

- . Promedios con letras iguales en una misma columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey 5%
- . C.V.: Coeficiente de Variación

#### 4.4. Número de Tubérculos por categorías.

En el Cuadro 3, se presenta el número de tubérculos por planta clasificados por categorías de acuerdo a su diámetro.

El análisis de la variancia demuestra la presencia de alta significancia estadística entre tratamientos para la primera y segunda categoría, mientras que para la tercera categoría no se observa diferencia significativa entre tratamientos. Los coeficientes de variación son: 17,22; 19,44 y 21,41% para las tres categorías respectivamente.

En lo que respecta a la primera categoría (8 - 14 cm), los resultados nos indican que el tratamiento conformado por la aplicación del 50% de zeolita más el 50% de fertilización química alcanzó el mayor promedio de 12,75 tubérculos, seguido del tratamiento correspondiente al testigo del agricultor con 12,50 tubérculos, siendo iguales estadísticamente a los otros tres tratamientos con aplicación de zeolita y fertilización química, pero estadísticamente superiores y diferentes al testigo absoluto que presentó el promedio de 4,50 tubérculos de primera categoría por planta.

Para la segunda categoría (5 - 7 cm), los tratamientos T2 (50% zeolita + 50% de fertilización) y T5 (Testigo del agricultor) registraron los mayores promedios de 10 y 9,5 tubérculos por planta, mostrándose igual estadísticamente a los demás tratamientos con excepción del tratamiento testigo que alcanzó 5,5 tubérculos por planta.

**Cuadro 3. Valores promedios del número de tubérculos clasificados por categorías, en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

Tratamientos	Niveles de Zeolita (%)	Fertilización (%)	Número de tubérculos por categorías		
			Primera	Segunda	Tercera
T1	25	75	11,25 a	7,75 ab	6,75 ns
T2	50	50	12,75 a	10,00 a	4,25
T3	75	25	12,00 a	7,00 ab	6,50
T4	100	0	8,75 a	6,00 a	7,00
T5	Testigo del agricultor (18-46-0)		12,50 a	9,50 a	5,50
T6	Testigo absoluto		4,50 b	5,50 b	6,75
<b>Promedio</b>			<b>10,29</b>	<b>7,63</b>	<b>6,13</b>
<b>CV (%)</b>			<b>17,22</b>	<b>19,44</b>	<b>21,41</b>

- . Promedios con letras iguales en una misma columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey 5%
- . C.V.: Coeficiente de Variación
- . Ns: no significativo

#### 4.5. Rendimiento.

En el Cuadro 4, se muestran los promedios del rendimiento de tubérculos de papa por hectárea, clasificados por categorías de acuerdo a su diámetro y a como se lo comercializa en el mercado.

Realizado el análisis de la variancia se observa que existe significancia estadística alta para las categorías de primera y segunda, con coeficiente de variación de 11,97 y 15,73 % respectivamente, en la categoría de tercera no se observó ninguna significancia estadística y el coeficiente de variación fue de 19,35 %.

Realizada la prueba de Tukey al 5 %, para las categorías de primera y segunda, se determina que los tratamientos correspondiente a la aplicación del 50 % de zeolita + el 50 % de fertilización fueron los que registraron los mayores pesos de producción con promedios de 17018,50 y 10015,25 kg/ha respectivamente comportándose superior pero estadísticamente igual al tratamiento testigo del agricultor y a los tratamientos con aplicación de fertilización química. El tratamiento en donde se aplicó el 100% de zeolita sin fertilización química y el testigo absoluto presentaron los promedios más bajos con 8284,25 y 4603,00 kg/ha para la categoría de primera y 5483,50 y 4070,50 kg/ha de papa para la categoría de segunda respectivamente.

**Cuadro 4. Valores promedios del rendimiento por hectárea, en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

Tratamientos	Niveles de Zeolita (%)	Fertilización (%)	Rendimiento (kg/ha)		
			Primera	Segunda	Tercera
T1	25	75	14232,75 ab	7339,50 ab	4757,75 ns
T2	50	50	17018,50 a	10015,25 a	3356,00
T3	75	25	15424,75 a	8405,00 a	4523,25
T4	100	0	8284,25 b	5483,50 bc	4844,00
T5	Testigo del agricultor (18-46-0)		16113,00 a	9359,50 a	3593,75
T6	Testigo absoluto		4603,00 c	4070,50 c	4802,00
<b>Promedio</b>			<b>12612,71</b>	<b>7445,54</b>	<b>4312,79</b>
<b>CV (%)</b>			<b>11,97</b>	<b>15,73</b>	<b>19,35</b>

- . Promedios con letras iguales en una misma columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey 5%
- . C.V.: Coeficiente de Variación
- . Ns: no significativo

#### 4.6. Análisis económico.

En el Cuadro 5, se presenta el análisis económico del rendimiento de papa en función al costo de los tratamientos. Se observa que el tratamiento a base de la aplicación del 50 % de zeolita + el 50 % de fertilización, obtiene los beneficios netos más altos con 9298,18 dólares, seguidos del tratamiento testigo del agricultor (18-46-00) con 8782,80 dólares, mientras que el beneficio neto más bajo lo registró el tratamiento testigo (sin fertilizar) con 3033,75 dólares por hectárea.



**Cuadro 5. Análisis económico registrado en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

Niveles de Zeolita (%)	Fertilización (%)	Rendimiento kg/ha			Valor de producción (USD)	Costo del tratamiento (USD)	Beneficio neto (USD)
		Primera	Segunda	Tercera			
25	75	14232,75	7339,50	4757,75	8846,50	1187	7659,50
50	50	17018,50	10015,25	3356,00	10483,18	1185	9298,18
75	25	15424,75	8405,00	4523,25	9596,05	1183	8413,05
100	0	8284,25	5483,50	4844,00	7027,55	1181	5846,55
Testigo del agricultor (18-46-0)		16113,00	9359,50	3593,75	9971,80	1189	8782,80
Testigo absoluto		4603,00	4070,50	4802,00	4022,75	989	3033,75
Costo USD kilo (Primera = 0,40; Segunda = 0,30; Tercera = 0,20)			Costo de Zeolita natural = 0,80 dólares el Kilo		Costo de producción de una ha de papa = 989 dólares (sin fertilización)		

## V. DISCUSIÓN

Con la finalidad de evaluar el efecto de la aplicación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa, se llevó a efecto esta investigación, determinándose que con excepción de los caracteres altura de planta a los 60 días que obtuvo significancia estadística y número de tubérculos en categoría tercera y rendimiento de tubérculos de tercera que no registraron ninguna significancia, el resto de variables evaluadas alcanzaron diferencias altamente significativas, lo que probablemente se debió a que las plantas de papa a las que se les aplicó los tratamientos de zeolita y fertilización química estaban bien nutridas, lo que pone de manifiesto que la aplicación de un programa de fertilización origina incrementos en las características agronómicas de un cultivo (Barrera 2004),

En lo referente a la altura de planta, se puede establecer que todos los tratamientos en donde se aplicó algún tipo de fertilización química o con la adición de zeolita se comportaron estadísticamente iguales, existiendo pequeñas diferencias en su porte final, pero mostraron un crecimiento superior con relación al testigo absoluto, indicándonos que los nutrimentos utilizados si influyeron positivamente en el crecimiento de la planta, como lo manifiesta Egusquiza (2000).

En cuanto al número de tallos y tubérculos por planta, está directamente correlacionado, pues a mayor número de tallos mayor número de tubérculos, y el tratamiento que obtuvo los mayores promedios fue en donde se combinó la aplicación de 50 % de zeolita más el 50 % de fertilización química, siendo ligeramente superior al testigo del agricultor en donde solo se utilizó fertilización química, que nos demuestra que la aplicación de zeolita al suelo complementada con un programa de fertilización da excelentes resultados, Según Muñoz (1984) que indica que la aplicación de nitrógeno es necesaria para el crecimiento de la planta y la formación de los tubérculos y Jhon *et al.* (2006), que en ensayos realizados en Cuba, demostraron que la adición de zeolita permite sustituir hasta en un 15% la fertilización nitrogenada.

Es conocido que el rendimiento esta ligado o tienen interacciones con varios parámetros agronómicos de la planta, como número de tallos, numero de tubérculos, tamaño de los tubérculos, entre otros. Por lo que el mayor incremento del rendimiento del cultivo de papa de primera categoría que es la más apetecible en el mercado, se obtuvo con el tratamiento que registrara los mayores promedios en las variables señaladas, que fuera en donde se aplicó el 50 % de zeolita natural más el 50 % de fertilización complementaria aplicada de acuerdo al análisis del suelo, corroborando lo publicado por Wikipedia (2010) y confirmando lo expresado por I&D Products Ltda. (s.f.).



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base al análisis e interpretación estadística de los resultados experimentales se delinearán las siguientes conclusiones:

1. El cultivo de papa variedad 'Superchola', mostró buen comportamiento agronómico a la combinación de zeolita natural más la fertilización complementaria de acuerdo al análisis de suelo.
2. La aplicación al suelo del 50 % de zeolita natural, más la adición del 50 % de fertilización química (T2), registró el mayor número de tallos y de tubérculos por planta, lo que incidió en el mejor rendimiento de tubérculos por hectárea con relación a los otros tratamientos.
3. La fertilización química ensayada, correspondiente al testigo del agricultor (T5), también obtuvo un rendimiento satisfactorio y fue el que le siguió al T2.
4. El tratamiento en donde se aplicó solo zeolita natural sin la fertilización complementaria correspondiente, no respondió positivamente, de acuerdo a los resultados registrados.
5. El análisis económico nos indica que el tratamiento T2 ( 50 % de zeolita + 50 % de fertilización), registró el mejor beneficio neto por hectárea.

Analizadas las conclusiones se recomienda:

1. Utilizar en las siembras comerciales de papa, la aplicación de zeolita natural al suelo pero complementada con la fertilización tradicional correspondiente de acuerdo al análisis del suelo.
2. No sustituir la fertilización complementaria con la aplicación únicamente de zeolita natural.

Realizar otros ensayos investigativos, mediante la aplicación de zeolita natural en otros cultivos tradicionales de la zona y utilizando otros programas de fertilización complementaria.



## VII. RESUMEN

Este ensayo investigativo se realizó en la zona de El Ángel del cantón Espejo en la provincia del Carchi, con la finalidad de evaluar el potencial de rendimiento del cultivo de papa a la aplicación de varios niveles de zeolita natural; Identificar el o los niveles de zeolita natural que contribuyan a la obtención de mayores rendimientos del cultivo y efectuar el análisis económico de los tratamientos en estudio. Se utilizó la variedad de papa 'Superchola' sujeta a la aplicación al suelo del 25; 50; 75 y 100 % de zeolita complementadas con la fertilización química tradicional. Se utilizó el diseño experimental denominado Bloques Completos al Azar (DBCA) con diez tratamientos y tres repeticiones, empleando la prueba de Tukey al 5 % para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta a los 60; 90 y 120 días después de la germinación; número de tallos por planta, número de tubérculos por planta, número de tubérculos clasificados de acuerdo a su diámetro y rendimiento por hectárea de acuerdo a su categoría (diámetro). Las conclusiones fueron: El cultivo de papa variedad 'Superchola', mostró buen comportamiento agronómico a la combinación de zeolita natural más la fertilización complementaria de acuerdo al análisis de suelo; la aplicación al suelo del 50 % de zeolita natural, más la adición del 50 % de fertilización química (T2), registró el mayor número de tallos y de tubérculos por planta, lo que incidió en el mejor rendimiento de tubérculos por hectárea con relación a los otros tratamientos; la fertilización química ensayada, correspondiente al testigo del agricultor (T5), también obtuvo un rendimiento satisfactorio y fue el que le siguió al T2; el tratamiento en donde se aplicó solo zeolita natural sin la fertilización complementaria correspondiente, no respondió positivamente, de acuerdo a los resultados registrados. Las recomendaciones son: Utilizar en las siembras comerciales de papa, la aplicación de zeolita natural al suelo pero complementada con la fertilización tradicional correspondiente de acuerdo al análisis del suelo; no sustituir la fertilización complementaria con la aplicación únicamente de zeolita natural y realizar otros ensayos investigativos, mediante

la aplicación de zeolita natural en otros cultivos tradicionales de la zona y utilizando otros programas de fertilización complementaria.



## VIII. SUMMARY

This investigating essay Espejo sold off in the zone the canton's his angel himself in the provinces of the Carchi, with evaluating the performance potential of the potato cultivation to natural zeolita's split-level application purpose; Identifying the or natural zeolita's levels that they contribute to (subj) the bigger-performances obtaining of the cultivation and making the treatments's economic analysis under consideration. Fastened Superchola Utilized to the application the potato variety to the ground of the 25; 50; 75 and 100. Utilized him the experimental design once was named Bloques Completos at random with ten treatments and three repetitions, using Tukey's test to the 5. variables evaluated attended : Height from the beginning to the 60; 90 and 120 days after the germination; stems number for plant, tubers number for plant, classified-tubers number according to his diameter and performance for hectare according to his category ( diameter ). conclusions attended : The potato cultivation variety Superchola, he pointed out good agronomic behavior to natural zeolita's combination further the complementary fertilization according to the ground analysis; The application to the ground of the 50; The chemical fertilization once was tested, correspondent to the farmer's witness ( T5 ), also he obtained a satisfactory performance and it was the one that followed him the T2; The treatment where alone natural zeolita without the complementary fertilization correspondent, applied himself did not respond positively, according to the registered aftermaths. recommendations are : Utilizing in the commercial potato plantings, natural zeolita's application to the ground but once was complemented with the traditional fertilization correspondent according to the ground's analysis; Substituting the complementary fertilization with the application only of natural zeolita and accomplishing another investigating tests, by means of natural zeolita's application in the zone's another traditional cultivations and utilizing another complementary- fertilization programs.

## IX. LITERATURA CITADA

Castellanos, J. 1999. Zeolita contribución al desarrollo sostenible. Cuba. pp. 27-36.

CICYT (Escuela Politécnica del Litoral). 2000. Sustratos Ecológicos a base de Zeolitas Naturales.

Egusquiza, R. 2000. La papa: producción, transformación y comercialización. Lima, Universidad Agraria La Molina. p. 16.

FEDERACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE PAPA, Bogotá. 1997. Vademécum del cultivo de la papa. Bogotá. p. 2-5.

Herrera, M.; Carpio, H.; Chávez, G. 1999. Estudio sobre el subsector de la papa en el Ecuador. Quito, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. p. 43.

Higgeco. 2003. La zeolita. Disponible en: [www.higgeco.com/zeolita.htm](http://www.higgeco.com/zeolita.htm).

I&D Products Ltda. (s.f.). Zeolita uso agrícola. Zeolita natural para la Nutrición Vegetal ¿Qué es la Zeolita Natural? Disponible en: <http://www.hidrogelcolombia.es.tl/Zeolita-uso-agr%EDcola.htm>

John, C.; Del Vallín, G.; Dueñas, G. 2006. Eficiencia de la zeolita como aditivo de la urea en los cultivos de papa y tomate. Habana, Cuba. Disponible en: <http://www.zeolitanatural.com/docs/cultivosurea.pdf>

Páez, C. 2006. Zeolita, el mineral del universo. Habana, Cuba.

Paredes, M. 2002. Estudio de producción de tubérculo semilla categoría prebásica de dos variedades de papa bajo diferentes sistemas de manejo. Tesis Ing. Agr. Quito, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 65p.

Pumisacho, M.; Sherwood, S. 2002. El cultivo de la papa en el Ecuador. Quito, Ecuador, INIAP, CIP.

Valverde, F.; Córdova, J.; Parra, R. 1998. Fertilización del cultivo de la papa. Quito, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

Vander Zaag, P. 1986. Necesidad de fertilidad de suelos para la producción de papa. Montevideo, Hemisferio Sur y Centro Internacional de la Papa. 21p. (Boletín de Información Técnica 14).

**Cuadro 6. Valores promedio de la altura de planta a los 60 días de edad en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	Σ	Ȳ
T 1	31,70	30,60	29,40	28,40	120,1	30,03
T 2	30,30	29,80	28,60	29,60	118,3	29,58
T 3	28,90	31,50	30,20	30,50	121,1	30,28
T 4	30,70	32,60	30,40	32,70	126,4	31,60
T 5	29,40	29,40	30,80	30,20	119,8	29,95
T 6	29,10	28,00	29,30	26,72	113,12	28,28
Σ	180,1	181,9	178,7	178,12	718,82	29,95

**Cuadro 7. Análisis de la variancia de la altura de planta a los 60 días de edad en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	1,41605	0,47201667	0,36	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	23,05	4,61	3,49	*	2,9	4,56
Err. Exp.	15	19,80	1,32				
Total	23	44,27					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 3,84</b>							

**Cuadro 8. Valores promedio de la altura de planta a los 90 días de edad en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	Σ	Ȳ
T 1	66,80	69,00	68,60	67,40	271,8	67,95
T 2	67,40	66,60	66,70	69,20	269,9	67,48
T 3	69,20	66,40	68,90	67,50	272	68,00
T 4	62,00	69,50	67,00	64,00	262,5	65,63
T 5	67,30	64,80	68,40	66,50	267	66,75
T 6	62,70	58,00	63,80	60,30	244,8	61,20
Σ	395,4	394,3	403,4	394,9	1588	66,17

**Cuadro 9. Análisis de la variancia de la altura de planta a los 90 días de edad en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	9,20333333	3,06777778	0,73	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	134,22	26,84	6,39	**	2,9	4,56
Err. Exp.	15	62,99	4,20				
Total	23	206,41					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 3,10</b>							

**Cuadro 10. Valores promedio de la altura de planta a los 120 días de edad en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	Σ	Ȳ
T 1	102,70	104,60	118,60	114,80	440,7	110,18
T 2	103,80	117,30	110,90	109,70	441,7	110,43
T 3	121,50	117,10	112,70	110,40	461,7	115,43
T 4	113,60	114,90	112,60	118,30	459,4	114,85
T 5	114,80	112,90	115,30	112,30	455,3	113,83
T 6	85,40	91,70	95,30	90,10	362,5	90,63
Σ	641,8	658,5	665,4	655,6	2621,3	109,22

**Cuadro 11. Análisis de la variancia de la altura de planta a los 120 días de edad en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	49,0979167	16,3659722	0,66	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	1758,17	351,63	14,26	**	2,9	4,56
Err. Exp.	15	369,95	24,66				
Total	23	2177,22					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 4,55</b>							

**Cuadro 12. Valores promedio del número de tallos por planta en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	Σ	Ȳ
T 1	6,00	4,00	7,00	5,00	22	5,50
T 2	7,00	7,00	8,00	6,00	28	7,00
T 3	5,00	7,00	6,00	5,00	23	5,75
T 4	5,00	4,00	4,00	5,00	18	4,50
T 5	6,00	7,00	7,00	6,00	26	6,50
T 6	4,00	3,00	3,00	4,00	14	3,50
Σ	33	32	35	31	131	5,46

**Cuadro 13. Análisis de la variancia del número de tallos por planta as de edad en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	1,45833333	0,48611111	0,65	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	33,21	6,64	8,82	**	2,9	4,56
Err. Exp.	15	11,29	0,75				
Total	23	45,96					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 15,90</b>							

**Cuadro 14. Valores promedio del número de tubérculos por planta en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	$\Sigma$	$\bar{Y}$
T 1	25,00	30,00	22,00	26,00	103	25,75
T 2	27,00	26,00	30,00	25,00	108	27,00
T 3	25,00	22,00	27,00	28,00	102	25,50
T 4	23,00	17,00	26,00	21,00	87	21,75
T 5	24,00	27,00	25,00	30,00	106	26,50
T 6	14,00	18,00	16,00	19,00	67	16,75
$\Sigma$	138	140	146	149	573	23,88

**Cuadro 15. Análisis de la variancia del número de tubérculos por planta en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc			
						0,05*	0,01*
Bloques	3	13,125	4,375	0,49	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	312,38	62,48	7,04	**	2,9	4,56
Err. Exp.	15	133,13	8,88				
Total	23	458,63					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 12,48</b>							

**Cuadro 16. Valores promedio del número de tubérculos de categoría primera en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	Σ	ȳ
T 1	11,00	8,00	11,00	15,00	45	11,25
T 2	11,00	12,00	15,00	13,00	51	12,75
T 3	12,00	12,00	11,00	13,00	48	12,00
T 4	7,00	10,00	9,00	9,00	35	8,75
T 5	14,00	12,00	10,00	14,00	50	12,50
T 6	6,00	5,00	3,00	4,00	18	4,50
Σ	61	59	59	68	247	10,29

**Cuadro 17. Análisis de la variancia del número de tubérculos de categoría primera en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	9,125	3,04166667	0,97	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	202,71	40,54	12,90	**	2,9	4,56
Err. Exp.	15	47,13	3,14				
Total	23	258,96					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 17,22</b>							

**Cuadro 18. Valores promedio del número de tubérculos de categoría segunda en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	$\Sigma$	$\bar{Y}$
T 1	7,00	10,00	6,00	8,00	31	7,75
T 2	9,00	8,00	11,00	12,00	40	10,00
T 3	8,00	7,00	6,00	7,00	28	7,00
T 4	7,00	5,00	4,00	8,00	24	6,00
T 5	11,00	10,00	9,00	8,00	38	9,50
T 6	5,00	7,00	4,00	6,00	22	5,50
$\Sigma$	47	47	40	49	183	7,63

**Cuadro 19. Valores promedio del número de tubérculos de categoría segunda en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	7,79166667	2,59722222	1,18	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	66,88	13,38	6,09	**	2,9	4,56
Err. Exp.	15	32,96	2,20				
Total	23	107,63					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 19,44</b>							

**Cuadro 20. Valores promedio del número de tubérculos de categoría tercera en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	$\Sigma$	$\bar{Y}$
T 1	7,00	6,00	8,00	6,00	27	6,75
T 2	6,00	8,00	6,00	5,00	25	4,25
T 3	5,00	7,00	6,00	8,00	26	6,50
T 4	7,00	6,00	5,00	8,00	26	7,00
T 5	4,00	6,00	7,00	5,00	22	5,50
T 6	7,00	5,00	7,00	8,00	27	6,75
$\Sigma$	36	38	39	40	153	6,13

**Cuadro 21. Valores promedio del número de tubérculos de categoría tercera en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	1,45833333	0,48611111	0,28	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	4,38	0,88	0,51	ns	2,9	4,56
Err. Exp.	15	25,79	1,72				
Total	23	31,63					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 21,41</b>							

**Cuadro 22. Valores promedio del rendimiento de tubérculos de papa categoría primera en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	Σ	Ȳ
T 1	14428,00	13835,00	15294,00	13374,00	56931,00	14232,75
T 2	17375,00	15841,00	18182,00	16676,00	68074,00	17018,50
T 3	17852,00	12737,00	14836,00	16274,00	61699,00	15424,75
T 4	8639,00	6758,00	7834,00	9906,00	33137,00	8284,25
T 5	13041,00	16365,00	18672,00	16374,00	64452,00	16113,00
T 6	5325,00	4519,00	3942,00	4626,00	18412,00	4603,00
Σ	76660	70055	78760	77230	302705	12612,71

**Cuadro 23. Análisis de la variancia del rendimiento de tubérculos de papa categoría primera en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	7414978,125	2471659,375	1,08	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	500344537,71	100068907,54	43,91	**	2,9	4,56
Err. Exp.	15	34184249,13	2278949,94				
Total	23	541943764,96					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 11,97</b>							

**Cuadro 24. Valores promedio del rendimiento de tubérculos de papa categoría segunda en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	Σ	ȳ
T 1	8735,00	6637,00	6294,00	7692,00	29358	7339,50
T 2	10852,00	9941,00	10741,00	8527,00	40061	10015,25
T 3	7848,00	10736,00	8758,00	6278,00	33620	8405,00
T 4	6672,00	5894,00	5427,00	3941,00	21934	5483,50
T 5	8748,00	11292,00	7863,00	9535,00	37438	9359,50
T 6	4438,00	3821,00	4051,00	3972,00	16282	4070,50
Σ	47293	48321	43134	39945	178693	7445,54

**Cuadro 25. Análisis de la variancia del rendimiento de tubérculos de papa categoría segunda en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	7482468,125	2494156,04	1,82	Ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	105755825,21	21151165,04	15,43	**	2,9	4,56
Err. Exp.	15	20565328,63	1371021,91				
Total	23	133803621,96					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 15,73</b>							

**Cuadro 26. Valores promedio del rendimiento de tubérculos de papa categoría tercera en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

6	I	II	III	IV	Σ	ȳ
T 1	4251,00	5572,00	3825,00	5383,00	19031	4757,75
T 2	3548,00	3184,00	4395,00	2297,00	13424	3356,00
T 3	4674,00	3728,00	4855,00	4836,00	18093	4523,25
T 4	3427,00	6178,00	5397,00	4374,00	19376	4844,00
T 5	3082,00	4210,00	3712,00	3371,00	14375	3593,75
T 6	4752,00	4365,00	4356,00	5735,00	19208	4802,00
Σ	23734	27237	26540	25996	103507	4312,79

**Cuadro 27. Análisis de la variancia del rendimiento de tubérculos de papa categoría tercera en el estudio de evaluación de cuatro niveles de zeolita natural en el cultivo de papa en el cantón Espejo, provincia del Carchi, 2010.**

FV	GL	SC	CM	Fc		F tab	
						0,05*	0,01*
Bloques	3	1149296,46	383098,819	0,55	ns	3,29	5,42
Tratamientos	5	8785035,71	1757007,14	2,52	ns	2,9	4,56
Err. Exp.	15	10444211,79	696280,79				
Total	23	20378543,96					
<b>CV (Coeficiente de variación)= 19,35</b>							



**Fotografía. 1 trazado de ensayo**



**Fotografía. 2 pesa de insumos**



**Fotografía. 3 semilla**



**Fotografía. 4 siembra**



**Fotografía. 5 aplicación de insumos**



**Fotografía. 6 tape de semilla**



**Fotografía 7. número de tallos**



**Fotografía. 8 altura de la planta**



**Fotografía. 9 control fitosanitario**



**Fotografía. 10 producción**



**Fotografía. 11 inspección de ensayo**



**Fotografía. 12 inspección de tubérculos**



Fotografía. 13 cosecha



Fotografía. 14 clasificación de tubérculos



Fotografía. 15 rendimiento

