

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST - GRADO
MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA



**VARIACIÓN DE N, P, K Y CATIONES CAMBIABLES EN
TRES SUELOS DE PUNO, POR EFECTO DEL CULTIVO
DE MACA (*Lepidium meyenii* Walp.)**

TESIS

PRESENTADA POR:

EDUARDO CHARAJA QUISPE

PARA OPTAR EL GRADO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ANDINA

MENCIÓN: AGROECOLOGÍA

Puno - Perú

2008

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

BIBLIOTECA CENTRAL

Fecha Ingreso: 04 OCT. 2012

N° 00221

Universidad Nacional del Altiplano

Maestría en Agricultura Andina

**VARIACIÓN DE N, P, K Y CATIONES CAMBIABLES EN TRES SUELOS
DE PUNO, POR EFECTO DEL CULTIVO DE MACA (*Lepidium meyenii* Walp.)**

Tesis presentada por:

Eduardo Charaja Quispe

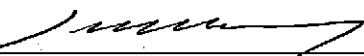
Por optar grado de:

Magister Scientiae en Agricultura Andina

Mención: Agroecología

Aprobado por los miembros del jurado dictaminador conformado por:


PRESIDENTE:


Ing. M. Sc. Daniel Canaza Mamani

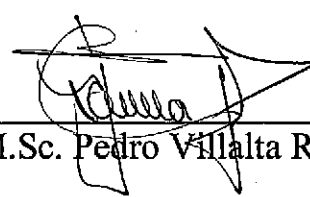
1er MIEMBRO:


Ing. M. Sc. Juan Gregorio Zapana Pari

2do MIEMBRO:


Ing. M. Sc. Roger Segura Peña

Asesor de la Tesis


Ing. M.Sc. Pedro Villalta Rojas

DEDICATORIA

- A Dios que es principio de la sabiduría eterna.
- A la memoria de mis padres Víctor y Lucía a quienes le debo mi existencia de ser.
- A mis hijos que son la razón de mi existir.

AGRADECIMIENTO

- A mis familiares que en todo momento me apoyaron moralmente.
- Un reconocimiento a la U.N.A., alma mater de mi formación y generadora de conocimientos.
- Al plantel Docente de la escuela de Post grado en el área de Agricultura Andina y a mis compañeros de Agroecología.
- Mis sinceros reconocimientos a mi tutor M.Sc. Pedro Villalta Rojas y asesor M.Sc. Vidal Apaza Mamani y compañeros del INIA quienes me apoyaron en la elaboración de la presente tesis.

INDICE

	Pag.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	01
CAPITULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	03
1.1 EL PROBLEMA	03
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	04
1.2.1 Objetivo general	04
1.2.2 Objetivos específicos	04
1.3 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	05
CAPITULO II. MARCO TEORICO	06
2.1 MARCO REFERENCIAL	06
2.2 MARCO TEÓRICO	09
A. importancia económica y nutricional	09
B. descripción botánica de la maca	10
C. absorción de nutrientes	12
D. mecanismos de absorción de nutrientes	13
E. factores influyentes en la absorción mineral	17
F. propiedades químicas del suelo	35
2.3 MARCO CONCEPTUAL	38
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	40
3.1 FASE DE CAMPO	40
3.1.1 Ubicación del campo experimental	40
3.1.2 Suelo experimental	41
3.1.3 Características del campo experimental	43
3.1.4 Procedimiento	46
3.2. FASE DE LABORATORIO	48
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION	50
4.1 VARIACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL	50
4.2 VARIACIÓN DE FÓSFORO	53
4.3 VARIACIÓN DE POTASIO	58
4.4 CATIONES CAMBIABLES	64
4.4.1 Calcio intercambiable	64
4.4.2 Magnesio intercambiable	68
4.4.3 Potasio Intercambiable	71
4.4.4 Sodio intercambiable	75
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXO	91

TABLA DE CONTENIDO DE CUADROS

Tabla 1. Composición química de maca por 100 gramos de porción comestible	10
Tabla 2. Precipitación promedio mensual y temperatura promedio mensual.....	45
Cuadro 1. Promedio de los niveles de nitrógeno total (%) según diferentes suelos y fases fenológicas de maca	53
Cuadro 2. Promedios de los niveles de fósforo (ppm) según suelos y fases fenológicas de maca.....	56
Cuadro 3. Promedio de los niveles de potasio (ppm) según suelos y fases fenológicas de la maca.....	63
Cuadro 4. Promedio de los niveles de calcio intercambiable (meq/100 g. de suelos), según suelos y fases fenológicas de maca.....	67
Cuadro 5. Promedio de los niveles de magnesio intercambiable (meq/100 g. de suelo), según suelos y fases fenológicas de maca	69
Cuadro 6. Promedio de los niveles de potasio intercambiable (meq/100 g. de suelo), según suelos y fases fenomenológicas de maca	74
Cuadro 7. Promedio de los niveles de sodio intercambiable (meq/100 g. de suelo), según suelos y fases fenológicas de maca	78
Cuadro 8. Análisis de varianza para los niveles de nitrógeno	92
Cuadro 9. Prueba múltiple de Duncan para suelos en relación a los niveles de nitrógeno	92
Cuadro 10. Prueba de Duncan para las fases fenológicas en relación a los niveles de nitrógeno	92
Cuadro 11. Prueba múltiple de Duncan para la interacción de suelos y fases fenológicas en relación a los niveles de nitrógeno	92
Cuadro 12. Análisis de varianza para los niveles de fósforo.....	93
Cuadro 13. Prueba múltiple de Duncan para suelos en relación a los niveles de fósforo	93
Cuadro 14. Prueba múltiple de Duncan para las fases en relación a los niveles de fósforo	93
Cuadro 15. Prueba múltiple de Duncan para la interacción de suelos y fases fenológicas en relación a los niveles de fósforo	93
Cuadro 16. Análisis de varianza para los niveles de potasio	94
Cuadro 17. Prueba múltiple de Duncan para suelos en relación a los niveles de potasio	94

Cuadro 18. Prueba múltiple de Duncan para las fases fenológicas en relación a los niveles de potasio	94
Cuadro 19. Prueba múltiple de Duncan para la interacción de suelos y fases fenológicas en relación a los niveles de potasio	94
Cuadro 20. Análisis de varianza para los niveles de calcio intercambiable.....	95
Cuadro 21. Prueba múltiple de Duncan para suelos en relación a los niveles de calcio intercambiable.....	95
Cuadro 22. Prueba múltiple de Duncan para las fases fenológicas en relación a los niveles de calcio intercambiable.....	95
Cuadro 23. Prueba múltiple de Duncan para la interacción de suelos y fases fenológicas en relación a los niveles de calcio intercambiable	95
Cuadro 24. Análisis de varianza para los niveles de magnesio intercambiable	96
Cuadro 25. Prueba múltiple de Duncan para las fases fenológicas en relación a los niveles de magnesio intercambiable ..	96
Cuadro 26. Análisis de varianza para los niveles de sodio intercambiable	97
Cuadro 27. Prueba múltiple de Duncan para las fases fenológicas en relación a los niveles de sodio intercambiable	97
Cuadro 28. Prueba múltiple de Duncan para la interacción de suelos y fases fenológicas en relación a los niveles de sodio intercambiable	97
Cuadro 29. Análisis de varianza para los niveles de potasio intercambiable	98
Cuadro 30. Prueba múltiple de Duncan para suelos en relación a los niveles de potasio intercambiable	98
Cuadro 31. Prueba múltiple de Duncan para la interacción de suelos y fases fenológicas en relación a los niveles de potasio intercambiable	98
Cuadro 32. Movimiento del nitrógeno	99
Cuadro 33. Movimiento del fósforo	99
Cuadro 34. Movimiento del potasio	99
Cuadro 35. Movimiento del calcio	99
Cuadro 36. Movimiento del magnesio	99
Cuadro 37. Movimiento del potasio intercambiable	99
Cuadro 38. movimiento del sodio	99

TABLA DE CONTENIDO DE GRAFICOS

Gráfico 1.	Absorción de nutrientes mediante intercambio por contacto	16
Gráfico 2.	Absorción de nutrientes mediante intercambio por medio del ácido carbónico	17
Gráfico 3.	Fases fenológicas observadas durante el experimento	46
Gráfico 4.	Variación promedio del nitrógeno total en % según los suelos y fases fenológicas de maca	53
Gráfico 5.	Variación promedio del fósforo (ppm), según los suelos y fases fenológicas de maca	56
Gráfico 6.	Variación promedio de potasio (ppm), según los suelos y fases fenológicas de maca	63
Gráfico 7.	Variación promedio de calcio intercambiable (meq/100 g. de suelo), según los suelos y fases fenológicas	67
Gráfico 8.	Variación promedio de magnesio intercambiable (meq/100 g. de suelo), en diferentes suelos y fases fenológicas	69
Gráfico 9.	Variación promedio de potasio intercambiable (meq/100 g. de suelo), en diferentes suelos y fases fenológicas de maca	74
Gráfico 10.	Variación promedio de sodio intercambiable (meq/100 g. de suelo), en diferentes suelos y fases fenológicas	78
Gráfico 11.	Croquis de distribución de macetas en el campo Experimental	100

TABLA DE CONTENIDO DE MAPA Y FOTOS	101
---	------------

RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Salcedo del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria – INIA Puno, ubicado en las coordenadas 15° 53' 15" de Latitud Sur y 70° 00' 35" Longitud Oeste y a una altitud de 3820 msnm, durante la campaña agrícola del 2005 - 2006, en macetas al ambiente. El objetivo fue determinar la variación de los nutrientes del suelo N,P,K y Cationes cambiabiles por el cultivo de maca (*Lepidium, meyenii Walp.*), para lo cual se utilizaron tres suelos (Illpa, Quimsachata y Crucero) en tres fases fenológicas (4 hojas, roseta y formación de hipocotilos). El diseño experimental utilizado fue Bloque Completo al Azar, y el análisis se realizó bajo un arreglo factorial de 3 x 3 (6). Los resultados indican que los macronutrientes NPK en los tres suelos en estudio se movilizaron: 864; 1760 y 2000 Kg/ha de nitrógeno (N) durante el desarrollo del cultivo en los suelos de Illpa, Quimsachata y crucero respectivamente; en fosforo se movilizaron 24,47; 29,06 y 1,18 Kg/ha de fósforo (p), en potasio 4412, 2110 y 1878 Kg/ha de potasio (k) respectivamente. En cationes cambiabiles hubo variación de acuerdo a los mecanismos de antagonismo y sinergismo; movilizandoo Ca^{++} entre 285 a 639 Kg/ha y cuando en el suelo hay disponibilidad suficiente en forma libre, porque por efecto del antagonismo con otros iones, puede bloquearse su movilización; en cuanto a cationes como Mg^{++} , K^+ y Na^{++} su movilización o incremento es variable y muy complejo, dependiendo de la disponibilidad en forma libre.

ABSTRACT

The experiment was carried in the Experimental Station Salcedo of the National Institute of Investigation and Agrarian Extension - INIA Puno, located in the coordinates 15° 53 ' 15 " of South Latitude and 70° 00 ' 35 " Longitude West and 3820 m. above sea level, during the agricultural campaign of the 2005 - 2006, in stand for flower-spot at outside.

The objective was to determine the variation of the elements of the soil nutrients: N,P,K and changeable cations for the maca cultivation (*Lepidium meyenii Walp.*) for that we used three types of soils (Illpa, Quimsachata and Crucero) in three phonological phases (4 leaves, rosetta and hypocotylous formation). The experimental design was randomized complete block, and the analysis was carried out a factorial arrangement of 3 x 3 (6).

The results indicate that the macronutrientes NPK in the three soils in study were mobilized: 864; 1760 and 2000 Kg/ha of nitrogen during maca development in Illpa, Quimsachata and Crucero soils respectively. In phosphor was mobilized 24,47; 29,06 and 1,18 Kg/ha; 4412, 2110 and 1878 Kg/ha of potassium respectively. In changeable cations there was variation according to the mechanisms of antagonism and synergism; mobilizing Ca⁺⁺ among 285 to 639 Kg/ha and when in the soil there is enough availability in free form, because of effect of the antagonism with other ions, their mobilization can be blocked; for cationes like Mg⁺⁺, K⁺ and Na⁺⁺ their mobilization or increment is variable and very complex, depending on the availability in free form.

INTRODUCCIÓN.

La Región Puno tiene la mayor población en el Sur del país, con 1 245,508 habitantes (INEI, 2005) de los cuales el 52,7% se encuentra en el área rural, su agricultura tiene como base a los cultivos andinos: papa, quinua, tarwi, cañihua, olluco, izaño, oca y cultivos adaptados como cebada, avena y haba; a los que se suma la maca por su alto valor nutritivo, cuyo cultivo fue restringido a las regiones de Junín y Pasco. Por la gran demanda que tiene esta especie, su cultivo se ha extendido desde el año 1996 a las regiones de Ancash, Apurímac, Ayacucho, Huánuco, Huancavelica y Puno.

La población rural y urbana de la región Puno, muestran altos índices de desnutrición, debido a la escasez de fuentes de nutrientes; por lo que la maca fue aceptada por los agricultores, instituciones públicas y privadas entre 1998 y 2002, habiendo comenzado a capacitarse y organizarse con el propósito de producir maca en diversas zonas como: Crucero (familia Cáceres); productores de Lampa y Tiquillaca incentivados por el Proyecto PIWA; Ministerio de Agricultura y otras entidades. Por desconocimiento de la tecnología de producción de la maca, los suelos fueron sometidos a continua extracción de nutrientes sin restablecer su fertilidad, ocasionando así el empobrecimiento. Los terrenos donde se cultivan la maca deben descansar por lo menos entre 6 a 8 años, ya que existe la idea generalizada entre los campesinos, de que es agotador de la tierra, por el resultado de la investigación se llega a la

conclusión de que la maca es una planta que extrae considerables cantidades de nutrientes del suelo.

Conociendo las propiedades nutritivas de este cultivo surge la pregunta: ¿cómo se abastece de tales nutrientes?, pues sí es del suelo, es necesario preguntarse ¿cómo queda el grado de fertilidad posterior?. En la Sierra central, es conocido como un cultivo esquilador del suelo (Vásquez, 1996).

Actualmente no existen estudios sobre variación de elementos minerales del suelo y absorción por el cultivo de maca; sin embargo, se conoce a la maca como un cultivo agotador del suelo por lo que los productores del centro del Perú dejan en descanso los suelos por muchos años para volver a sembrar. Con la finalidad de coadyuvar a la revaloración de este cultivo, se ha realizado el presente trabajo de investigación con el objetivo:

Evaluar la variación de N,P,K y Cationes cambiabiles en tres suelos de puno, por efecto del cultivo de la maca. en macetas y en ambiente natural.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 EL PROBLEMA

La *maca* (*Lepidium meyenii* walp), es un cultivo andino que se produce desde el tiempo de los incas, siendo uno de los recursos alimenticios con que cuentan los habitantes en las alturas de la sierra de Perú. Se adapta a condiciones extremas de altura y clima, donde solo se puede cultivar la papa amarga; resiste las heladas, granizadas, sequias y vientos fuertes; siendo también, resistente a las plagas y enfermedades que atacan a los cultivos andinos.

En la región del altiplano de Puno, el área cultivada y la práctica del cultivo de la maca se está incrementando, debido a que esta planta presenta buenas bondades alimenticias aportando proteínas y minerales; características que hacen que esta planta se considere como alimento rehabilitador.

La fertilización orgánica es importante en el desarrollo de este cultivo; evitándose el uso indiscriminado de fertilizantes químicos como la urea, que ha ocasionado algunos trastornos físicos, en las personas que han consumido maca con este tipo de fertilización (Chacón 1997).

Conociendo las propiedades potencialmente nutritivas de este producto queda la pregunta acerca de cómo se abastece la maca de las bondades nutritivas; y cuál es el estado del suelo luego del cultivo, ya que en la sierra central, este producto es conocido como esquilador del suelo.

De lo expuesto, surge la siguiente pregunta de investigación.

¿Cuál es el grado de variación de N,P,K y Cationes cambiabiles en tres suelos de puno, por efecto del cultivo de la maca en macetas y en ambiente natural?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Se presenta el siguiente objetivo

1.2.1 Objetivo general.

Evaluar la variación de N,P,K y Cationes cambiabiles en tres suelos de puno, por efecto del cultivo de la maca en macetas y en ambiente natural.

1.2.2 Objetivos específicos.

Evaluar la movilización del nitrógeno y cationes cambiabiles en tres suelos de puno, por efecto del cultivo de la maca en macetas y en ambiente natural.

Evaluar la movilización del fosforo y cationes cambiabiles en tres suelos de puno, por efecto del cultivo de la maca en macetas y en ambiente natural.

Evaluar la movilización del Potasio y cationes cambiabales en tres suelos de puno, por efecto del cultivo de la maca en macetas y en ambiente natural.

1.3 HIPOTESIS DE INVESTIGACION

La hipótesis que se planteó fue la siguiente:

Existe una movilización significativa de N,P,K y Cationes cambiabales en los suelos de puno, por efecto del cultivo de la maca en macetas y en ambiente natural.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. MARCO REFERENCIAL.

La maca no es un cultivo que tenga una amplia dispersión geográfica hasta el momento, es factible suponer que el Perú sea el único productor mundial del citado cultivo. Las zonas principales del cultivo se encuentran en el área del Lago Chinchaycocha en Junín, en la meseta de Bombón de Pasco y en Puno (Vásquez y Alza, 1996).

Originalmente el cultivo de maca estaba restringido en los departamentos de Ancash, Apurímac, Huánuco, Huancavelica y Puno ubicados en la zona central y sur del Perú (Aliaga, 1999).

La maca es considerada como un cultivo altamente extractor de nutrientes del suelo y como consecuencia ocasiona el empobrecimiento del suelo (Fernández y Villena, 1999).

La Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) en una publicación de 1987 afirma que el N y el K son antagónicos. Por ello el nivel de absorción de N en el bulbeo debe ser mínimo; por su parte Brewster y Butler (1977) observaron una aceleración del bulbeo con bajas concentraciones de N, y altas de K en el suelo.

Cari (1987), en un estudio sobre absorción de nitrógeno en variedades de quinua reporta una cantidad de 39,0; 49,3 y 50,80 Kg por hectárea, para las variedades de Sajama, Blanca de Juli y Tahuaco, respectivamente, para un periodo de 141 días de crecimiento. La diferencia de la variación más alta del estudio se debe probablemente a las necesidades de la formación de los hipocotilos por las plantas de maca.

El centro de origen de la maca está en las alturas de la cordillera que va desde el Ecuador hasta el Norte de Argentina (Vásquez y Alza, 1996).

La maca es oriunda de los andes centrales del Perú, correspondiente al departamento de Pasco, donde existen pisos ecológicos a alturas superiores a los 4000 msnm. La población andina descubrió que la maca además de ser una planta capaz de desarrollarse en las punas es un alimento nutritivo y que influye favorablemente en la fertilidad humana (Diez Canseco, 1975).

En la época pre inca los Yaros pastores de origen aymará denominados yarovillcas, cuyo máximo apogeo fue durante los años 1300 y 1400 después de Cristo, abarcando la región alto andina de los departamentos de Junín, Pasco,

Lima y Ancash; los que en la zona alta de la puna cultivaban maca en grandes extensiones (Solís,1996).

Los Yaros fueron conquistados definitivamente alrededor del año 1470 de nuestra era por el Inca Túpac Yupanqui, habiendo implantado el idioma quechua en reemplazo de la lengua hakaru o aru y trasladando a los grupos étnicos Tumbesinos y Aymaras; éstos últimos grupos humanos Ccollas procedentes del Altiplano sureño, los que bajo el sistema mitimaes se dedican intensamente al cultivo de la maca (Obregón, 1998).

En la conquista y virreynato la maca sirvió como tributo indígena para el encomendero Juan de Tello de Sotomayor (1541), quien probablemente la utilizó para fecundar el ganado de Castilla, los aborígenes entregaban una crecida tasa en marca "yen dareys en cada año trescientas cargas de maca cada carga de media fanega". Después de la conquista, la maca entró en peligro de extinción ya que, su hábitat fue ocupado en su mayoría por el ganado ovino que los españoles trajeron al nuevo mundo (Aliaga, 1999).

En 1843 el Dr. G. Walpers realizó la primera descripción de la maca, especie *Lepidium meyenii* Walp. En base a un espécimen colectado por el señor Meyenii en el Perú departamento de Puno cerca de la zona de Pizacoma, a una altura mayor a 4000 msnm (Obregón, 1998).

2.2. MARCO TEORICO

A) Importancia económica y nutricional.

La importancia económica de este cultivo reside en sus raíces que tienen la forma y el tamaño de un rabanito y que cuenta además, con una pulpa ligeramente dulce y de variado color. Esta pulpa, es rica en minerales como: Calcio, Fósforo y Hierro; posee asimismo, un contenido relativamente elevado de proteínas y carbohidratos, al lado del Gin-Seng coreano es considerado como producto vegetal reconstituyente exportable (Vásquez y Alza, 1996).

Del primer análisis Químico–nutricional efectuado de esta raíz en el Perú hace 29 años, ya se consideraba a la maca como una raíz con contenido proteico superior a otras raíces y tubérculos cuyos contenidos de hierro y calcio son mucho más altos que en otras raíces (Obregón, 1998). El valor nutricional del hipocotilo seco de la maca es similar al encontrado en cereales y granos tales como maíz, arroz y trigo. Los hipocotilos frescos contienen 80% de agua, y los hipocotilos secos, tienen la siguiente composición (Tabla 1).

Tabla 1.

Composición química de maca por 100 gramos de porción comestible

Componentes	Unidades	Productos			
		maca(1)	papa(2)	oca(3)	trigo (4)
Humedad	%	6,63	75,05	84,1	10,8
Proteínas	g	11,57	2,6	1	10,5
Grasas	g	1,39	0,12	-	2,0
Carbohidratos	mg	75,22	21,9	13,3	74,0
Fibra cruda	mg	6,42	0,71	-	1,5
Ceniza	mg	5,41	1,1	1	0,4
Calorías	kcal	318,28	100	61	359
Minerales y vitaminas					
Calcio					
Fósforo	mg	574,63	8	2	36
Hierro	mg	323,50	49,5	36	108
Tiamina	mg	17,49	0,05	1,6	0,6
Riboflavina	mg	0,30	-	0,05	0,11
Vitamina C	mg	1,69	-	0,13	0,06
	mg	3,74	10,25	-	-

FUENTE:

(1) Vivas E. 2003. Tesis de grado UNCP.

(2) Collazos *et. al.* 1993. Composición de Alimentos de mayor consumo en el Perú.

(3) Tapia. M. 1990. Cultivos andinos sub-explotados y su aporte a la alimentación.

(4) Collazos C. 1996. Tablas peruanas de composición de alimentos de mayor consumo.

B) Descripción botánica de la maca.

Los botánicos Soukup, Mc. Bride, Hutchinson citados por Solís (1996), Chacon (2001) clasifican a la maca dentro de la familia de las crucíferas siendo su posición taxonómica la siguiente:

Reino : Vegetal
 División : Phanerógama
 Clase : Dicotyledonia
 Sub. clase : Archichlamydeas
 Orden : Rohedales

Familia : Crucíferae (Brassicaceae)
Género : *Lepidium*
Especie : *Lepidium meyenii Walpers*
Nombre Vulgar : "maca", "macamaca".

La maca es una crucífera muy peculiar en el sentido que es octoploide ($2n-8x=64$), autógama y hay la presencia de cleistogamia que resulta en la fertilización de las flores antes de abrirse (Quiroz, 1999).

De acuerdo con Solís (1996), se denomina ciclo vegetativo o ciclo vital, al periodo que dura la vida de cualquier especie, es decir, desde el momento que nace hasta que muere, durante este ciclo la planta pasa una serie de etapas en las que se puede distinguir:

- a) Emergencia
- b) Crecimiento vegetativo
- c) Floración y
- d) Maduración.

Siendo la duración de cada etapa variable, la maca es una planta de periodicidad anual su ciclo vital dura de 8 a 12 meses, según las condiciones ambientales.

C) Absorción de nutrientes.

Una característica singular de la planta es su capacidad de captar energía solar y absorber sustancias desde su medio ambiente para sintetizar sus componentes celulares o utilizarlos como fuente de energía en sus procesos metabólicos (Mengel and Kirkb, 1978). Aquí es pertinente definir la nutrición mineral como la absorción de elementos químicos denominados nutrientes y su posterior asimilación (Sillampa, 1972), siendo la nutrición mineral una parte de la nutrición total ya que también existe la nutrición orgánica (Moreno, 1982). A veces el nombre de "nutrientes" se utiliza únicamente para aquellos elementos que han demostrado ser esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La absorción de nutrientes como un término general aplicado a la entrada de sustancias en las células o tejidos por cualquier mecanismo. Dicho movimiento puede realizarse por transporte activo con gasto de energía metabólica, por transporte pasivo según gradientes de concentración y diferencias de potencial electroquímico, o por flujo de masas causado por gradientes de presión tales como las que se producen por transpiración a través de las raíces y dentro del xilema. Además, indica que la absorción de sales por plantas intactas comprende varias etapas o procesos, las principales son: 1) movimiento de iones del suelo hasta la superficie de la raíz, que involucra procesos de difusión, flujo de masas e interceptación radicular; 2) la acumulación de iones de las células de la raíz; 3) movimiento de iones desde la superficie de la raíz hacia dentro del xilema; y 4) el traslado de iones desde la raíz hacia los vástagos (Kramer, 1974).

Hoagland (1948) citado por Mengel and Kirkby (1978), a raíz de sus estudios sobre absorción de nutrientes por las plantas concluyó lo siguiente:

- 1) Los iones son absorbidos por las plantas de manera selectiva.
- 2) La absorción tiene lugar aún en contra de una gradiente de concentración.
- 3) La planta requiere energía para los procesos de absorción el cual es generado por el metabolismo celular.

D) Mecanismos de absorción de nutrientes.

Al realizar una extensa investigación, para dilucidar los mecanismos de absorción, se usan métodos cada vez más refinados, como el empleo de soluciones nutritivas y trazadores isotópicas; con los cuales, se dio un avance importante en esta disciplina; sin embargo, se tendrá que esperar muchos resultados para establecer una teoría más concreta de absorción de nutrientes (Cari, 1987).

De muchas hipótesis planteadas y según las revisiones de algunos autores como Mengel and Kirkby (1978); Devlin (1976); Kramer (1974); Russell y Russell (1959); Moreno (1982); Sutcliffe y Baker (1979); Crocomo (1965); Baker (1980); Remolón (1966); Ritcher (1980), entre otros, se aceptan dos formas de absorción por las células de la raíz.

Absorción pasiva. Producida a través del contacto entre el medio externo que rodea a las raíces y el espacio libre aparente de las mismas, donde los iones difunden y se mueven libremente a favor de gradientes de concentración y/o electrostática, hasta producirse el equilibrio; por lo tanto, es un proceso reversible e independiente de la actividad metabólica de la planta.

Los iones alcanzan, vía difusión o con la corriente de los apoplastos sin gasto de energía metabólica. La corriente de la solución sigue los gradientes de potencial hídrico, eléctrico-químico (electroquímico) y de difusión de iones, no es selectiva, pero si reversible y continua hasta lograr el equilibrio (Barcello, 1988; Strasburger, 1986).

Absorción activa. Es el movimiento de iones desde el medio exterior hacia el interior de las células, venciendo las barreras que son el sistema de membranas dicho movimiento no es explicado por las leyes físico – químicos, es decir, que ocurre en contra de gradientes electroquímicos, siendo dependiente de los procesos metabólicos de la planta, pues requiere de un gasto de energía, además, es un proceso relativamente irreversible, altamente selectivo y es modificado por los factores que afectan al metabolismo de la planta.

A partir de la conjunción de los procesos activos y pasivos, pueden explicarse las características principales de la absorción, las cuales son (Strasburger, 1986):

- a) **Acumulación:** Por la cual las células pueden absorber sustancias contra un gradiente y concentrarlos fuertemente.
- b) **Poder de selección:** La planta absorbe del medio los iones más importantes y deja de absorber aquellos que no necesita o necesita poco.
- c) **Falta de exclusión:** Debido a que los carriers pueden confundirse, la célula no posee un poder completo de exclusión de iones.

Los nutrientes extraídos por la cosecha, varían principalmente con el rendimiento obtenido, la fertilidad del suelo y la especie o variedad involucrada (Remolón, 1966).

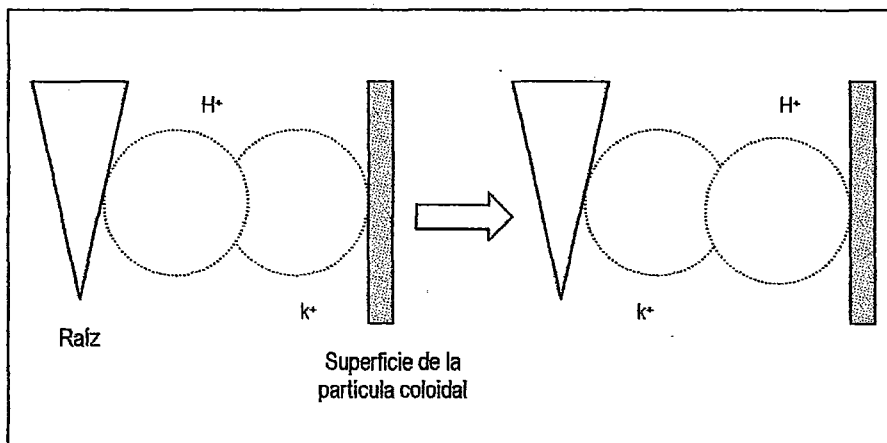
El mecanismo de absorción de los elementos nutritivos, en las fases sólida y líquida del suelo, puede explicarse mediante dos teorías: 1º. La teoría del intercambio por contacto; y 2º. La teoría del intercambio del ácido carbónico. Ambas han sido ampliamente criticadas, pero continúan siendo, entre otras, las más aceptadas por las posibilidades que presentan teniendo en cuenta los conocimientos que se tienen del suelo y de las plantas en su conjunto (Navarro y Navarro, 2000).

Según la hipótesis del intercambio por contacto, los iones pueden ser transferidos de los coloides a la raíz, sin aparecer como iones libres en la disolución del suelo. Sus autores explican que existe un contacto entre los espacios de oscilación de los iones adsorbidos. Un ión adsorbido electrostáticamente por una partícula sólida, sea la raíz de

una planta o una micela coloidal, no queda retenido con demasiada fuerza, sino que oscila dentro de un determinado y pequeño volumen. Cuando el volumen de oscilación de un ión coincide en parte con el del otro puede establecerse entre ellos un intercambio. Un diagrama representativo de esta hipótesis se muestra en el gráfico 1.

Gráfico 1.

Absorción de nutrientes mediante intercambio por contacto

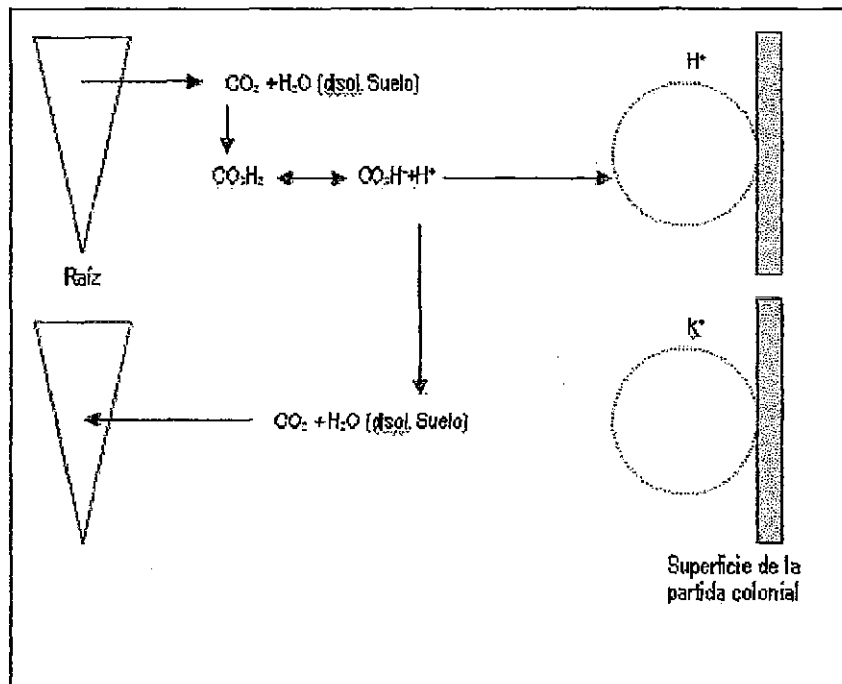


En la teoría del intercambio del ácido carbónico, la disolución del suelo desempeña un papel importante, ya que representa el medio para el intercambio de iones entre la raíz y las partículas coloidales. Según esta teoría, el dióxido de carbono liberado por la respiración de la raíz origina ácido carbónico al ponerse en contacto con la disolución del suelo. Posteriormente, el ácido carbónico se disocia para formar H^+ y CO_3H . Los iones H^+ se difunden hasta el coloide, son intercambiados con los cationes adsorbidos sobre su superficie. Estos, que estaban inicialmente adsorbidos sobre la superficie coloidal, son liberados a la disolución del suelo. En esta situación pueden difundirse libremente hasta la superficie de la raíz y ser absorbidos a cambio de H^+ o en forma

de iones equilibrados con ión bicarbonato. El mecanismo representativo de esta teoría se expone en el grafico 2.

Grafico 2.

Absorción de nutrientes mediante intercambio por medio del ácido carbónico



E) Factores que influyen en la absorción mineral.

Muchos factores influyen grandemente en la absorción de nutrientes por la planta y, en consecuencia, en su composición posterior. Todos ellos están íntimamente relacionados entre sí, siendo muy difícil concretar la verdadera influencia de cada uno por separado. No obstante, y de forma general, admitiendo una cierta constancia de los demás frente a cada uno en particular, puede darse una suficiente información (Navarro y Navarro, 2000).

Textura del suelo. Los suelos con textura fina presentarán debido a la gran superficie de sus partículas constituyentes mayores posibilidades de contacto con los pelos absorbentes que los de textura gruesa. En otro aspecto, y también por el mismo motivo, una mayor facilidad de actuación de los agentes de alteración con liberación de nutrientes asimilables a la disolución del suelo o al complejo adsorbente coloidal.

Porcentaje de oxígeno en el aire del suelo. La absorción mineral se inhibe por la ausencia de oxígeno en el suelo. Por ello, no sólo es importante un porcentaje adecuado de oxígeno, sino también lo es la proporción en la que se difunde para mantener una conveniente presión parcial en la superficie de la raíz. A medida que la atmósfera se enriquece en oxígeno, la absorción aumenta, al igual que la respiración.

pH del suelo. La reacción del suelo afecta generalmente a la absorción por su influencia en el estado de asimilación de nutriente, o en la cantidad del mismo disponible. Los casos más representativos de esta influencia son bloqueo o inhibición, precipitación recíproca y volatilización.

Interacciones iónicas. Los elementos nutritivos en estado de iones pueden ejercer los unos sobre los otros acciones que conducen a reducir o aumentar su absorción por la planta, mediante mecanismos no totalmente establecidos, de naturaleza físico-química, química o biológica. Estas interacciones se conocen respectivamente como antagonismos y sinergismos.

Se dice que hay antagonismo entre dos iones A y B cuando manteniéndose constante A, el otro B tiende a inhibir la absorción del primero si su concentración aumenta en el medio. El efecto llega a ser máximo cuando la concentración de B llega a ser mayor que la de A. Los principales antagonismos que se presentan en la nutrición de las plantas cultivadas se observan entre sodio/calcio, potasio/calcio, potasio/magnesio y calcio/magnesio.

El sinergismo se puede definir como la acción excitante que produce un elemento A sobre la absorción de otro B, contribuyendo ambos a favorecer o aumentar el desarrollo de la planta.

Factores que afectan el movimiento de nutrientes hasta la superficie de la raíz. (Barcello *et al*, 1988) menciona la presencia de un "mucigel" que se encuentra en la interfase suelo-raíz y que juega de papel de intercambiador de cationes entre las micelas del suelo y las cargas de la raíz. Por lo tanto, el tamaño del sistema radicular es uno de los factores para la captación de mayor cantidad de nutrientes. Otro factor es la necesidad de cada nutriente en cada fase fenológica, y, por último, el coeficiente de difusión de cada nutriente (López Ritas y López Melida, 1985).

Uno de los factores que gobiernan la disponibilidad de nutrientes es el pH del suelo, condiciones de extrema acidez ocasionarán deficiencias de cationes (Ca, Mg, K, Mo) y pueden crear condiciones para un exceso de Fe, Mn, Cu, Zn. (Mengel y Kirkby, 1978), contrariamente condiciones de

alcalinidad provocará la escasez de Fe, Mn, Cu, Zn y P (Tisdale y Nelson, 1977).

La Junta de Agricultura de Extremadura de España menciona algunos de los antagonismos y sinergismos más importantes (Palacios, 1995):

Antagonismo: N con B ó K

P con Zn ó Cu ó Fe ó K

K con B ó N ó Ca ó Mg

Sinergismo: N con Mg

P con Mg

K con Fe y Mn

El contenido de nutrientes varía con la edad de la planta, al inicio del período vegetativo hay una alta concentración de nutrientes en los tejidos, luego estos tienden a declinar con el aumento del crecimiento hasta la madurez, a excepción de algunos iones como el Ca^{++} que se acumula en hojas viejas. También hay diferencias marcadas de acumulación de nutrientes en los diversos órganos de la planta (Crocomo, 1965; Remolón, 1966; Moreno, 1982).

El aumento de la tasa de crecimiento así como de los procesos de fotosíntesis y mayor actividad metabólica, se incrementa la tasa de

absorción de nutrientes, tanto por el aumento del número de células como por el aumento de síntesis de carbohidratos y moléculas transportadoras, así como mayor superficie radicular de las plantas (Devlin, 1976).

El nitrógeno en el suelo. Bajo condiciones naturales, el nitrógeno del suelo no proviene de la degradación de la roca madre, el que se encuentra en el deriva de la atmósfera terrestre como resultado de los distintos procesos de fijación, fundamentalmente el de tipo biológico y de la descomposición de la materia orgánica, la cantidad de nitrógeno presente en los suelos está controlada especialmente; por las condiciones climáticas y la vegetación; el efecto de la temperatura y las condiciones de humedad (régimen de lluvias) que afecta el desarrollo de las plantas y los microorganismos del suelo, el nitrógeno en el suelo se encuentra en forma orgánica e inorgánica con el 95% del nitrógeno total en forma orgánica, este a su vez se presenta como protección, aminoácidos, aminoazucres y otros compuestos nitrogenados, el nitrógeno presente en el humus en forma orgánica se mineraliza en el suelo pasando primero a la forma amoniacal por la acción principal de bacterias aeróbicas, cuya acción se ve favorecida por un medio neutro alcalino (Fassbender, 1987).

Factores que afectan la asimilación del nitrógeno. Todo el nitrógeno contenido normalmente en el suelo está combinado con materia orgánica. La cantidad de nitrógeno orgánico que pueden aprovechar las plantas durante cualquier periodo, depende de la relación C:N y de la rapidez de la descomposición de la materia orgánica. Si la relación C:N es grande,

puede resultar una descomposición rápida, y sólo competirán por el nitrógeno soluble del suelo los microorganismos y las plantas del cultivo. Si la relación es estrecha la descomposición producirá el desprendimiento de compuestos amoniacales. En consecuencia, la cantidad total de nitrógeno o de materia orgánica en el suelo no es una guía segura para conocer la cantidad de nitrógeno asimilable, que pueda obtenerse durante cualquier ciclo agrícola. El nitrógeno total del suelo es, sin embargo, una medida de las reservas que pueden después utilizarse en los cultivos.

De ninguna manera es cierto que la mayor parte de l nitrógeno absorbido por las plantas tenga que estar en la forma de nitrato. La edad, el tipo de planta y las condiciones ambientales afectan la elección entre el amonio y el nitrato. La caña de azúcar y el algodón utilizan el nitrato mejor cuando están jóvenes, pero con la edad, la preferencia se invierte (Thorne y Peterson, 1985).

En todos los suelos, y de forma continua, existen considerables entradas y salidas de nitrógeno, acompañadas de muchas transformaciones complejas como (Navarro y Navarro, 2000):

Ganancia de nitrógeno por el suelo.

- a) Fijación del nitrógeno atmosférico por microorganismos que viven libremente en el suelo.

- b) Fijación de nitrógeno atmosférico por *Rhizobium* u otras bacterias simbióticas.
- c) Aportes por el agua de lluvia y nieve.
- d) Aportaciones de nitrógeno en fertilizantes, estiércol y plantas verdes.

Pérdidas de nitrógeno en el suelo.

- a) Desnitrificación, o reducción bioquímica de los nitratos bajo condiciones anaeróbicas.
- b) Reacciones químicas de los nitritos bajo condiciones aeróbicas.
- c) Pérdidas por volatilización del amoníaco, principalmente en suelos alcalinos, cálidos y húmedos.
- d) Lixiviación de los nitratos.
- e) Asimilación de los nitratos por las plantas superiores.
- f) Fijación del amonio por las arcillas con entramado en expansión y en suelos con alto contenido en materia orgánica.

Pérdidas de fósforo en los suelos. Las pérdidas que el fósforo puede experimentar en los suelos son (Navarro y Navarro, 2000):

Extracción por cultivos. La extracción de fósforo por los cultivos, según datos obtenidos a este respecto, suele oscilar, por término medio, entre 4 a 6 Kg/ha. La cantidad de 6 Kg/ha es aproximadamente el 0,4 % del contenido medio del fósforo en la capa arable de un suelo cultivado.

Pérdidas por lixiviación. La proporción de fósforo en la disolución del suelo está corrientemente comprendida entre 0,1 y 1mg/l. Por ello, las pérdidas de fósforo en los suelos por efecto de la lixiviación son sumamente bajas. Se requerirían por tanto miles de años para que estas pérdidas puedan tener significación.

Pérdidas por erosión. Aunque el fósforo sustraído por la erosión incluye una notable cantidad de compuestos relativamente no utilizables por las plantas, la cantidad de fósforo utilizable en el material erosionado suele ser notable. Esto se debe a que las partículas finas del suelo donde se encuentra el fósforo son levantadas más fácilmente que las partículas gruesas.

Pérdidas por volatilización. Bajo condiciones oxidantes, y a los valores medios de pH. De los suelos, el fósforo es estable como ortofosfato, y no se halla sujeto a pérdidas por volatilización. Sin embargo, bajo condiciones anaerobias, el fósforo puede desprenderse del suelo como fosfatina.

Factores que afectan la asimilación de los fosfato. En los suelos ricos en calcio de las regiones áridas, la solubilidad de los fosfatos es generalmente baja. La solubilidad de los fosfatos bajo tales condiciones, está controlada principalmente por el pH de suelo y por la concentración de calcio en la solución del suelo. La solubilidad generalmente baja del

fosfato en presencia del calcio soluble dentro de la variación alcalina del pH. Aunque la solubilidad de los fosfatos en agua es baja en los suelos calcáreos, las pruebas de campo indican beneficios residuales elevados y sugieren que mucho del fosfato añadido en los abonos pueden permanecer moderadamente aprovechable por las plantas varios años (Thorne y Peterson ,1985).

La cantidad total de fósforo contenida en los suelos es, por tanto, generalmente menor que el contenido de nitrógeno. Además, solamente una pequeña proporción del fósforo total del suelo es aprovechable por las plantas. A menudo la deficiencia de fósforo de los suelos no guarda relación con la cantidad total presente. Las relaciones que controlan la aprovechabilidad del fosfato son complejas, pero los principios generales que se relacionan con la explotación del suelo. El fósforo se presenta en el suelo y en las plantas en combinaciones de fosfatos (PO_4)⁻ El fosfato que predomina en los compuestos en el suelo depende de una variedad de condiciones físicas, químicas y biológicas. Las formas principales en las que se presenta el fosfato en el suelo incluyen las siguientes:

1. Compuestos simples y complejos con el calcio y el magnesio
2. Combinaciones orgánicas como la fitina.
3. Compuestos con el hierro y el aluminio.
4. Iones absorbidos sobre las partículas de arcilla

En los suelos ácidos, con un pH inferior a 5, predominan los compuestos de hierro y aluminio. Al aproximarse la reacción de los suelos a la neutralidad, los iones de calcio se hacen más abundantes en la solución del suelo, y se presentan fosfatos de calcio relacionados con $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Dentro de la variación ligeramente ácida, algunos fosfatos pueden estar adsorbidos sobre la superficie de las partículas de arcilla como un anión. Al aumentar el pH arriba de la neutralidad, y especialmente en los suelos calcáreos, se forman compuestos complejos de fosfato tricálcico, con hidróxido de calcio o con carbonato de calcio. Existen también algunas pruebas de que los fosfatos pueden adsorberse en la superficie de los cristales de calcita (Thorne y Peterson, 1985).

El potasio en el suelo. El contenido de potasio en los suelos es muy variable, puede ir desde algunos centenares de Kg/ha o más en suelos de textura gruesa formados a partir de piedra arenisca o cuarcita, hasta 50,000 Kg/ha o más en suelos de textura fina originadas por rocas ricas en minerales potásicos; en la solución suelo la concentración de K^+ es generalmente, de unas pocas partes por millón; los valores más frecuentes son 2 a 10 ppm aunque en ocasiones pueden encontrarse mas de 100 ppm. El potasio del suelo existe en tres formas denominadas: 1) fijado o relativamente no disponible, 2) lentamente disponible y 3) fácilmente disponible, la forma no disponible se halla en una proporción de 90 a 98% del potasio total en el suelo, la forma

lentamente disponible de 1 al 10% y la forma fácilmente disponible del 1 al 2% (Tisdale, 1991).

Aprovechabilidad del Potasio. El potasio se presenta en los suelos en las siguientes cuatro formas (1) como un elemento de algunos minerales primarios como los feldespatos, moscovita y biotita; (2) asociado con el complejo coloidal en formas fácilmente intercambiables; (3) asociado con los minerales arcillosos como potasio no reemplazable, como el que ésta dentro de la estructura de las partículas de arcilla; y (4) como sales solubles en el agua.

En el suelo, las formas principales de potasio que son fácilmente aprovechables por las plantas, son las sales solubles en el agua y el potasio absorbido en forma intercambiable en los coloides del suelo. La cantidad de potasio soluble que existe en la solución del suelo es insuficiente para satisfacer las exigencias de los cultivos en desarrollo, aun en los suelos muy fértiles. Algo del potasio intercambiable y aun del no intercambiable se disuelve gradualmente, sin embargo, para mantener un estado de equilibrio algo menos concentrado que las cantidades que se encuentran cuando el suelo no se cultiva. En la actualidad, la absorción directa del potasio de la arcilla y otros minerales por intercambio de contacto, se considera más importante que la alimentación de la solución del suelo.

Las cantidades de reserva de potasio en el suelo están principalmente en los silicatos de los minerales como la moscovita, biotita, ortoclasa y microclinia y dentro de la estructura interna de la illita del grupo de las micas hidratadas de los minerales de la arcilla (Reitemeier, 1951): Los suelos áridos frecuentemente contienen cantidades relativamente grandes de potasio en estos minerales. Estos minerales se intemperizan gradualmente dejando en libertad potasio, para reponer el potasio soluble más fácilmente aprovechable. Las cantidades de reserva del potasio en los minerales del suelo adquieren mucha importancia entonces para mantener las existencias de potasio aprovechable (Thorne y Peterson, 1985).

Pérdidas del potasio en el suelo. Las pérdidas que el potasio puede presentar en el suelo son (Navarro y Navarro, 2000):

Lixiviación. En determinadas situaciones del suelo, gran cantidad de potasio puede perderse por lixiviación, en los suelos arcillosos, las pérdidas de potasio son por lo general pequeñas, el suelo arcilloso tiene una capacidad de cambio mucho mayor que el suelo arenoso, y por lo tanto es capaz de retener una cantidad mucho mayor de potasio.

Extracción por el cultivo. Una segunda pérdida de potasio en el suelo es su absorción por la planta. En suelos con una reserva en

potasio adecuada, la extracción por el cultivo suele ser tres a cuatro veces la del fósforo y similar a la del nitrógeno.

Erosión. Altas cantidades de potasio pueden perderse de los suelos por efecto de la erosión. En algunos suelos de EEUU, se ha alcanzado pérdidas anuales de hasta 158 Kg/ha. La separación selectiva de finas partículas durante la erosión reduce selectivamente la porción de suelo superficial que es la mas importante para suministrar potasio a la planta.

Calcio. El calcio es un elemento considerado dentro de los esenciales para el desarrollo normal de los cultivos agrícolas, además es importante por la extracción en cantidades relativamente grandes por las plantas (Gros, 1981).

Las fuentes principales de calcio en los suelos son: El calcio intercambiable en el complejo coloidal, el carbonato de calcio que frecuentemente presenta una acumulación máxima en alguna zona del perfil del suelo, el silicato de calcio en los fragmentos de roca y el yeso, que es algo menos frecuente que el carbonato de calcio en el suelo, pero con frecuencia existe en los suelos desérticos que tienen un drenaje deficiente. El calcio es también un componente común de las sales solubles que se presentan en muchas zonas. Lo absorben las plantas como ión divalente, que se hace soluble principalmente por la actividad de bióxido de carbono en el suelo, formando ácido carbónico

que tiene un efecto solubilizante sobre el carbonato de calcio, o el ácido carbónico puede ayudar a reemplazar el calcio del complejo coloidal (Thorne y Peterson, 1985).

Pérdidas de calcio en el suelo. El calcio en los suelos se pierde de tres maneras: Lixiviación, Absorción por la planta y erosión. Las rocas y minerales contienen cantidades considerables de calcio meteorizado que puede perderse rápidamente en climas húmedos, La gran variación de la composición de suelos y de los diferentes horizontes de los perfiles, y de las prácticas de cultivo y condiciones climáticas, hace sin embargo muy difícil cualquier generalización respecto de la cantidad de calcio perdido en las aguas de drenaje. Aunque es evidente que la pérdida es grande, como valor medio aproximado, estas pérdidas en suelos ácidos puede situarse entre 150 y 200 Kg/ha año, expresando en términos de CaO. En lo que respecta a las pérdidas por erosión no pueden hacerse una generalización. En algunos casos pueden exceder fácilmente a la extracción por el cultivo (Navarro y Navarro, 2000).

Magnesio. El interés del magnesio como elemento mayor y esencial para el desarrollo de los cultivos en la agricultura moderna, esta dado por las grandes extracciones de este elemento por los cultivos, en los suelos el magnesio es mucho menos abundante que el calcio, y su deficiencia es más frecuente en plantas que se cultivan en suelos arenosos y algo ácidos. Las plantas absorben en magnesio del suelo en forma de catión inorgánico (Mg^{++}), y en su interior se le puede encontrar

como elemento estructural de la célula o como cofactor enzimático (Gros, 1981).

El magnesio se presenta muy asociado con el calcio. El carbonato de magnesio generalmente se encuentra mezclado con el carbonato de calcio en la cal del suelo. También existe magnesio en el complejo coloidal y es una parte de las sales solubles de los suelos salinos. Se absorbe de una manera similar al calcio como ión presente en cantidades amplias. Algunos suelos áridos que contienen proporciones elevadas de magnesio intercambiable, se ha reportado que tienen la misma estructura desfavorable y características de los suelos muy ricos en sodio (Thorne y Peterson, 1985).

Pérdidas de magnesio en los suelos. En general, las pérdidas de magnesio en el suelo son las mismas que las del calcio. En orden de mayor importancia: lixiviación, erosión y extracción por cultivos. Las pérdidas por lixiviación pueden alcanzar 50-100 Kg/ha año como óxido magnésico. La pérdida por erosión pueden, en algunos casos, exceder a las extracciones por cultivos, pero es difícil dar datos concretos. En determinadas regiones pueden sobrepasar los 100 Kg/ha año de óxido magnésico (Navarro y Navarro, 2000).

Sodio. Durante gran parte del siglo pasado, el sodio fue considerado como un elemento esencial para la vida vegetal. Pero ya en 1860, esta creencia fue desechada, aceptándose como un simple estimulante o un

parcial sustituto del potasio. El sodio es muy lixiviable, y es llevado al mar por el agua de los ríos. De allí pueden retornar al suelo principalmente de las zonas costeras, por acción del viento. Los suelos salinos contienen una concentración relativamente alta, compuesta principalmente de cloruros, sulfatos y en lagunas ocasiones, nitratos (Navarro y Navarro, 2000).

Para el elemento sodio, la mayor extracción de la parte subterránea podría estar vinculada a la relación que existe entre el sodio y el potasio (el potasio puede ser parcialmente reemplazado por el sodio), como sabemos el desarrollo de los tubérculos exige abundante potasio y que en el caso del camote puede haber sido aprovechado el sodio para esta función (Cobian, 1973).

Extracción de nutrientes. Los nutrientes extraídos por una cosecha, varían principalmente con el rendimiento obtenido, la fertilidad del suelo y la especie o variedad involucrada.

La extracción total en la cosecha, ya sea del producto comercial los residuos de cosecha, son los índices valiosos para reponer al suelo, parte de sus nutrientes removidos; aquí se debe considerar las otras vías de pérdidas de nutrientes, como son la lixiviación, erosión, volatilización, entre otros, para evitar el empobrecimiento gradual del recurso suelo (Remolón, 1966).

La maca es considerada como un cultivo altamente extractor de los nutrientes del suelo. En el caso del agro sistema, se nota disminución en los contenidos de nitrógeno y conductividad eléctrica, ello posiblemente se debe al tipo de suelo, el cual permite mayor infiltración del agua y por consiguiente el lixiviado de los nutrientes del suelo así como a la alta solubilidad que tienen estos componentes. Sin embargo, es necesario continuar estas evaluaciones con la finalidad de encontrar patrones de comportamiento que pueden ser generalizables, no sólo desde el punto de vista de los macro nutrientes sino también los macro nutrientes, debido a los altos contenidos de sales minerales: calcio, fósforo, hierro (PIWA, 1998).

Al realizar estudios en los suelos de la costa, la influencia de la fertilidad del suelo sobre la absorción de nutrientes por el cultivo de papa, se observa una relación directa entre la materia seca formada y la fertilidad del suelo; así mismo el contenido porcentual de nutrientes en los tejidos, refleja el nivel de abonamiento usado. Además, indica que la máxima acumulación de N, Ca^{++} y Mg^{++} . Se alcanza a los 137 días de la siembra, mientras que el P_2O_5 y K_2O se acumula hasta el final del ciclo vegetativo (Ezeta, 1970).

Los análisis de las plantas se realizan con tres propósitos: 1) Para identificar problemas nutricionales y cuantificar su corrección por medio del establecimiento de los niveles críticos; 2) para comparar niveles de absorción de nutrimentos, como clave para el uso de fertilizantes, y 3)

para revisar la nutrición de cultivos perennes. Además, los análisis de tejidos pueden ser usado para reconocer interacciones de sinergismo y antagonismo, localización de áreas de terreno que presenten deficiencias, la evaluación indirecta de funciones de nutrientes minerales en la planta, y calibración de métodos de análisis, entre otros. Finalmente, el análisis de plantas, complementado por el análisis de suelos, sirve para reponer lo extraído del suelo a través de las cosechas y otros medios, a fin de mantener la fertilidad y productividad del mismo (Sánchez, 1981).

Algunos estudios realizados en otra latitudes, evaluaron la influencia de la fertilización N-P-K, sobre el rendimiento de materia seca, contenido de nutrientes y la relación entre el rendimiento de grano y la composición química del mismo; y concluyeron, que hubo marcada respuesta al rendimiento de grano y broza a la fertilización y se encontró mayor concentración de nutrientes N-P-K en las parcelas fertilizadas; sin embargo los contenidos de Ca^{++} y Mg^{++} tanto en granos como en broza, disminuirán, y explican que, probablemente sigan las leyes de equivalencia de cationes dentro de la planta; en cuanto a las interacciones, observaron un efecto sinérgico entre N y K, antagónico al existente entre Ca y Mg. Las concentraciones de NPK Ca y Mg en tejidos foliares, fueron significativamente mayores en el periodo de 5 a 10 semanas de la siembra (Bhangoo, 1971).

F) Propiedades químicas del suelo.

En el agua del suelo se encuentran generalmente sales minerales en estado de *disolución*, es decir que están compuestas en dos partes, o sea en dos *iones*. Uno de ellos posee una o más cargas eléctricas positivas y se llama *catión*.

Si tomamos como ejemplo el cloruro potásico (ClK), éste se disocia o descompone en un anión Cl^- y un catión K^+ . El nitrato de cal $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$. Se disocia o descompone en dos aniones NO_3^- y un catión Ca^{++} . En las soluciones del suelo se encuentran simultáneamente aniones y cationes que provienen de la disociación de las sales solubles. Recordemos que los cationes (a excepción del hidrógeno) equivalen a la parte básica de las sales; en cambio, los aniones corresponden a la parte ácida. De la dominancia o equilibrio que en un suelo exista de sus iones, la reacción química de éste podrá ser ácida, básica o neutra, con toda la serie de propiedades que dichos iones son capaces de imprimirle. Por tanto, el conocimiento *a priori* de la reacción del suelo tiene una verdadera importancia no sólo para la fertilidad del mismo, sino también para la adecuada elección de los cultivos y para la determinación de los fertilizantes idóneos. Tanto la excesiva acidez como la alcalinidad acusada de los suelos son causa directa de su esterilidad por cuanto los abonos no actúan bien ni las plantas vegetan normalmente, llegando en los casos extremos a la imposibilidad de producción (Martínez y Tico, 1974).

El complejo arcilloso-húmico. Las partículas minerales más finas del suelo (con diámetro menor a 0,002 mm) constituyen la fracción conocida o denominada "arcilla". Este enjambre de cationes que acompaña a la partícula coloidal arcillosa en su movimiento está integrado por H^+ o por cationes metálicos, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ principalmente, y en menor proporción por NH_4^+ , Mn^{2+} , Cu^{2+} y Zn^{2+} . Todos ellos llamados "de cambio", ya que pueden participar en un proceso de cambio reversible con cationes que se encuentran en la disolución del suelo (Navarro y Navarro, 2000).

Podríamos esquematizar el complejo arcilloso-húmico comparándolo con una bola de musgo esponjoso de color pardo oscuro, sobre cuya superficie se distinguen manchas de diferentes colores, correspondientes a los distintos iones fijados. Efectivamente, el complejo arcilloso-húmico, por poseer una carga eléctrica negativa, solamente retiene los cationes, que son, como sabemos, de carga positiva. Entre los iones fijados, es el hidrógeno el que con mayor fuerza resulta retenido; a continuación siguen los microelementos, después el calcio, el magnesio, el amoníaco, el potasio, etc., y por último el sodio, a su poder de floculación; el complejo arcilloso-húmico es poderosamente coagulable, como veremos seguidamente, y a la inversa; el sodio puede en ciertas circunstancias favorecer la dispersión de dicho complejo.

En la mayor parte de los suelos, el catión que resulta mejor retenido por el poder absorbente es el Ca^{++} , siguiéndole a continuación al Mg^{++} , K^+ , Na^+ y NH_4^+ . Por el contrario ningún anión es absorbido por el complejo, a

excepción de PO_4^{--} , el cual debe este beneficio al puente formado por los cationes de calcio (Martínez y Tico, 1974).

La reacción del suelo o su pH. Los cationes minerales, el complejo arcilloso-húmico puede fijar, como hemos visto, iones de hidrógeno H^+ . La presencia de mayor o menor cantidad de iones H^+ determina la reacción más o menos ácida del suelo que se mide por el pH. El grado de acidez de un suelo se refleja en la concentración de iones hidrógeno existentes en sus suspensiones acuosas. Una disolución acuosa diluida en un ácido se caracteriza por la presencia de iones hidrógeno que tienen su origen en la disociación electrolítica del ácido.

En suelo no saturado, en presencia de agua, se comporta como un ácido débil, liberador de iones hidrógeno, por tanto, la concentración de iones hidrógeno de una suspensión acuosa de suelo en un índice de la intensidad de su acidez. Ésta se expresa comúnmente por su pH, el cual se define con el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno, cambiado de signo. En el agua y en los líquidos neutros, el número de iones H es igual al de los iones OH; por tanto pH es igual al $\text{P}(\text{OH})=7$. Las soluciones ácidas contienen más hidrófilos que oxhidrilos. El pH de ellas será menor que 7 y, por tanto, menor cuanto más ácidas sean. En cambio, las soluciones alcalinas tienen más oxhidrilos que hidrófilos. Los valores $\text{pH}=0$ y $\text{pH}=14$ corresponden a la máxima acidez y máxima alcalinidad respectivamente (Martínez y Tico, 1974).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

MATERIA ORGANICA.- Esta formado por todos los restos de plantas (tallos hojas y frutos), animales (estiércol, plumas y cuerpos de microorganismos) y microorganismos (hongos, bacterias, algas y protozoos) que se encuentran sobre el suelo o enterrados en este, en todos los estados en descomposición.

INTERCAMBIO CATIONICO.- El suelo está constituido por pequeñas partículas que poseen carga eléctrica negativa y al rededor de esta se forman verdaderos enjambres de elementos químicos (nutrientes para las plantas), con cargas eléctricas generalmente opuestas que se atraen. La capacidad el intercambio cationico le permite al suelo retener e intercambiar esos elementos, lo cual evita que se pierdan y así mantener la fertilidad.

ANALISIS DE SUELO.- Con el análisis de suelo se conocen las características físicas, químicas y por ende el grado de fertilidad de un año a otro, teniendo en cuenta la extracción de nutrientes en cada cosecha.

CICLO VEGETATIVO O CICLO VITAL.- Se denomina al periodo que dura la vida de cualquier especie, es decir, desde el momento que nace hasta que muere.

ABSORCION DE NUTRIENTES.- Es la entrada de sustancias en las células o tejidos por cualquier mecanismo. Dicho movimiento puede realizarse por transporte activo con gasto de energía metabólica, por transporte pasivo según gradiente de concentración y diferencias del potencial electroquímico.

ANTAGONISMO.- existe entre dos iones A y B cuando manteniendo constante A, el otro B tiene efecto de frenar cada vez más la absorción del primero. Si su concentración se incrementa en el medio.

SINERGISMO.- cuando el incremento de un ion favorece la absorción del otro ion.

PERDIDA DE NUTRIENTES.- Se refiere a que en la instalación del cultivo se genera alta extracción de los principales nutrientes del suelo, como consecuencia empobrecimiento del mismo.

FASE REPRODUCTIVA.- periodo en el que la planta de maca produce semilla sexual o botánica.

FASE VEGETATIVA.- periodo en el que se producen los hipocotilos, comúnmente llamados macas.

HIPOCOTILO.- Parte subterránea y ensanchada del cultivo, conocida comúnmente como maca y constituye la parte comestible. Es la parte del eje caulinar que se halla debajo de la inserción de los cotiledones.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. FASE DE CAMPO.

3.1.1. Ubicación del Campo Experimental.

El trabajo experimental se realizó en el Centro de Investigación y Producción Salcedo INIA Puno, cuya ubicación geográfica es:

Latitud sur : 15° 53' 15"

Longitud oeste: 70° 00' 35"

Altitud : 3820 msnm.

3.1.2. Suelo Experimental.

En el experimento se utilizó tres suelos:

a) Serie Titicaca-Illpa:

Ubicación geográfica: ILLPA.

Latitud sur	: 15° 42' 30"
Longitud oeste	: 70° 40' 50"
Altitud	: 3815 msnm

Ubicación Política

Región	: Puno
Provincia	: Puno
Distrito	: Paucarcolla.
Lugar	: Illpa.

Características: Grupo de origen dominante: lacustre y aluvio local, posición geográfica: planicie, topografía dominante: casi a nivel (0-2%), material madre: arenas y arcillas, profundidad efectiva promedio del suelo: 70 cm., drenaje dominante: imperfectamente drenado, permeabilidad: moderadamente lenta a lenta, susceptibilidad a la erosión: nula, contenido de materia orgánica: provisto, Reacción de suelo pH: medianamente ácido, Reacción de subsuelo pH: medianamente ácido: fuertemente alcalino, textura dominante del suelo: franco arenoso, textura dominante del subsuelo: franco arcillo arenoso (ONERN, 1965).

b) Serie Quimsachata:***Ubicación geográfica: QUIMSACHATA.***

Latitud Sur : 15° 04' 00"
 Longitud Oeste : 70° 18' 00"
 Altitud : 4300 msnm

Ubicación política

Región : Puno
 Provincia : Lampa
 Distrito : Santa Lucia.
 Lugar : Quimsachata.

Características: No existe estudios al respecto, sin embargo por la similitud de la altitud según PRODASA, (1997) se considera en la Zona Agro ecológica de Puna (Subtipo climático D) o "Puna Seca" con características de sin aptitud agrícola por las temperaturas mínimas extremas, supera altitudes de 4100 msnm. ubicada en el flanco occidental de los Andes y a mas de 80 km. del Lago Titicaca, cuya humedad ambiental es baja (60%) y por lo tanto las precipitaciones estacionarias son reducidas.

c) Serie Crucero.***Ubicación geográfica: Crucero.***

Latitud sur : 14° 21' 25"
 Longitud Oeste : 70° 01' 18"
 Altitud : 4124 msnm

Ubicación Política:

Región	: Puno
Provincia	: Carabaya
Distrito	: Crucero
Lugar	: Fundo: Pampa Crucero (familia Cáceres)

Características: No existe estudios al respecto, sin embargo por la similitud de la altitud según PRODASA, (1997) se considera en la Zona Agro ecológica de Puna (Subtipo climático D) o "Puna Húmeda" ubicada en la cordillera oriental de los Andes, tiene influencia de la evapotranspiración de la cuenca amazónica y las precipitaciones pluviales son mayores que en la puna seca, cuyas principales explotaciones son de ovinos y alpacas, donde en las laderas puede producirse cebada y papa amarga.

3.1.3. Características del Campo Experimental.

Se utilizó las instalaciones del Centro de Investigación y Producción Salcedo INIA Puno, con un área de 12 x 6 m. de superficie plana y al aire libre.

Elección de muestras de suelo. Las muestras de suelo se tomaron de terrenos descansados por varios años haciendo una limpieza de la cubierta vegetal con un pico y una pala, para luego extraer la tierra de unos 30 a 40 centímetros de profundidad en una cantidad de 100 kilos de cada lugar; luego se realizó la preparación adecuada del mismo, incluido las labores de mullido y secado en sombra por espacio de tres días.

Macetas. Las muestras de suelos se trasladó a las macetas de polietileno de color negro, con dimensiones de 20 cm. de diámetro por 35 cm. de largo, con orificios en la base para drenaje, según croquis de distribución de macetas en el campo experimental (apéndice, gráfico 11).

Diseño experimental. Para el trabajo se ha utilizado el Diseño Bloque Completo al Azar con un arreglo factorial de 3 x 3 (6) cuyo modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

$i = 1, \dots, 3$ (Niveles del factor A, Series de suelos)

$j = 1, \dots, 3$ (Niveles del factor B, fases fenológicas)

$k = 1, \dots, 6$ (bloques)

Donde:

Y_{ijk} \equiv Variable respuesta del k-esimo bloque bajo el j-esimo nivel del factor B (fases fonológicas), sujeto al i-esimo nivel de tratamiento A (series de suelos).

μ = constante, media de la población a la cual pertenece las observaciones

ρ_k = efecto del k-esimo bloque

α_i = efecto del i-esimo nivel del factor A (series de suelos)

β_j = efecto del j-esimo nivel del factor B (fases fonológicas)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción del i-esimo nivel del factor A (series de suelos), en el j-esimo nivel del factor B (fases fenológicas).

e_{ijk} = efecto del error experimental

Así mismo se hizo uso de comparaciones múltiples bajo la prueba de Duncan con una probabilidad de ($P \leq 0,01$) y ($P \leq 0,05$)

VARIABLES DE RESPUESTA.

Nitrógeno total del suelo (%).

Fósforo disponible (ppm).

Potasio disponible (ppm).

Cationes cambiabiles (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+) en meq/100 g.de suelo

Observaciones realizadas. Se ha hecho observación de las temperaturas máximas y mínimas, precipitación pluvial y daños por plagas y enfermedades.

Tabla 2.

Precipitación promedio mensual (mm) y Temperatura promedio mensual ($^{\circ}C$) del lugar experimental.

Mes	Máxima	Mínima	Media	Precip.
NOV. 2005	18,5	0,9	9,7	49,0
DIC. 2005	14,7	1,4	8,5	141,3
ENE. 2006	13,9	0,8	7,3	262,3
FEB. 2006	17,3	1,3	9,3	81,4
MAR. 2006	17,6	3,0	10,3	149,0
ABR. 2006	16,8	2,0	9,4	48,7
MAY. 2006	16,2	-3,4	6,4	2,5
JUN. 2006	16,0	-4,0	6,0	0,0

FUENTE: Estación meteorológica CIP Salcedo INIA.

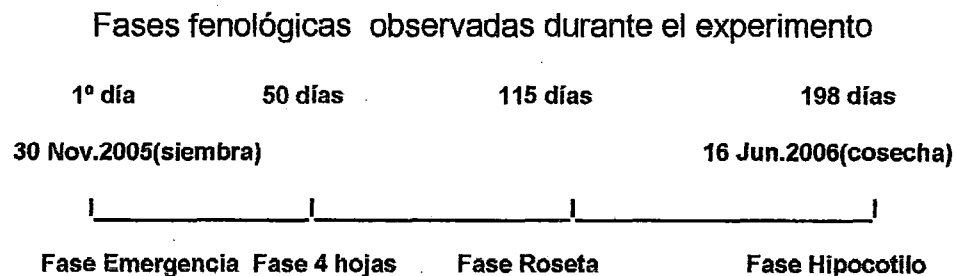
Daño por plagas y enfermedades. Durante el proceso de investigación no se presentó plagas de importancia que haya sido perjudicial, a excepción de los áfidos (pulgonos) en la fase de emergencia, disminuyendo posteriormente.

Como enfermedad se ha presentado el *Oidium sp* lo cual no ha sido significativo.

Observaciones fenológicas.

Germinación y emergencia:	0 a 30 días
Ramificación foliar (4 hojas):	31 a 50 días
Formación de Roseta: o Floración:	51 a 115 días
Llenado de la raíz o fase de hipocotilo:	116 a 198 días

Gráfico 3.



3.1.4. Procedimiento.

Selección de semilla botánica de maca. Se seleccionó semilla botánica de maca tomando las siguientes características: buena constitución y madurez fisiológica, tamaño y color uniforme, sanidad, poder germinativo mayor a 90 %.

Siembra. La siembra se realizó en macetas con cinco kg. de suelo, cuatro semillas por maceta dejándose finalmente una sola planta. La profundidad de siembra fue 1,5 cm. con riego inicial se llevó a capacidad de campo con 1200 ml por maceta.

Riegos. Se utilizó agua de lluvia, agua desmineralizada y a falta de estas, agua potabilizada, con una frecuencia de riego cada dos días.

Labores culturales. Se realizó los respectivos deshierbos teniendo el cuidado de no dañar las hojas.

Cosecha. A los 6 meses y 16 días se inició la cosecha de las plantas (hipocotilos), en esta fase se realizó el muestreo final del suelo para su respectivo análisis y además se hizo el pesado de los hipocotilos por cada plantita, en el suelo de Illpa cada hipocotilo llegó a pesar en un promedio de 60 gramos, y en los suelos de Quimsachata y Crucero fueron más bajos en un promedio de 50 y 40 gramos respectivamente y en hipocotilos frescos de cada maceta.

Para calcular el rendimiento por hectárea, se considero la cantidad de plantas de maca por metro cuadrado, que fue de 16 plantas y luego se consideró el peso promedio de un hipocotilo representativo de los tres suelos en estudio.

Llegando a lo siguiente:

En suelo de Illpa un rendimiento de promedio de : 9600 Kg/ha.

En suelo de Quimsachata un rendimiento promedio de : 8000 Kg/ha y

En suelo de Crucero un rendimiento promedio de : 6400 Kg/ha.

3.2 FASE DE LABORATORIO

- a) **Muestreo de suelos.** Se tomó muestras de cada serie antes de la siembra, luego se ha homogenizado con el fin de obtener una muestra representativa para el análisis de fertilidad en laboratorio. La toma de muestras para los análisis intermedios y final, se realizó de forma similar al muestreo inicial, con la diferencia de que las muestras se tomaron alrededor de la raíz por cada tratamiento, luego se enviaron al laboratorio para el análisis de fertilidad.
- b) **Análisis inicial del suelo.** Para determinar el estado de fertilidad inicial del suelo antes de la siembra, se realizó el análisis de caracterización utilizando el método de Análisis Recomendado para los suelos chilenos (2000), por Angélica Sadzawka R.; Renato Grez Z.; María de la Luz Mora G.; Norma Saavedra R.; María Adriana Carrasco R. ; y Carlos Rojas W. (CNA) de la Comisión de Normalización y Acreditación de laboratorios para los análisis de suelos y de tejidos vegetales, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo (1997), cuya metodología determina los siguientes parámetros:

ELEMENTOS	METODOS
pH.	Potenciómetro
Textura.	Bouyoucus
Materia orgánica.	Walkley y Black
Nitrógeno total.	Microkjeldahl
Fósforo disponible.	Olsen modificad
Potasio disponible.	Fotometría de llama

CATIONES INTERCAMBIABLES

Ca ⁺⁺	Volumetría (EDTA)
Mg ⁺⁺	Volumetría (EDTA)
K ⁺	Fotometría de llam
Na ⁺	Fotometría de llama

c) **Análisis intermedio y final del suelo.** El análisis intermedio se realizó en la fase fenológica de cuatro hojas (50 días), fase de roseta (115 días) y el final en la fase de hipocótilos (198 días), al momento de la cosecha. El procedimiento de dichos análisis fue similar al análisis inicial, los resultados correspondientes, fueron referidos a los indicadores de las variables de respuesta (Nitrógeno total, Fósforo disponible, Potasio disponible, y Cationes cambiabiles). En base a los resultados de los análisis, se calculó por diferencia, las pérdidas de nutrientes del suelo en estudio.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. VARIACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL.

Los suelos en estudio fueron de textura franca con un pH. variable de 5,95 a 6,10, lo cual se considera ideal para el crecimiento de la mayoría de las plantas (Flores y Bryant , 1990).

El contenido de nitrógeno del suelo (0,12%) en Illpa y (0,13 %) en suelos de Quimsachata y Crucero, no han sufrido mucho cambio o diferencia con respecto al nivel inicial hasta la fase de roseta de la maca, por cuanto los tres suelos muestran al análisis un contenido de 0,12% a 0,13 % (cuadro 1) lo cual se considera como un nivel medio; sin embargo a partir de la fase de roseta hay variación de este nutriente.

El análisis estadístico muestra que entre suelos y fases fenológicas y la interacción hay una diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$) (Apéndice,

cuadro 8), lo cual indica que el movimiento del nitrógeno en el suelo tiene relación directa con la fase fenológica de la planta.

En este sentido el nitrógeno del suelo de acuerdo con el resultado del cuadro 3 no son movilizados por la planta en cantidad considerable hasta la segunda fase fenológica, recién y en forma significativa son movilizados por las plantitas de maca a partir de la tercera fase fenológica, cuando la maca tiene el hipocotilo visible (Raíz tuberosa formada), que sucede aproximadamente a los 115 días después de la siembra, al parecer durante el proceso de germinación y parte del crecimiento la maca se mantiene con el nitrógeno que le provee el embrión de la semilla y a partir de los 115 días aproximadamente comienza a extraer el nitrógeno del suelo cuando ya tiene la raíz desarrollado porque en ésta fase el nitrógeno del suelo disminuye en un promedio de 0,12 % a 0,08 % perdiendo 0,04 %, lo cual es altamente significativo.

La utilización del nitrógeno del suelo por parte de la planta de maca es un fenómeno natural, puesto que no ha existido aporte de abono nitrogenado en la siembra, por lo tanto, las reservas de nitrógeno del suelo han disminuido en su nivel, a favor de la planta. En el estudio la planta movilizó nitrógeno a partir de la fase de roseta (4 Hojas) hasta la formación de los hipocótilos; sin embargo en los suelos en estudio se movilizaron 864; 1760 y 2000 Kg/ha. de nitrógeno en suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente, lo cual se considera como pérdida por el suelo y asimilación por las plantas de maca y como consecuencia en el rendimiento de los hipocotilos al final de la cosecha caso Crucero y Quimsachata (apéndice, cuadro 32).

Al respecto Navarro y Navarro (2000), afirman que el nitrógeno es eliminado del suelo por efecto de las cosechas, desnitrificación, descomposición de nitritos, volatilización del amoníaco, lixiviación de los nitritos y fijación del amonio por las arcillas y la materia orgánica. En cuanto a la extracción del nitrógeno por los cultivos, dichos autores refieren que no se pueden dar datos concretos de pérdidas de nitrógeno por el suelo, porque existen grandes variaciones debidas a las condiciones climáticas, naturaleza de la planta, características del suelo, pH, etc y por los rendimientos que dan las cosechas; sin embargo en cultivos intensivos oscila entre 50 a 250 Kg/ha año, por lo que las cantidades disminuidas en los suelos en estudio se pueden asumir que en ella han influido muchos factores citados anteriormente.

De acuerdo a este comportamiento observado se podría decir que las plantas de maca, no necesitaría mucho abono nitrogenado en los primeros 115 días de crecimiento, sino que a partir de ese periodo sería necesario proveerles para fortalecer e incentivar el desarrollo foliar y la raíz a través de la formación de un buen follaje para que haya una fotosíntesis eficaz.

Cuadro 1.

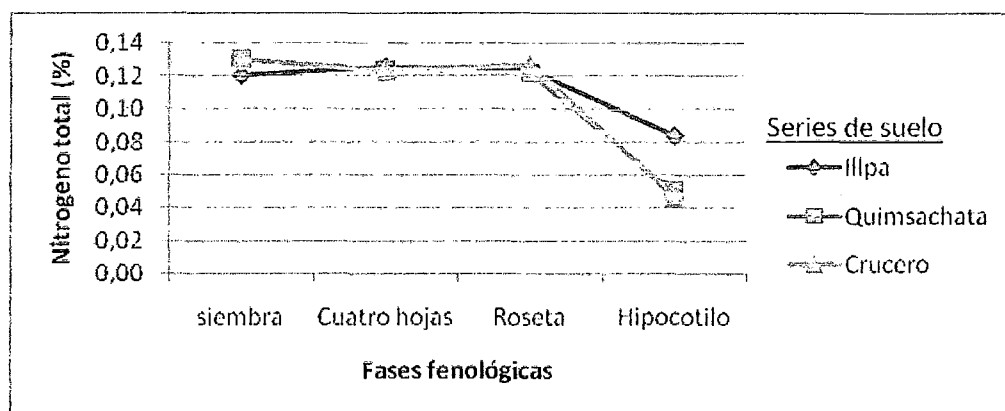
Promedio de los niveles de nitrógeno Total (%) para diferentes suelos y fases fenológicas de maca. Puno 2008

Suelos	Antes de la Siembra	Fases fenológicas		
		Cuatro hojas	Roseta	Hipocotilo
Illpa	0,12	0,13	0,12	0,08
Quimsachata	0,13	0,12	0,12	0,05
Crucero	0,13	0,12	0,13	0,05

Fuente: Análisis de caracterización laboratorio – Salcedo - INIA.

Gráfico 4.

Variación promedio de nitrógeno total en % para diferentes suelos y fases fenológicas de maca. Puno 2008



Fuente: Elaborado por los ejecutores

4.2. VARIACIÓN DEL FÓSFORO.

Este elemento nutritivo en el análisis inicial de los series de suelos de Illpa y Quimsachata tienen promedios de 18,00 y 17,5 ppm (nivel alto) y 1,50 ppm. en Crucero (nivel bajo).

El análisis estadístico muestra que entre suelos, fases fenológicas y la interacción, existe una diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$). (Apéndice, cuadro 12) lo cual nos indica que este elemento está en relación directa con la fase fenológica y el suelo. El movimiento de este elemento en el suelo sí ha sufrido cambios sustanciales y significativos de acuerdo con las fases fenológicas de la maca, suelo y sus interacciones ($P \leq 0,01$) lo cual nos indica que el movimiento de este elemento, está en relación directa con la fase fenológica y el suelo.

En este sentido la variación del fósforo en el suelo es evidente, es así que en Illpa de textura franco limoso, con pH de 6,1; y 18,00 ppm de fósforo antes de la siembra (38,88 Kg/ha) baja a 6,67 ppm (14,41 Kg/ha) cuando la planta tiene formado el hipocotilo perdiendo el suelo 62,94 %; lo que hace que la planta haya movilizado 24,46 Kg/ha de fósforo asimilable. En Quimsachata con un pH de 5,95 y 17,5 ppm de fósforo (38,5 Kg/ha) antes de la siembra, disminuye a 4,29 ppm. (9,44 Kg/ha) en la fase de formación del hipocotilo, disminuye en 75,49 %; lo que hace una variación de 29,07 Kg/ha de fósforo. En Crucero de textura franco-arenoso con pH de 6,00 y 1,50 ppm de fósforo (3,75 Kg/ha) antes de la siembra disminuye a 1,03 ppm. (2,55 Kg/ha) en la fase de hipocotilo (198 días después de la siembra), disminuye en 31,33 % en el suelo lo que hace que hubo una variación de 1,18 Kg/ha de fósforo y como consecuencia podemos decir que Illpa y Quimsachata obtuvieron mejores rendimientos al final de la cosecha, en comparación con el suelos de Crucero. (Apéndice, cuadro 33).

Este comportamiento del fósforo durante los 198 días de crecimiento, nos permite afirmar que la extracción de éste macroelemento por parte de la planta de maca esta en relación directa a la disponibilidad de fósforo en el suelo, a mayor concentración de fósforo en el suelo, mayor cantidad movilizada; sin embargo las relaciones que controlan la aprovechabilidad del fósforo son complejas, el fósforo que predomina en los compuestos del suelo, depende de una gran variedad de condiciones físicas, químicas y biológicas (Thorne y Peterson, 1985). Y si consideramos que la fuente principal de fosforo para las plantas es en la forma de fosfato dicálcico, las solubilidad relativamente baja de este compuesto asegura a la planta una provisión satisfactoria de fósforo y los numerosos ácidos orgánicos del suelo, las diversas sales amoniacas, ciertos constituyentes húmicos y la actividad de los microbios, los hacen más solubles aun (Teuscher y Adler, 1965).

Cuadro 2.

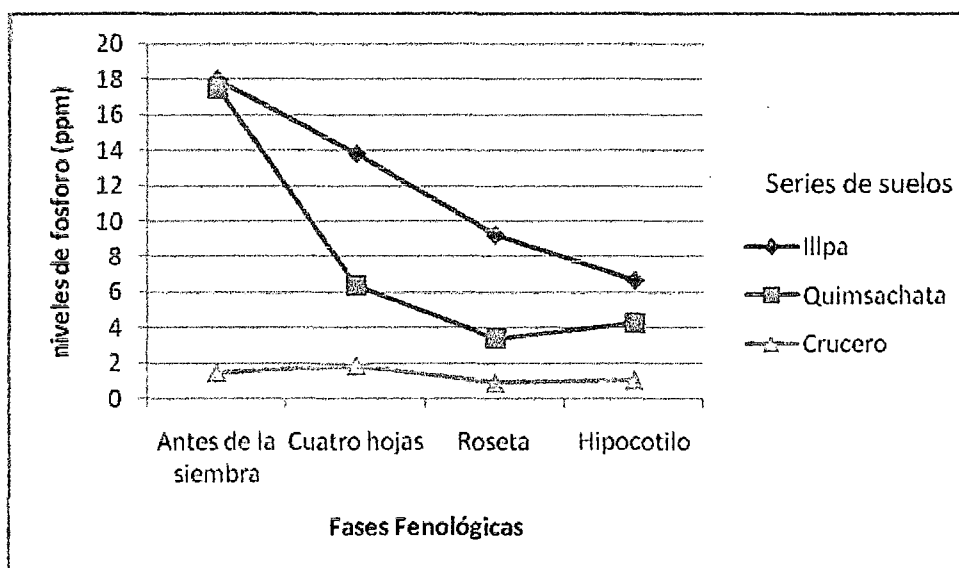
Promedios de los niveles de Fósforo (ppm) según suelos y fases fenológicas de maca-Puno 2008

Suelos	Antes de la Siembra	Fases fenológicas		
		Cuatro hojas	Roseta	Hipocotilo
Illpa	18,0	13,82	9,25	6,68
Quimsachata	17,50	6,42	3,41	4,29
Crucero	1,50	1,88	0,90	1,03

Fuente: Análisis de caracterización laboratorio – Salcedo – INIA.

Gráfico 5.

Variación promedio del Fósforo (ppm) según suelos y fases fenológicas de maca Puno 2008.



Fuente: Elaborado por los ejecutores.

Considerando que la reacción del suelo más favorable para la asimilación del fósforo por las plantas es entre pH, de 6,0 a 7,5 (Teuscher. y Adler, 1965), se aprecia que se movilizó más fósforo en los suelos de Quimsachata e Illpa con 75,49 % y 62,94 %, respectivamente, cuyo pH fueron 5,95 y 6,10; sin embargo, en los suelos de Crucero se produce la menor

variación con 31,33 %, por lo que se puede asumir que en los suelos de Quimsachata e Illpa hay mayor disponibilidad de fósforo, ya que en suelos bien provistos de fósforo el 90 al 95 % del fósforo en solución proviene de las reservas, en cambio en los suelos de Crucero, pareciera que por la textura de ser franco-arenoso el fósforo está en forma orgánica (humus), cuyo movimiento es lento o bien tiene un P_2O_5 pero soluble (precipitado o combinado), cuyo movimiento es bastante lento (Gross, 1981).

Así mismo, se observa que el fósforo fue el primer elemento que fue más movilizadado por la planta de maca con 67,64 %, lo cual se debe probablemente a que no ha existido un elemento antagónico que impidiera su absorción y movilización como es el nitrógeno, donde a mayores niveles de nitrógeno, disminuye la absorción de fósforo (Remolón, 1966).

En general se observa, que el fósforo es movilizadado por la planta de maca desde un inicio, viéndose que existe una misma tendencia de absorción aunque en grado diferente regulado por la disponibilidad en el suelo, haciéndose mucho más notorio su movilización desde la fase de cuatro hojas en los suelos de Illpa y Crucero, en cambio en los suelos de Quimsachata la variación es paulatina en el desarrollo de la planta.

Al respecto Navarro y Navarro (2000), manifiesta que el fósforo en los suelos se pierde por extracción de cultivos, por lixiviación, por erosión y por volatilización. En el estudio no han podido existir estos últimos factores, por lo

que la movilización del fósforo se asume que se realizó durante los diferentes procesos fisiológicos de la planta.

Así, Palacios, (1995), en el cultivo de cebolla, encuentra que recién a los dos meses se comienza a extraer fósforo de manera significativa, con una absorción total de 16 Kg por todo el periodo de crecimiento. Cari, (1987) indica que los coeficientes de uso del fósforo en quinua fluctúa entre 15 a 40 % cuando hay fertilización fosfatada; en nuestro caso se llegó hasta un 75,49 % (suelo Illpa), lo cual se debe probablemente a un efecto de necesidad requerida por la planta de maca cuando las condiciones son favorables para su absorción. Así mismo este último autor reporta una extracción de 11,1; 14,0 y 15,1 Kg por hectárea de fósforo absorbido para las variedades de quinua Sajama, Blanca de Juli y Tahuaco respectivamente, cuando no se aplica ningún tipo de fertilizante en suelos de la serie Titicaca (Salcedo).

Según Mengel y Kirkby (1978), manifiestan que la capacidad activa de absorber el fósforo, difiere entre las plantas, e incluso difiere entre plantas de la misma especie. Barber y Thomas (1972), citado por Mengel y Kirkby (1978), indican que la tasa de absorción de fósforo entre varios cultivares de maíz, difieren enormemente, lo cual suponen que se debe a un factor genético.

4.3. VARIACIÓN DEL POTASIO.

Este elemento junto con calcio, constituye la mayor parte de las materias minerales de la planta y aproximadamente el 3 % de la materia seca de los vegetales (Gross, 1981).

El análisis estadístico muestra que entre suelos, fases fenológicas y la interacción hay diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$) (apéndice, cuadro 16). Lo cual indica que el movimiento del potasio tiene relación directa con el suelo y fases fenológicas de la planta.

El potasio existente en la serie suelo de Illpa en un inicio tenía un promedio de 2247 ppm, (4853 Kg/ha); el de Quimsachata 1451 ppm (3192 Kg/ha) y el de Crucero 1088 ppm (2720 Kg/ha). Al evaluar a los 50 días después de la siembra, el suelo de Illpa presentó 1113 ppm. (2405 Kg/ha); Quimsachata 640 ppm (1408 Kg/ha) y Crucero 489 ppm (1222 Kg/ha), movilizándolo 50,47 %; 55,89 %; y 55,06 % de potasio, de los suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente. A los 115 días post-siembra, Illpa tenía 248 ppm (536 Kg/ha); Quimsachata 717 ppm (1577 kg/ha) y Crucero 516 ppm (1290 Kg/ha), disminuyendo Illpa 78% de potasio, en cambio Quimsachata incremento 12% y Crucero también incrementó 5,5 %. A los 198 días post-siembra Illpa disminuyó a 204 ppm (441 Kg/ha), Quimsachata disminuyó a 492 ppm (1082 Kg/ha) y Crucero 337 ppm (892 Kg/ha), lo cual significa que los suelos de Illpa disminuyeron a 17,74%, Quimsachata 31% y Crucero 35%, con respecto a la fase fenológico anterior.

Este comportamiento de variación del potasio (en su forma K_2O) se debe probablemente a la disponibilidad del potasio en la solución del suelo, en donde en el caso de Illpa que es un suelo franco-limoso en un inicio no exista en cantidad suficiente para ser absorbido, que luego de sufrir varios riegos el

potasio retrogradado (encerrado dentro de las laminillas del complejo arcillo limoso), haya vuelto al exterior del complejo (potasio regenerado) y luego pasar los iones de potasio a un estado de iones en movimiento asimilable. En los suelos de Quimsachata y Crucero, la asimilación del potasio por la planta de maca es algo similar, donde hay mayor asimilación entre los 115 y 198 días post-siembra, probablemente porque hay potasio disponible en forma de ión en la solución del suelo que es como la raíz absorbe del suelo (Gross, 1981).

Comparando con Flores y Bryant (1990), en la presente investigación, el contenido de potasio en los tres suelos es alto ya que superan los 335 ppm.

Tisdale (1991) indica, que el contenido de potasio en los suelos es muy variable puede ir desde algunos cationes de Kg/Ha en suelos de textura gruesa formados a partir de piedra arenisca hasta 50000 Kg/Ha o más en suelos de textura fina. En la presenta investigación se ha encontrado valores aproximados a los que indica el autor.

Este macronutriente fue el elemento más movilizadado por el cultivo de la maca siendo sus coeficientes de uso de 90,92%; 66,10 % y 69.04 % para los suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente, lo cual se debería al mayor contenido de potasio en la solución del suelo. Al expresar en Kg/ha esta mayor movilización se encontró que en el suelo de Illpa fue de 4412 Kg/ha, en Quimsachata, 2110 Kg/ha y en Crucero 1878 Kg/ha, este movimiento de elementos, refleja en el rendimiento como se ve que Illpa fue el mejor, seguido por Quimsahata y Crucero. Al memento de la cosecha (Apéndice, cuadro 34),

lo cual se podría asumir que se debe a la riqueza de potasio en el suelo y a la gran capacidad de abastecimiento del suelo para satisfacer la demanda del nutriente por el cultivo (Crocomo, 1965).

Según manifiesta Concha (2007), cuando hay una cantidad excesiva del potasio asimilable las plantas absorben mayor cantidad de las que precisan, sin que ello repercuta en un aumento de la producción. Este exceso en la absorción de potasio origina deficiencias de magnesio, calcio, hierro y Zinc. Asimismo, Cari (1987) manifiesta que al cultivar tres variedades de Quinoa sin fertilización alguna, encuentra una absorción en los suelos de Salcedo de 90,5; 101,1 y 115,8 Kg/Ha de potasio para las variedades de Sajama, Blanca de Juli y Tahuaco respectivamente.

Palacios (1995), en el cultivo de la cebolla encuentra que el potasio es el segundo elemento más absorbido después del nitrógeno, lo cual no concuerda con nuestro estudio, que fue lo contrario, efecto éste que concuerda con la mayoría de autores que dicen que el potasio es el elemento que más extrae un cultivo. Además este autor manifiesta que el potasio se comenzó a absorber significativamente a partir de los 50 días después del transplante, extrayendo 94% del potasio total, porcentaje algo similar al encontrado en este estudio.

Según Tsuno (1971), El potasio acelera el desarrollo de los tubérculos lo que explica el efecto de activación del potasio sobre el nivel de la fotosíntesis, también manifiesta que la deficiencia del potasio impide la formación del tubérculo. Así mismo Gros (1981), indica que las plantas con raíces tuberosas

son las que más absorben potasio debido a que forman féculas y azúcares, lo que le confiere como el elemento dominante entre las plantas de escarda (por el sistema radicular que poseen). Tal como se ha observado en el estudio a partir de la formación de las raíces tuberosas hay más movimiento de los elementos caso del potasio asimilable.

Cuadro 3.

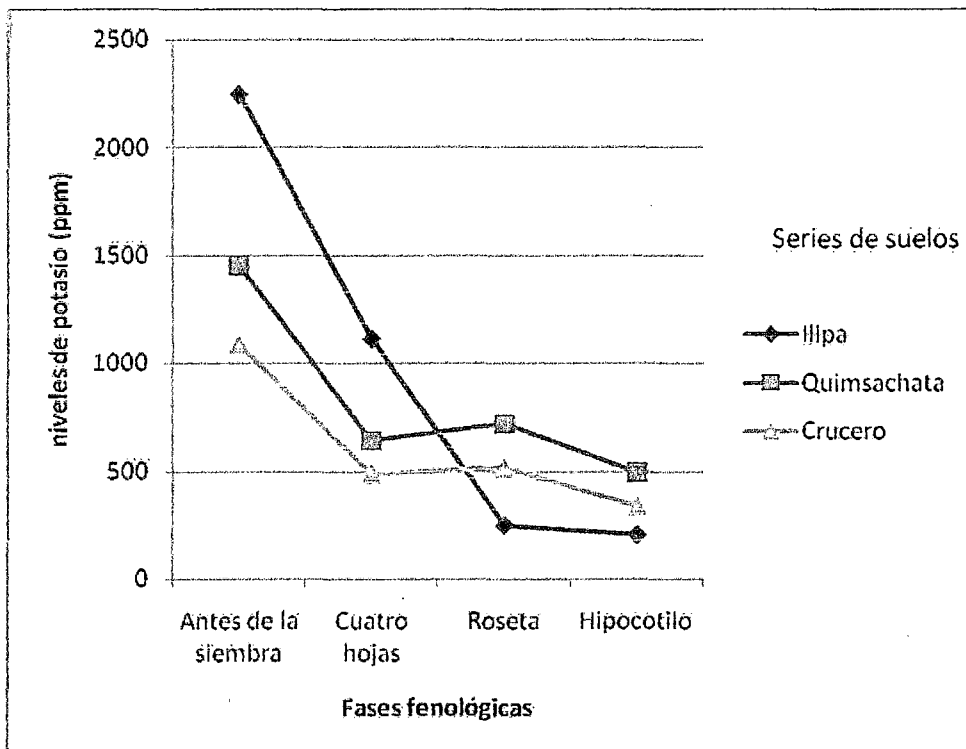
Promedio de los niveles de Potasio (ppm) según suelos y fases fenológicas de maca-Puno 2008

Suelos	Antes de la Siembra	Fases fenológicas		
		Cuatro hojas	Roseta	Hipocótilo
Illpa	2247,00	1113,33	248,33	204,00
Quimsachata	1451,00	640,00	717,17	491,67
Crucero	1088,00	488,67	515,50	337,33

Fuente: Análisis de caracterización laboratorio – Salcedo – INIA.

Gráfico 6.

Variación promedio de Potasio (ppm) según suelos y fases fenológicas de maca Puno 2008



Fuente: Elaborado por los ejecutores

En general se observa que el potasio fue el elemento más absorbido por la planta de maca con una media de 75,35 % lo cual se debe probablemente a que este elemento está disponible para la planta y no hay antagonismo con el

Ca^{++} y Mg^{++} , así como con el NH_4^+ , donde la presencia masiva de estos iones puede bloquear la liberación de potasio Usherwood (1977), Viets (1965), Además Sutcliffe y Baker (1979), manifiestan que existe competición entre iones, en las que la absorción de unos decrece al aumentar la concentración de otros reflejado posiblemente en la competición por el lugar de unión en las moléculas transportadoras de baja especificidad.

4. 4. CATIONES CAMBIABLES.

Llamado por otros como intercambio de bases, no es sino una de las propiedades del suelo, por la cual el complejo coloidal húmico–arcilloso de carga negativa y con superficies externas e internas que atraen a iones con cargas positivas (donde la mayoría de estos iones son esenciales para el crecimiento de las plantas por lo que constituyen la gran reserva de elementos nutritivos), fijan un máximo número de cationes cambiables en su superficie. Flores y Bryant (1990) definen el término de bases intercambiables, como la suma de las bases (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+) en forma intercambiable, expresadas en meq/100 gramos de suelo.

4. 4.1. Calcio intercambiable (Ca^{++}).

Los niveles de calcio inicial en los suelos utilizados en el experimento fueron 20,1; 11,0 y 12,7 meq/100 gramos para los suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente ($P \leq 0,05$), a la clasificación del contenido natural de calcio, parece ser que Illpa tiene mayores niveles que los demás suelos. En el

análisis del suelo de Illpa a los 50 días después de la siembra, fase de 4 hojas, los cationes intercambiables de calcio decrecen a 17,25 meq/100 gramos de suelo y a los 115 días post-siembra fase de roseta decrecen aún más a 11,93 meq/100 gramos de suelo, esto indica que a un pH igual a 6,0 como el suelo de Illpa, la maca a movilizó el catión calcio desde la siembra hasta los 115 días, primeramente en forma lenta hasta los 50 días y luego en forma más rápida hasta los 115 días, (gráfico 7).

De los 115 a los 198 días ya no hay movilización, por tanto, en el suelo incremento el nivel de calcio más intercambiable a 18,62 meq/100 gramos de suelo, lo que quiere decir que el complejo arcillo-húmico ya no suelta más cationes de calcio de su superficie, probablemente porque bajó el pH del suelo a valores menores de 6,0, haciéndose el suelo un poco más ácido, en la que posiblemente también el potasio existente en abundancia haya inhibido la absorción de calcio y magnesio (Martínez y Tico ,1974) o que los compuestos del suelo que proveen calcio y magnesio aprovechables se encuentran en cantidades insuficientes para la planta (Edmond, Senn y Andrews ,1967). Además, de acuerdo con Gros (1981) la acidificación de un suelo aparece como consecuencia inevitable de un cultivo bien esmerado como puede ser el cultivo de la maca (bajo control) en la que se ha podido absorber calcio para producir las raíces de maca, indicando que por este proceso un suelo puede llegar a perder unos 300 a 350 Kg Cal (CaO) por hectárea-año y que un pH entre 6,0 y 6.5 son ideales y favorables para una buena alimentación de las plantas. Martínez y Tico (1974) indican que la reacción nitrógeno-calcio que necesita la planta se define como que a mayor consumo de nitrógeno para la

formación de las proteínas en la fase de hipocotilos (115 días post-siembra), también crea la necesidad de calcio para neutralizar el ácido oxálico y otros ácidos orgánicos, por lo que la planta absorbe calcio hasta un nivel dado de suficiencia para la planta, momento que se bloquea la absorción por una disminución del pH.

En los suelos de Quimsachata y Crucero el calcio intercambiable se mantiene entre 11 a 14 meq/100 gramos de suelo con pequeñas variaciones que no son muy significativos (gráfico 7), lo cual se debería a su poco contenido y movimiento; Además en esta poca variación podría influir el agua de riego, ya que el análisis de dicho líquido arrojó tener concentraciones elevadas de calcio (3.50 meq/litro).

Cuadro 4.

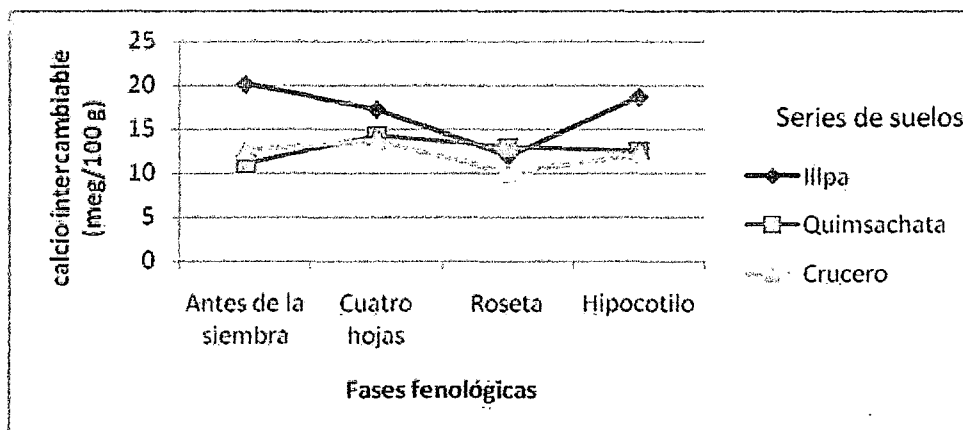
Promedio de los niveles de Calcio intercambiable (meq/100 g de suelo) según suelos y fases fenológicas de maca Puno 2008.

Suelos	Antes de la Siembra	Fases fenológicas		
		Cuatro hojas	Roseta	Hipocotilo
Illpa	20,10	17,25	11,93	18,62
Quimsachata	11,00	14,23	12,87	12,42
Crucero	12,70	13,68	10,02	12,13

Fuente: Análisis de caracterización laboratorio – Salcedo – INIA.

Gráfico 7.

Variación promedio de Calcio intercambiable (meq/100 g de suelo) según suelos y fases fenológicas Puno 2008



Fuente: Elaborado por los ejecutores.

El análisis estadístico muestra que hay diferencias altamente significativas entre suelos y fases fenológicas ($P \leq 0,01$) (apéndice, cuadro 20), en cuanto a la interacción existe diferencia significativa lo que indica que el movimiento del calcio tiene relación directa con el suelo y fases fenológicas de la planta. El comportamiento casi estable del calcio en estos suelos se debe probablemente a que el pH se ha mantenido casi en el mismo valor a través de todo el crecimiento vegetativo de la planta de maca (pH inicial 5,95 y pH final

5,96) en la serie de suelo Quimsachata y en la de Crucero el pH incremento ligeramente, lo que hace que el calcio puede ser removido, pero en una forma no significativa, ya que llegó a disminuir en 4,49 % (285 Kg de Ca^{++} /ha son removidos).

4.4.2. Magnesio intercambiable (Mg^{++})

Este elemento llamado fertilizante secundario, y considerado como elemento de salud para el hombre, las plantas y los animales, su contenido se expresa como óxido de magnesio total (MgO), lo que en este caso interesa es el magnesio cambiante y asimilable porque el magnesio junto con el calcio forman el pectato de magnesio y el pectato de Calcio que mantiene unidas las cadenas de celulosa en las paredes celulares, además el magnesio es importante para la fotosíntesis y para la división celular (Edmond y Andrew, 1967).

El análisis estadístico muestra que solamente existe diferencia altamente significativa en cuanto a las fases fenológicas ($P < 0,01$) (apéndice, cuadro 24). En cuanto a los suelos y la interacción la diferencia no es significativa. El contenido de magnesio antes de la siembra mostró diferencia estadística entre suelos ($P \leq 0,01$), presentando 6,00; 4,40 y 2,30 meq/100 gramos de suelo correspondiente a la serie de suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente; sin embargo al analizar los suelos después de la siembra (50 días post siembra) en los tres lugares aumentó el magnesio en la proporción de

141,67%, 172,04% y 362,17% en Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente (gráfico 8).

Cuadro 5.

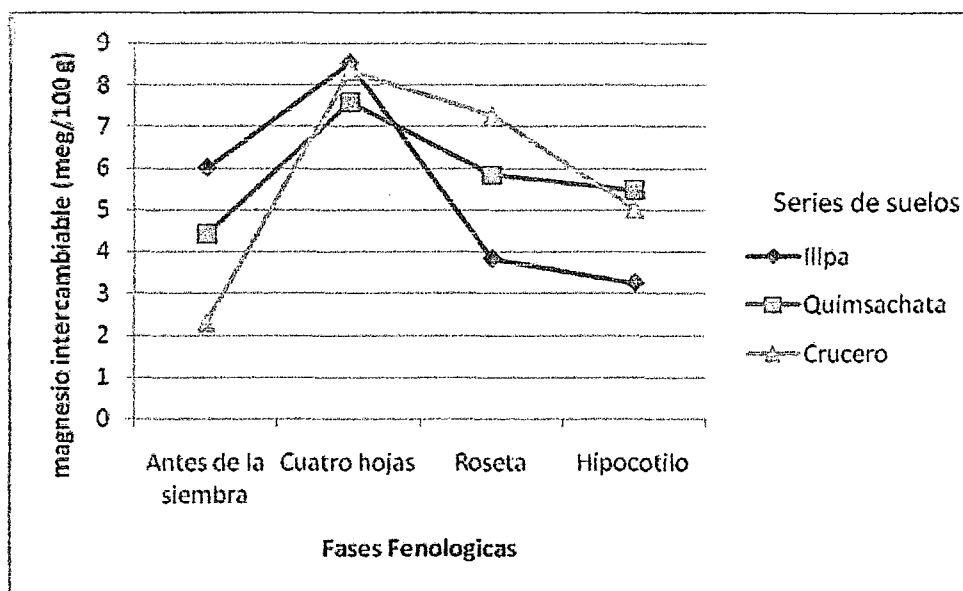
Promedio de los niveles de Magnesio intercambiable (meq/100 g. de suelo) según suelos y fases fenológicas de maca Puno 2008

Suelos	Antes de la Siembra	Fases fenológicas		
		Cuatro hojas	Roseta	Hipocotilo
Illpa	6,00	8,50	3,83	3,25
Quimsachata	4,40	7,57	5,82	5,45
Crucero	2,30	8,33	7,28	5,02

Fuente: Análisis de caracterización laboratorio – Salcedo – INIA.

Gráfico 8.

Variación promedio de Magnesio intercambiable (meq/100 g. de suelo) según suelos y fases fenológicas de maca Puno 2008



Fuente: Elaborado por los ejecutores

El aumento de magnesio intercambiable después de la siembra, se podría asumir que se debe posiblemente al riego realizado con agua potable, en donde al análisis de agua muestra una alta concentración de magnesio

(apéndice, análisis de agua) o que la planta a utilizado el calcio, la misma que ha sido cedido por el complejo arcilloso-húmico y el vacío que dejó el calcio ha sido ocupado por los cationes de magnesio, y de esa manera incrementa sus niveles en el suelo, pero la absorción por parte de la planta es dificultosa (antagonismo de iones), porque se ha visto que los suelos en estudio, son ricos en potasio, lo que estaría bloqueando la variación del magnesio por la planta en suelos franco-limosos (Gross, 1981); en tanto, Navarro y Navarro (2000), afirman que al aumentar el potasio en el medio, la absorción de magnesio disminuye o se bloquea. Por su parte Edmond (1967), sostiene que en terrenos intensamente cultivados hay deficiencia de magnesio, pero en el caso del experimento, son suelos que no han sido cultivados por varios años, por lo que el contenido de magnesio es considerado normal, pero que los iones de magnesio no son utilizados por la maca porque hay un bloqueo del complejo húmico que los ha adsorbido no están unidos con firmeza en el coloide, los otros iones siendo fácilmente reemplazables o intercambiables con iones de carga parecida como es el magnesio, o bien otros cationes que existen en mayor concentración en la solución del suelo que impiden que el magnesio se libere del complejo húmico por la competencia y antagonismo de iones (Buckman y Brady, 1978; Demolon, 1966). Así mismo Cari (1987) en la absorción de magnesio en tres variedades de quinua, encuentra resultados similares a nuestro estudio, es decir hay un incremento en los niveles de magnesio cuando no utiliza fertilizante alguno, indicando una absorción de 7,3; 8,8 y 9,8 Kg/Ha para las variedades de Sajama, Blanca de juli y Tahuaco respectivamente.

4.4.3. Potasio intercambiable (K^+)

El potasio es un elemento que constituye la menor parte de los cationes fijados en el complejo arcillo-húmico, ya que en la mayoría de los suelos el Ca^{++} constituye la mayor parte de los cationes energicamente fijados por el complejo arcillo-húmico.

Este catión antes de sembrarse de la maca estaba presente en promedio 3,0; 2,14 y 0,81 meq/100 gramos, para suelo de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente, y al final del estudio (198 días después de la siembra fase de hipocotilo y maduración) se les encontró con una ligera variación como 2,02 meq/100 gramos de suelo en Illpa, ligero incremento a 2,3 meq/100 gramos de suelo en Quimsachata y a 0,95 meq/100 gramos de suelo en Crucero, estos resultados indicarían que el contenido de potasio asimilable de estos suelos es variable de acuerdo al contenido de otros cationes en el complejo arcillo-húmico, a pesar de la extracción que realiza la planta en crecimiento.

Este comportamiento del potasio en el suelo se podría asumir que se debe al equilibrio que se establece entre las formas asimilables por las plantas y las que no se aprovechan, lo que se dará automáticamente (Teuscher y Adler, 1965); Martínez y Tico (1974), indican que los suelos con cenizas de los vegetales evidencian una fuerte proporción de potasio variable de 25 a 50%, y las que se encuentran en la solución del suelo en estado de cationes son las formas como las plantas extraen, y a las que están adsorbidas por el complejo

absorbente no están libres por estar retenidos enérgicamente en el suelo, guardando equilibrio con el potasio de la solución del suelo. De acuerdo al gráfico 9, el potasio intercambiable es utilizado más por la planta de maca en los suelos de Illpa, no así en Quiimsachata y Crucero.

Estos resultados se pueden esperar que suceda, porque en el caso de Illpa probablemente la tierra ha sido fertilizado con potasio hace años atrás, ya que las pampas de Illpa antiguamente han sido cultivados, en cambio los suelos de Quiimsachata y Crucero que al parecer no han sido cultivados por muchos años y probablemente han sido beneficiados por los aportes de cenizas de las cocinas de los productores que han vivido por años en esos lugares, y estas cenizas aportan grandes cantidades de potasio (Martínez y Tico, 1974).

De acuerdo con el resultado final el suelo de Illpa ha sufrido el mayor desgaste de potasio con el cultivo de maca, habiendo movilizado aproximadamente 826 Kg/Ha de potasio lo cual concuerda con lo que afirma Gros (1981) que dice que en un suelo fertilizado con potasio, la planta puede asimilar alrededor de 0,2 por mil, es decir entre 700 a 850 Kg/ha. En Quiimsachata no ha habido variación mas por el contrario se ha mantenido casi permanente con una ligera incremento de aproximadamente 137 Kg/ha, y en Crucero sucedió igual fenómeno, habiéndose incrementado aproximadamente 136 Kg/ha de Potasio. Al parecer terrenos que han sufrido un uso intensivo con grandes cultivares tienen la estructura de suelo más suelto, por lo que el ión potasio puede estar más libre a disposición de la planta que en suelos

donde el perfil y la estructura es más compacta, es decir suelos maduros (Buckman y Brady, 1978).

Sobre el particular, Navarro y Navarro (2000), manifiestan que en la absorción de minerales del suelo intervienen una serie de factores que interactúan iónicamente (antagonismos y sinergismos), textura del suelo, pH, naturaleza de la planta (edad o fase de desarrollo), temperatura y humedad del suelo y la luminosidad. Los antagonismos más comunes que se dan en el suelo son: Na/Ca, K/Ca, K/Mg, y Ca/Mg. Así al aumentar en el medio K, el Ca y más aún el Mg se bloquean o su variación es mínima. Las plantas a temperaturas entre 0-40°C provoca una mayor absorción de iones, a mayor humedad mayor absorción, así igual efecto provoca la luz.

Cuadro 6.

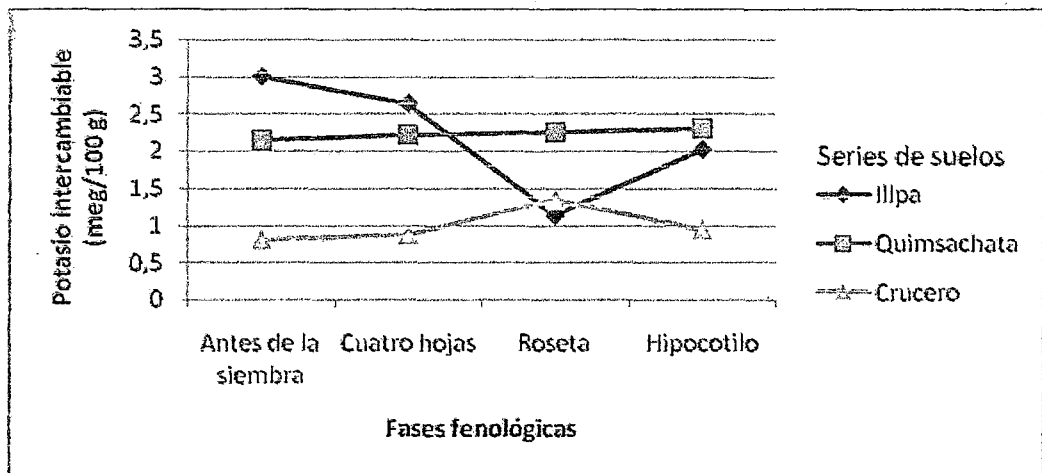
Promedio de los niveles de Potasio intercambiable (meq/100 g de suelo) según diferentes suelos y fases fenológicas de maca-Puno 2008

Suelos	Fases fenológicas			
	Antes de la siembra	Cuatro hojas	Roseta	Hipocotilo
Illpa	3,00	2,64	1,13	2,02
Quimsachata	2,14	2,21	2,24	2,30
Crucero	0,81	0,88	1,35	0,95

Fuente: Análisis de caracterización laboratorio – Salcedo – INIA.

Gráfico 9.

Variación promedio de Potasio intercambiable (meq/100 g. de suelo) en diferentes suelos y fases fenológicas de maca Puno 2008



Fuente: Elaborado por los ejecutores.

De acuerdo al contraste de promedios, se aprecia que solamente el suelo de Illpa en la fase de hipocotilo y el suelo de Crucero, en la fase de roseta, tienen los niveles altos y significativos de potasio intercambiable con medias de 2,02 y 0,95 meq/100 gramos de suelo respectivamente, así mismo se observa que en los suelos de Illpa y Crucero el potasio fluctúa subiendo y

bajando en su niveles, lo cual lo podemos asumir que se debe al contenido mayor o menor de este elemento en el complejo arcillo-húmico, así como en la solución del suelo y su equilibrio entre estos dos componentes (Gros, 1981 y Thorne y Peterson, 1985).

4.4.4. Sodio Intercambiable (Na^+).

Es un microelemento que en los suelos se encuentra en forma de sales y que sus niveles en los suelos de la región del altiplano no representan ningún problema para el cultivo de plantas. El análisis estadístico muestra que entre suelos no hay una diferencia significativa entre fases fenológicas y la interacción de suelos, En el periodo de crecimiento y desarrollo de la planta de maca el movimiento de este ion es casi similar en los tres suelos y concordante con la fase fenológica de la planta (gráfico 10). Es así que en el análisis inicial antes de la siembra de los suelos se encontró 0,47; 0,36 y 0,30 meq/100 gramos de suelo para Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente. En la fase de emergencia al parecer se incrementa a 0,95; 1,17 y 0,77 meq/100 gramos de suelo, y en la fase de 4 hojas recién comienza la movilización por la planta en las suelos de Illpa y Quimsachata que presentan 0,46 y 0,59 meq/100 gramos de suelo respectivamente. En cambio en Crucero se mantiene casi estable ya que sólo llegó a movilizar 0,74 meq/100 gramos de suelo. En la fase de hipocotilo, en Illpa se incrementa los niveles de sodio a 0,71 meq/100 gramos de suelo, en cambio en las series de Quimsachata y Crucero hay movilización de éste ión, ya que llega a decrecer a 0,47 y 0,41 meq/100 gramos de suelo respectivamente.

Este comportamiento de incremento y disminución de la concentración del ión sodio en los suelos estudiados se debe probablemente a su movimiento de liberación o fijación del complejo arcillo-húmico, porque como es un catión débil (Na^+) con un solo ión positivo es fácilmente desplazable del complejo por otros iones de mayor valencia, por lo que los especialistas lo llaman el ión mal retenido (Gros, 1981). Al parecer el aumento de las concentraciones de sodio en la fase emergente de la planta en los tres suelos se debe a que la planta todavía no ha absorbido iones de Na^+ más a lo contrario a incrementado sus niveles; posiblemente por el riego realizado con agua potable, en donde el análisis muestra una elevada concentración de sodio (apéndice, análisis de agua). A partir de la fase fenológica de 4 hojas en los suelos hay disminución de sodio, lo que quiere decir que las plantas han movilizado y están usando el sodio para su crecimiento a partir de esta fase fenológica; es así que del total encontrado en la fase fenológica de 4 hojas de 472; 592 y 449 Kg de Na /Ha se han utilizado hasta los 192 días; 119 Kg, 354 Kg y 213 Kg de Na/Ha en los suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente (lo que hace 25,21%, 60,30% y 47,44% de movimiento del sodio para Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente).

En Illpa es donde menos se ha movilizado sodio, lo cual asumimos que se debe probablemente a que dichos suelos tenían bastante potasio, el mismo que no permitió movilizar sodio por un efecto de bloqueo (Gros, 1981), caso inverso sucede cuando el suelo no tiene mucho potasio.

Así mismo, es necesario resaltar que no hay muchos estudios sobre la absorción de Na^+ por las plantas, tal vez sea porque la mayor parte de autores lo consideran un ión perjudicial para la estructura del suelo cuando está en elevadas concentraciones; la determinación del sodio intercambiable más lo utilizan para determinar la alcalinidad de los suelos (Gros, 1981; Thorne y Peterson; 1985 y Martínez y Tico, 1974).

Cuadro 7.

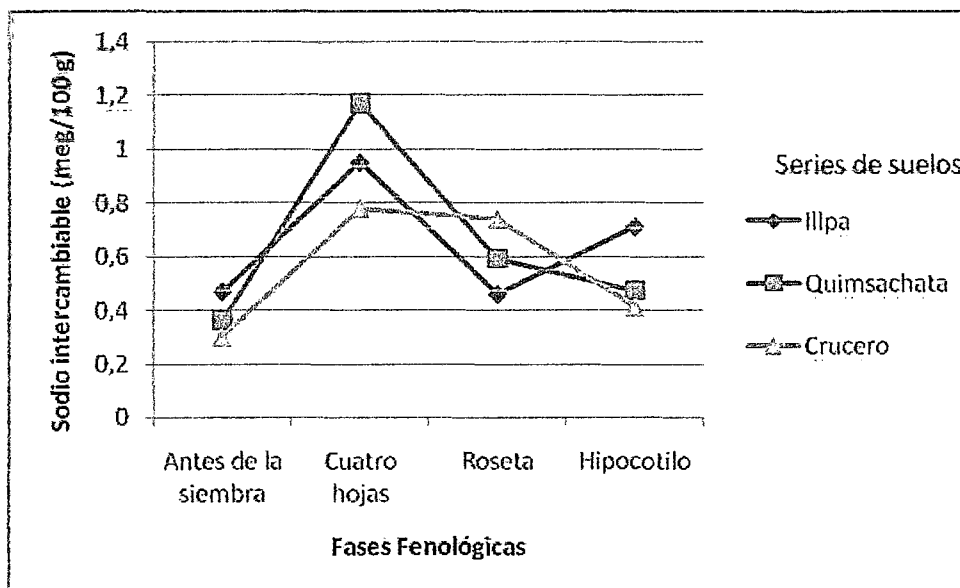
Promedio de los niveles de Sodio intercambiable (meq/100 g. de suelo) según diferentes suelos y fases fenológicas de maca Puno 2008

Suelos	Antes de la Siembra	Fases fenológicas		
		Cuatro hojas	Roseta	Hipocotilo
Illpa	0,47	0,95	0,46	0,71
Quimsachata	0,36	1,17	0,59	0,47
Crucero	0,30	0,78	0,74	0,41

Fuente: Análisis de caracterización laboratorio – Salcedo – INIA.

Gráfico 10.

Niveles promedio de Sodio intercambiable meq/100 g. de suelo) en diferentes suelos y fases fenológicas Puno 2008



Fuente: Elaborado por los ejecutores.

El incremento de los niveles de sodio al final del experimento se asume que se debe al uso de agua de riego y también a la cantidad de iones que se encuentra en el complejo arcillo-húmico, en la que se debe de mantener el equilibrio de iones en la solución del suelo y la que está fijada sobre el

complejo, ya que la cantidad que subió no significa ningún caso pernicioso. Además en zonas donde la precipitación está por encima de 380 mm. y donde el drenaje es satisfactorio (caso de los tres suelos utilizados), el sodio si es que estuviera en exceso es lavado y trasladado a capas más inferiores (subsuelo). Además la presencia de concentraciones suficientes de calcio no permite que el suelo retenga cantidades de sodio si la precipitación y el drenaje son favorables (Teuscher y Adler, 1965).

CONCLUSIONES

El Nitrógeno del suelo no fue movilizado por la planta de maca hasta la fase de 4 hojas y sólo a partir de la fase de roseta (115 días post siembra) es utilizado, llegando a movilizar de 864, 1760 y 2000 Kg/ha para los suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente, durante el desarrollo vegetativo del cultivo de maca.

El Fósforo del suelo ha sido movilizado en 24,46; 29,07 y 1,20 Kg por Hectárea en los suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente, por la planta de maca poco después de la siembra desde la fase de emergencia.

El Potasio fue movilizado por las plantas de maca desde un inicio en que la planta posee raicillas, es así que de un total inicial de 2247; 1451 y 1088 ppm bajan su nivel hasta la finalización del experimento (198 días post-siembra), terminando con 204, 492 y 337 ppm, lo que quiere decir que han movilizado en 4413; 2111 y 1877 Kg por

hectárea en los suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente.

Del suelo se ha movilizado 639 y 285 Kg/ha de Ca^{++} en los suelos de Illpa y Crucero, en Quimsachata se incremento 625 Kg/ha. El Mg^{++} se movilizó en 712 Kg/ha en el suelo de Illpa y se incrementó en Quimsachata y Crucero en 278 y 816 Kg/ha respectivamente. El K^+ en suelo de Illpa se movilizó en 856 Kg/ha y se incrementó en 137 y 136 Kg/ha en Quimsachata y Crucero respectivamente; sin embargo hubo una movilización significativa desde la fase de roseta hasta los 198 días. El Na^+ se incrementó en 119; 56 y 63 Kg/ha en los suelos de Illpa, Quimsachata y Crucero respectivamente.

RECOMENDACIONES

Repetir este experimento bajo las condiciones del presente estudio, pero con el aporte de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio establecidos.

En próximos estudios de investigación, se utilicen otros métodos como el empleo de soluciones nutritivas, trazadores isotópicas y el análisis bromatológico y elementos constituyentes de la planta (raíces, tallo y hojas) sobre absorción de nutrientes por la maca.

Se debe considerar el uso de agua de riego, para no tener interferencia en los resultados finales en los niveles de cationes intercambiables.

Realizar investigaciones para la recuperación de los suelos con respecto a la pérdida de nitrógeno, fósforo y potasio provocado por la maca y que incluyan costos económicos.

BIBLIOGRAFÍA

ALIAGA, C. R. 1999. Guía para el cultivo, Aprovechamiento y conservación de maca (*Lepidium meyenii* Walp.) Santa fe de Bogota-Colombia, Convenio Andrés Bello – Serie Ciencia y Tecnología N° 82, 50 p.

BAKER, D. A. 1980 Fenómenos de transporte de las plantas. Ediciones Omega S.A. Barcelona - España. 67 p.

BARCELLO, J. NICOLAS, G., SABATER, B. y SANCHEZ, R. 1988. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide. Quinta Edición. Madrid - España.

BLANGOO. M. S. and. ALTRITTON, D. J. 1971 Effect of fertilizers, phosphorus and potassium on yield and nutrient content of lee Soybeans. Agronomy J. 746p.

BUCKMAN, BRADY. 1965, Naturaleza y propiedad de los suelos. Elementos macronutrientes, Edafología HUTEHA. México.

BREWSTER, J. L. y BUTLER, H. A. 1989 Effects of Nitrogen supply on bulb Development in Onion (*Allium cepa*) L. journal of Experimental Bot. p.1155-1162.

CARI, A. 1987 "Absorción de Nutrientes por tres variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo cuatro niveles de fertilidad en un mollisol del altiplano de Puno-Perú. Tesis para optar de grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.151 p.

CHACÓN DE POPOVICI, G. 1997 La importancia de (*Lepidium peruvianum* Chacón) "maca" en la alimentación 2000 años antes y después de cristo y en el siglo XXI. Representaciones Generales 2000 SAC. Lima - Perú.120 p.

CONCHA, J.M. 2007. Efecto de la fertilización N-P-K en el crecimiento y rendimiento en tres híbridos de maíz (*Zea mays*. L.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el titulo de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.

CROCOMO, O. et al 1965 Absorción de iones por las plantas. Universidad de Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo-Venezuela. 188 p.

DEVLIN, R. M. 1976. Fisiología vegetal. Ediciones Omega S.A. Barcelona - España. 517 p.

EDMOND, J., SENN, T y ANDREWS, F. 1967. Principios de Horticultura. Editorial Continental, S.A. México.

DIEZ CANCECO, M. 1975. La maca en los andes centrales del Perú, Boletín informativo. Nº 02. Instituto Indigenista Peruano. Lima -Perú.

EZETA, S. F. 1970 Absorción de nutrientes por el cultivo de papa (*Solanum andigenum*). Tesis Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú. 55 p.

FASSBENDER, H,W. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de Latinoamérica. Editorial IICA. San José-Costa Rica. 398 p.

FERNÁNDEZ, V. M. y VILLENA, S. J. 1999 Manual técnico para el cultivo de maca (*Lepidium meyenii* Walp.). Programa Interinstitucional de Waru Waru (PIWA). Puno-Perú. 28 p.

FLORES, A. y BRYANT, F. 1990. Manual de Pastos y Forrajes. Convenio INIAA-Universidad de California-Davis, Texas Tech University. Lima -Perú.

GRACE, B. 1985. El clima del altiplano. Departamento de Puno. Convenio Perú-Canadá-CIPA XV-INIPA. Est. Exp. Salcedo. Puno-Perú. 180p.

GROS, A. 1981. Abonos, Guía Práctica de la Fertilización. 7ma Edición. Ediciones. Mundi – Prensa. Madrid- España.

KRAMER, P. J. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Traducido por .L Tejada. Editorial Edutex. 1ra Edición. México. 537 p.

LÓPEZ RITAS, J. y LÓPEZ MELIDA, J. 1985. Diagnóstico de Suelos y Plantas. Cuarta Edición. Editorial. Mundi prensa. Madrid- España.

MARTINEZ, P. M. y TICO, R. L. 1974 Agricultura práctica. Editorial Ramón sopena S.A. Barcelona -España. 680 p.

MENGEL, K. and. KIRKBY, E. A. 1978 Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Berna Suiza. 593 p.

MORENO, E. W. 1995 Maca, (*Lepidium meyenii* Walp.) Recurso genético patrimonio del Perú, para la humanidad 2da. Edición. Cosmos Andino SRL. Lima- Perú. 30 p.

NAVARRO, S y NAVARRO, G 2000. Química agrícola, el suelos y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi - Prensa, imprime Artes Gráficas Cuesta S.A. Seseña Madrid-España. 488 p.

OBREGÓN, V. L. 1998. "Maca planta medicinal y nutritiva del Perú" 1ra. Edición. Lima-Perú. Elite Gráfica S.A. 184 p.

OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES.
ONERN. 1965. Programa de Inventario y Evaluación de los Recursos
Naturales del Departamento de Puno, Sector de Prioridad I. Capítulo V. Suelos.
Lima-Perú.

PALACIOS, Z. J. 1995. Absorción periódica de nutrientes por el cultivo de la
cebolla (*Allium cepa L.*) cv. "Roja Arequipeña", bajo diferentes sistemas de
fertilización en Paramonga. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina.
Lima-Perú. 70 p.

PIWA, 1998. Investigaciones sobre maca en el altiplano Puno. Tomo I.
Convenio: INADE/PELT-COSUDE. 1ra edición Impresiones 14 de setiembre.
Puno-Perú. 194 p.

PRODASA. 1997. Proyecto de Desarrollo Agropecuario Sostenido en el
Altiplano. <http://WWW.idrc.ca/library/documenty/103453>.

QUIROZ, F. 1999. Genética de la maca y especies relacionadas Department
of. Vegetable Crop. University Of California-USA.

REMOLÓN, A. 1966. Crecimiento de los vegetales cultivados Principios de
Agronomía. Tomo II. Ediciones Omega S.A. Barcelona-España. 650 p.

RITCHER, G. 1980. Fisiología del metabolismo de las plantas. Editorial
Continental S.A 3ra. Edición. México. 417 p.

ROJAS, P. J. 1999. Boletín de Cultivo de Maca. PRONAMACHCS. Especialista en Conservación de Suelos, Agencia Agraria Junín, 15 p.

RUSSELL, E. J. y RUSSELL, E. W. 1959. Las condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Ediciones Aguilar. 2da. Edición. Madrid-España. 560p.

SADZAWKA, R. A.; GREZ, Z. R.; MORA, G. M.; SAAVEDRA, R. N., CARRASCO, R. M.; y ROJAS, W. C. 1997. Métodos de análisis recomendados para los suelos chilenos. Comisión de Normalización y Acreditación de Laboratorios para los análisis de suelos y tejidos vegetales, Sociedad Chilena de ciencia del Suelo. Santiago de Chile. 63 p.

SÁNCHEZ, P. A. 1981. Suelos del Trópico: Características y manejo. Editorial IICA. San José-Costa Rica. 634 p.

SILLAMPA, W. 1972. Los oligoelementos en los suelos y en la Agricultura. FAO Boletín de Suelos Nº 17. Roma-Italia. 71 p.

SOLÍS, HOSPINAL R. 1996. Producción de maca en la meseta de Bombón. Universidad Nacional Daniel A. Carrión. Boletín informativo Huancayo-Perú. 165 p.

STRASBURGER, E. et al 1986. Tratado de Botánica. Editorial Marín. Madrid-España. 32 p.

SUTCLIFFE, J. F. y BAKER, D. A. 1979. Las plantas y las sales minerales. Ediciones Omega S.A. Barcelona-España. 67 p.

TEUSCHER, H. y ADLER, R. 1965. El suelo y su Fertilidad. Editorial Continental S.A. México.

TISDALE, S. L. and NELSON, W. L. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Traducido por J. Balash. al español Edit. Montaner y Simons S.A. Barcelona-España. 760 p.

TISDALE, S. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes UTEHA Unión tipográfica Editorial Hispano América S.A. de C.V. primera edición en español. México.

THORNE, D.W. y PETERSON, H.B. 1985. Técnica del Riego, fertilidad y explotación de los suelos. Editorial Continental. S.A. México.

TSUNO, Y.E. 1971. Información sobre fertilización tropical y sub tropical. Fertilité macrs-auril. Paris turrialba boletin Nro 4. p.3-21.

USHERWOOD, N. R. 1977. The interaction of potassium UIT other ions in soil and plants. Fifth Soil Colloquium. Soil Sci, Soc, Bogotá-Colombia. p.26 al 30.

VÁSQUEZ, V.V. y ALZA, A. M. 1996. Agro exportación. Análisis económico sub. Dirección de agro economía Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima-Perú. p.156-161 p.

ANEXO

Cuadro 8. Análisis de varianza para los niveles de nitrógeno

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Prob.	Sig
Entre bloques	5	0,00021481	0,00004296	0,95	0,4627	NS
Entre series de suelos (A)	2	0,00171481	0,00085741	18,86	<0,0001	**
Entre fases fenológicas (B)	2	0,04898148	0,02449074	538,70	<0,0001	**
Entre series de suelos y fases fenológicas (A.B)	4	0,00330741	0,00082685	18,19	<0,0001	**
Error experimental	40	0,00181852	0,00004546	--	--	--
Total	53			--	--	--

Fuente: Elaborado por los ejecutores en base a los resultados

Cuadro 9. Prueba Múltiple de Duncan para los suelos en relación a los niveles de nitrógeno.

Series de suelos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Illpa	0,110556	A
Crucero	0,098889	B
Quimsachata	0,098333	B

Cuadro 10. Prueba Múltiple de Duncan para las fase fenológica en relación a los niveles de nitrógeno.

Fases fenológicas	Promedio	Duncan (P<0,01)
Cuatro hojas	0,123889	A
Roseta	0,123889	A
Hipocotilo	0,060000	B

Cuadro 11. Prueba Múltiple de Duncan para la interacción de suelos y las fases fenológicas en relación a los niveles de nitrógeno.

Tratamientos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Crucero – rosetas	0,127	A
Illpa – cuatro hojas	0,125	A
Quimsachata – cuatro hojas	0,123	A C
Crucero - cuatro hojas	0,123	A C
Illpa – roseta	0,123	A C
Quimsachata – roseta	0,122	C
Illpa – hipocotilo	0,083	D
Quimsachata - hipocotilo	0,050	E
Crucero – hipocotilo	0,047	E

Cuadro 12. Análisis de varianza para los niveles de fósforo

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Prob.	Sig
Entre bloques	5	5,3185648	1,0637130	2,25	0,0679	NS
Entre series de suelos (A)	2	682,3628704	341,1814352	721,56	<0,0001	**
Entre fases fenológicas (B)	2	118,6025926	59,3012963	125,42	<0,0001	**
Entre series de suelos y fases fenológicas (A.B)	4	70,4437963	17,6109491	37,25	<0,0001	**
Error experimental	40	18,9135185	0,4728380	--	--	--
Total	53	895,6413426		--	--	--

Fuente: Elaborado por los ejecutores en base a los resultados

Cuadro 13. Prueba Múltiple de Duncan para suelos en relación a los niveles fósforo.

Series de suelos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Illpa	9,9139	A
Quimsachata	4,7056	B
Crucero	1,2667	C

Cuadro 14. Prueba Múltiple de Duncan para las fases fenológicas en relación a los niveles de fósforo.

Fases fenológicas	Promedio	Duncan (P<0,01)
Cuatro hojas	7,3694	A
Roseta	4,5194	B
Hipocotilo	3,9972	B

Cuadro 15. Prueba Múltiple de Duncan para la interacción de suelos y las fases fenológicas en relación a los niveles de fósforo.

Tratamientos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Illpa – cuatro hojas	13,817	A
Illpa – roseta	9,250	B
Illpa – hipocotilo	6,675	C
Quimsachata - cuatro hojas	6,417	C
Quimsachata – hipocotilo	4,292	C D
Quimsachata – roseta	3,408	D
Crucero– cuatro hojas	1,875	E
Crucero - hipocotilo	1,025	E
Crucero – roseta	0,900	E

Cuadro 16. Análisis de varianza para los niveles de potasio

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Prob.	Sig
Entre bloques	5	29420,444	5884,089	0,74	0,5976	NS
Entre series de suelos (A)	2	258547,444	129273,722	16,27	<0,0001	**
Entre fases fenológicas (B)	2	1494337,333	747168,667	94,05	<0,0001	**
Entre series de suelos y fases fenológicas (A.B)	4	1928163,556	482040,889	60,68	<0,0001	**
Error experimental	40	317780,556	7944,514	--	--	--
Total	53	4028249,333		--	--	--

Fuente: Elaborado por los ejecutores en base a los resultados

Cuadro 17. Prueba Múltiple de Duncan para suelos en relación a los niveles potasio.

Series de suelos	Promedio	Duncan (p<0,01)
Quimsachata	616,28	A
Illpa	521,89	B
Crucero	447,17	C

Cuadro 18. Prueba Múltiple de Duncan para las fases fenológicas en relación a los niveles de potasio.

Fases fenológicas	Promedio	Duncan (P<0,01)
Cuatro hojas	747,33	A
Roseta	493,67	B
Hipocotilo	344,33	C

Cuadro 19. Prueba Múltiple de Duncan para la interacción de suelos y las fases fenológicas en relación a los niveles de potasio.

Tratamientos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Illpa – cuatro hojas	1113,33333	A
Quimsachata – roseta	717,16667	B
Quimsachata – cuatro hojas	640,00000	B
Crucero - roseta	515,50000	C
Quimsachata – hipocotilo	491,66667	C
Crucero– cuatro hojas	488,66667	C
Crucero– hipocotilo	337,33333	D
Illpa- roseta	248,33333	D
Illpa– Hipocotilo	204,00000	E

Cuadro 20. Análisis de varianza para los niveles del calcio intercambiable

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Prob.	Sig
Entre bloques	5	39,3461111	7,8692222	1,36	0,2587	NS
Entre series de suelos (A)	2	150,2544444	75,1272222	13,01	<0,0001	**
Entre fases fenológicas (B)	2	120,5633333	60,2816667	10,44	<0,0002	**
Entre series de suelos y fases fenológicas (A.B)	4	80,4355556	20,1088889	3,48	<0,0156	*
Error experimental	40	230,9555556	5,7738889	--	--	--
Total	53	621,5550000		--	--	--

Fuente: Elaborado por los ejecutores en base a los resultados

Cuadro 21. Prueba Múltiple de Duncan para suelos en relación a los niveles de calcio intercambiable.

Series de suelos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Quimsachata	15,9333	A
Illpa	13,1722	B
Crucero	11,9444	B

Cuadro 22. Prueba Múltiple de Duncan para las fases fenológicas en relación a la variación del calcio intercambiable.

Fases fenológicas	Promedio	Duncan (P<0,01)
Cuatro hojas	15,0556	A
Roseta	14,3889	A
Hipocotilo	11,6056	B

Cuadro 23. Prueba Múltiple de Duncan para la interacción suelos y fases fenológicas en relación a los niveles de calcio intercambiable.

Tratamientos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Illpa – hipocotilo	18,16667	A
Illpa – cuatro hojas	17,25000	A
Quimsachata – cuatro hojas	14,23333	B
Crucero- cuatro hojas	13,68333	B
Quimsachata – roseta	12,86667	B
Quimsachata – hipocotilo	12,41667	C
Crucero– hipocotilo	12,13333	C
Illpa– roseta	11,93333	C
Crucero – roseta	10,01667	C

Cuadro 24. Análisis de varianza para los niveles de magnesio intercambiable

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Prob.	Sig
Entre bloques	5	5,5927778	1,1185556	0,35	0,8809	NS
Entre series de suelos (A)	2	26,2033333	13,1016667	4,07	0,0246	NS
Entre fases fenológicas (B)	2	120,1544444	60,0772222	18,66	<0,0001	**
Entre series de suelos y fases fenológicas (A.B)	4	29,0422222	7,2605556	2,26	0,0802	NS
Error experimental	40	128,7822222	3,2195556	--	--	--
Total	53	309,7750000		--	--	--

Fuente: Elaborado por los ejecutores en base a los resultados

Cuadro 25. Prueba Múltiple de Duncan para las fases fenológicas en relación a los niveles de magnesio intercambiable.

Fases fenológicas	Promedio	Duncan (P<0,01)
Cuatro hojas	8,1333	A
Roseta	5,6444	B
Hipocotilo	4,5722	B

Cuadro 26. Análisis de varianza para los niveles sodio intercambiable

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Prob.	Sig
Entre bloques	5	0,09043704	0,01808741	1,10	0,3760	NS
Entre series de suelos (A)	2	0,08835926	0,04417963	2,68	0,0805	NS
Entre fases fenológicas (B)	2	1,98549259	0,99274630	60,33	<0,0001	**
Entre series de suelos y fases fenológicas (A.B)	4	0,91671852	0,22917963	13,93	<0,0001	**
Error experimental	40	0,65822963	0,01645574	--	--	--
Total	53	3,73923704		--	--	--

Fuente: Elaborado por los ejecutores en base a los resultados

Cuadro 27. Prueba Múltiple de Duncan para las fases fenológicas en relación a los niveles de sodio intercambiable.

Fases fenológicas	Promedio	Duncan (P<0,01)
Cuatro hojas	0,96556	A
Roseta	0,59833	B
Hipocotilo	0,52833	B

Cuadro 28. Prueba Múltiple de Duncan para la interacción de suelos y las fases fenológicas en relación a los niveles de sodio intercambiable.

Tratamientos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Quimsachata – cuatro hojas	1,1700000	A
Illpa – cuatro hojas	0,9500000	B
Crucero – cuatro hojas	0,7766667	B
Crucero – roseta	0,7433333	B C
Illpa– hipocotilo	0,7083333	C
Quimsachata – roseta	0,5900000	D
Quimsachata – hipocotilo	0,4650000	E
Illpa– roseta	0,4616667	E
Crucero – hipocotilo	0,4116667	E

Cuadro 29. Análisis de varianza para los niveles de potasio intercambiable

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Prob.	Sig
Entre bloques	5	0,26891111	0,05378222	0,49	0,7781	NS
Entre series de suelos (A)	2	6,78004444	3,39002222	31,19	<0,0001	**
Entre fases fenológicas (B)	2	0,26701111	0,13350556	1,23	<0,3035	NS
Entre series de suelos y fases fenológicas (A.B)	4	14,95337778	3,73834444	34,40	<0,0001	**
Error experimental	40	4,34705556	0,10867639	--	--	--
Total	53	26,61640000		--	--	--

Fuente: Elaborado por los ejecutores en base a los resultados

Cuadro 30. Prueba Múltiple de Duncan para suelos en relación a los niveles de potasio intercambiable.

Series de suelos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Quimsachata	2,2500	A
Illpa	1,9289	B
Crucero	1,3911	C

Cuadro 31. Prueba Múltiple de Duncan para la interacción de suelos y las fases fenológicas en relación a los niveles de potasio intercambiable

Tratamientos	Promedio	Duncan (P<0,01)
Illpa – cuatro hojas	2,6400000	A
Quimsachata – hipocotilo	2,3033333	B
Quimsachata – roseta	2,2416667	B
Quimsachata - cuatro hojas	2,2050000	B C
Illpa– hipocotilo	2,0183333	C
Crucero – roseta	1,3583333	D
Illpa– roseta	1,1283333	D
Crucero – hipocotilo	0,9500000	E
Crucero – cuatro hojas	0,8750000	E

Movimiento de nitrógeno, fósforo, potasio y Cationes cambiabiles en Kg/ha.

Cuadro 32. Movimiento del nitrógeno

Suelos	Análisis inicial	Análisis final	Diferencia
Illpa	2592	1728	864 movilizó
Quimsachata	2860	1100	1760 movilizó
Crucero	3250	1250	2000 movilizó

Cuadro 33. Movimiento del fósforo

Suelos	Análisis inicial	Análisis final	Diferencia
Illpa	38,88	14,42	24,48 movilizó
Quimsachata	38,50	9,43	29,07 movilizó
Crucero	3,75	2,57	1,18 movilizó

Cuadro 34. Movimiento del potasio

Suelos	Análisis inicial	Análisis final	Diferencia
Illpa	4853	441	4413 movilizó
Quimsachata	3192	1082	2111 movilizó
Crucero	2720	843	1877 movilizó

Cuadro 35. Movimiento del calcio intercambiable

Suelos	Análisis inicial	Análisis final	Diferencia
Illpa	8683	8043	639 movilizó
Quimsachata	4840	5465	625 incrementó
Crucero	6350	6065	285 movilizó

Cuadro 36. Movimiento del magnesio intercambiable

Suelos	Análisis inicial	Análisis final	Diferencia
Illpa	1554	642	712 movilizó
Quimsachata	1161	1439	278 incrementó
Crucero	690	1506	816 incrementó

Cuadro 37. Movimiento del potasio intercambiable

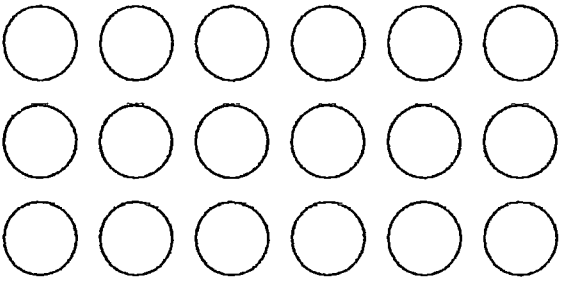
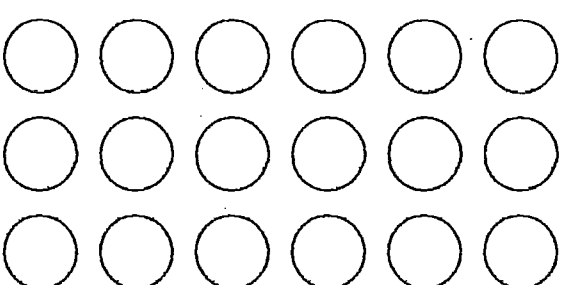
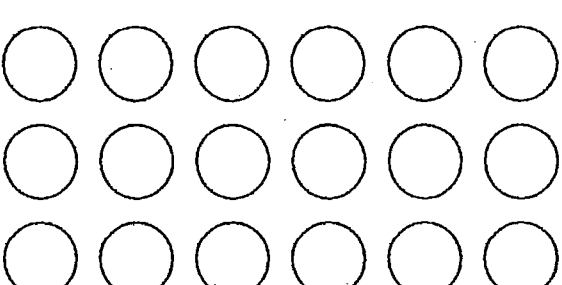
Suelos	Análisis inicial	Análisis final	Diferencia
Illpa	2526	1701	825 movilizó
Quimsachata	1836	1973	137 incrementó
Crucero	790	926	136 incrementó

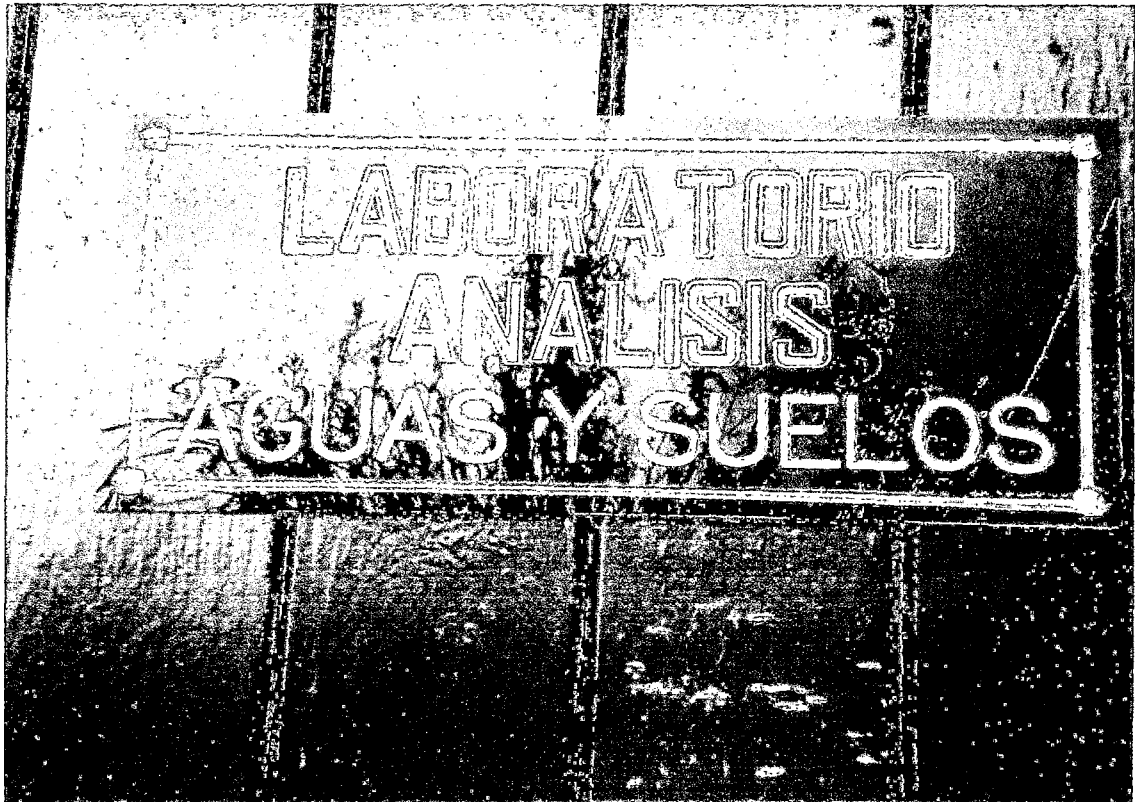
Cuadro 38. movimiento del sodio intercambiable

Suelos	Análisis inicial	Análisis final	Diferencia
Illpa	234	352	119 incrementó
Quimsachata	182	238	56 incrementó
Crucero	173	236	63 incrementó

Fuente: Elaborado por los ejecutores en base a los resultados

Grafico 11. Croquis de distribución de macetas en el campo experimental

	<p>Crucero</p> <p>Quimsachata</p> <p>Titicaca -Illpa</p>	<p>III</p>
	<p>Quimsachata</p> <p>Titicaca -Illpa</p> <p>Crucero</p>	<p>II</p>
	<p>Titicaca -Illpa</p> <p>Crucero</p> <p>Quimsachata</p>	<p>I</p>



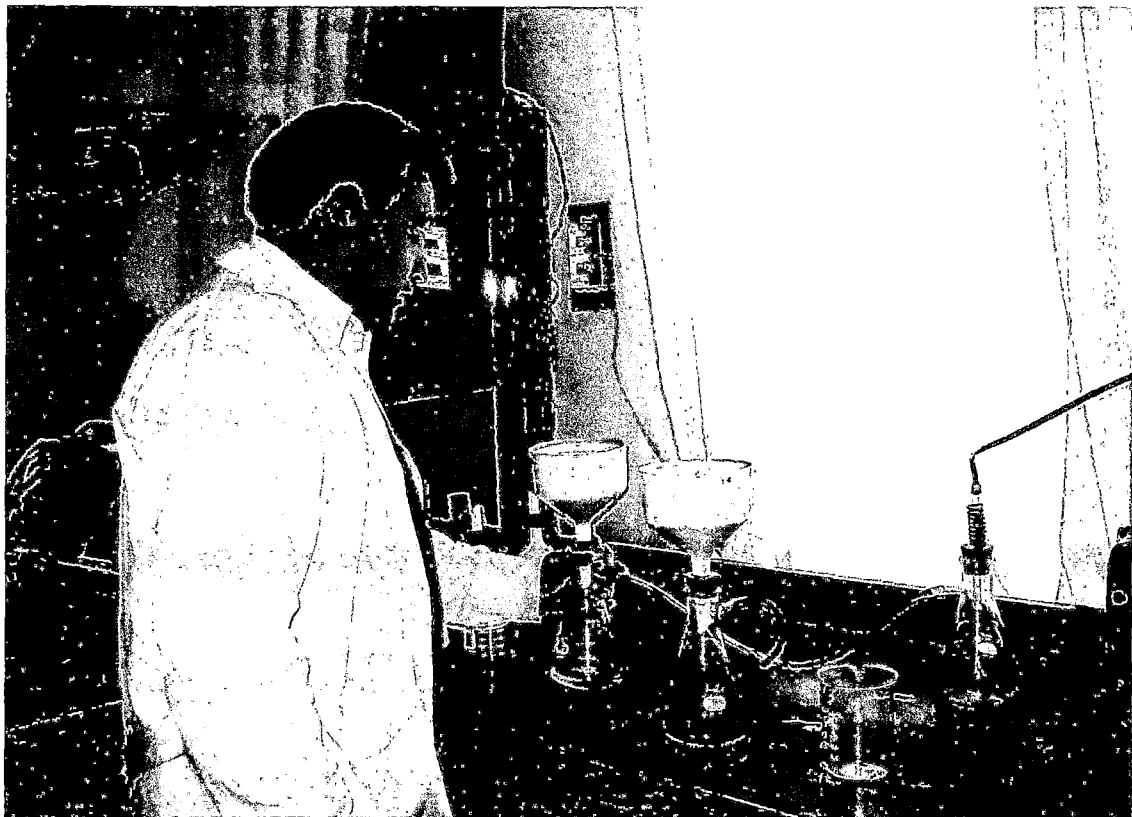
LABORATORIO DE ANÁLISIS AGUA Y SUELOS INIA SALCEDO



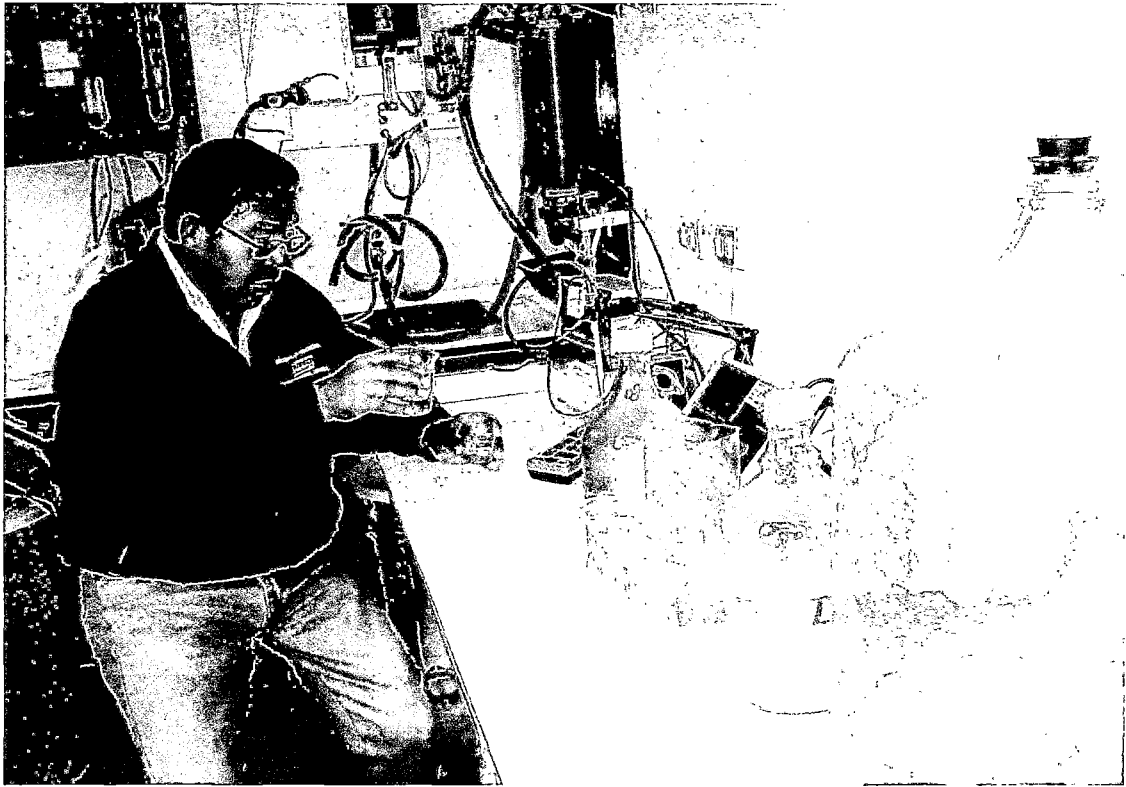
FLOCULANTE PARA ANÁLISIS DE TEXTURA



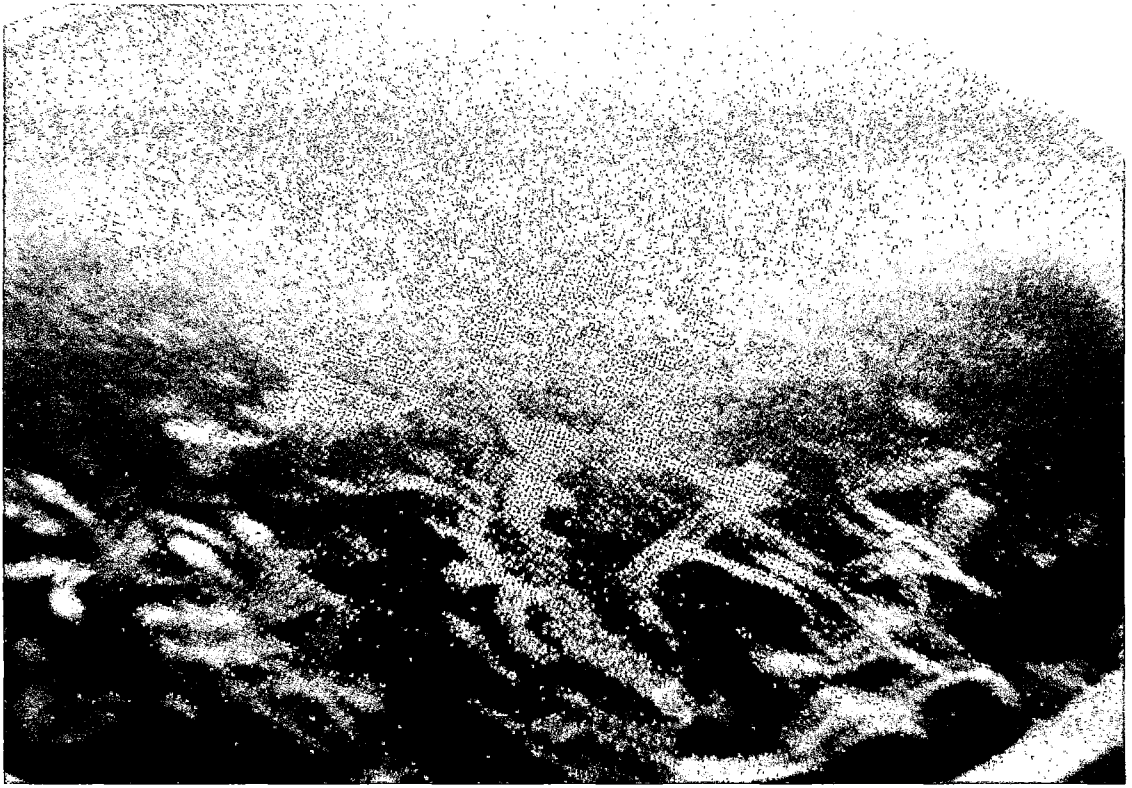
EQUIPOS DE EXPECTROFOTÓMETRO PARA DETERMINAR FÓSFORO, BORO Y POTASIO



PASTA DE SATURACIÓN PARA DETERMINAR Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+ INTERCAMBIABLE



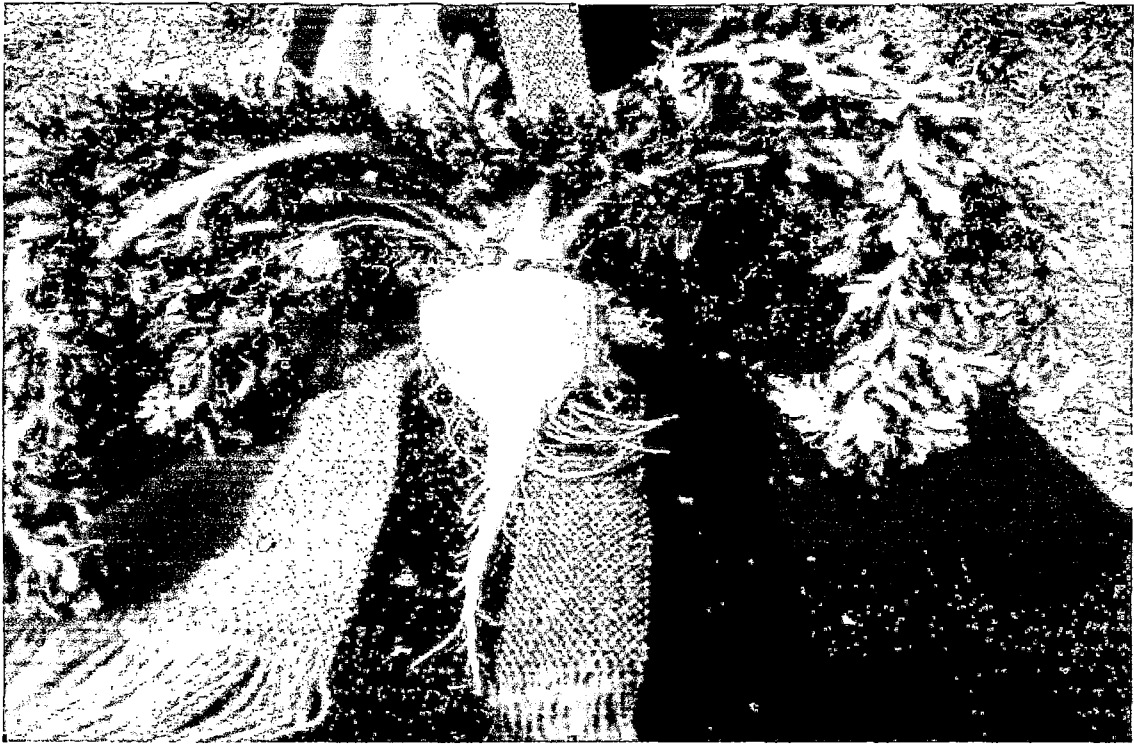
INSTALACIÓN CAMPO EXPERIMENTAL



FASE DE RAMIFICACIÓN O CUATRO HOJAS

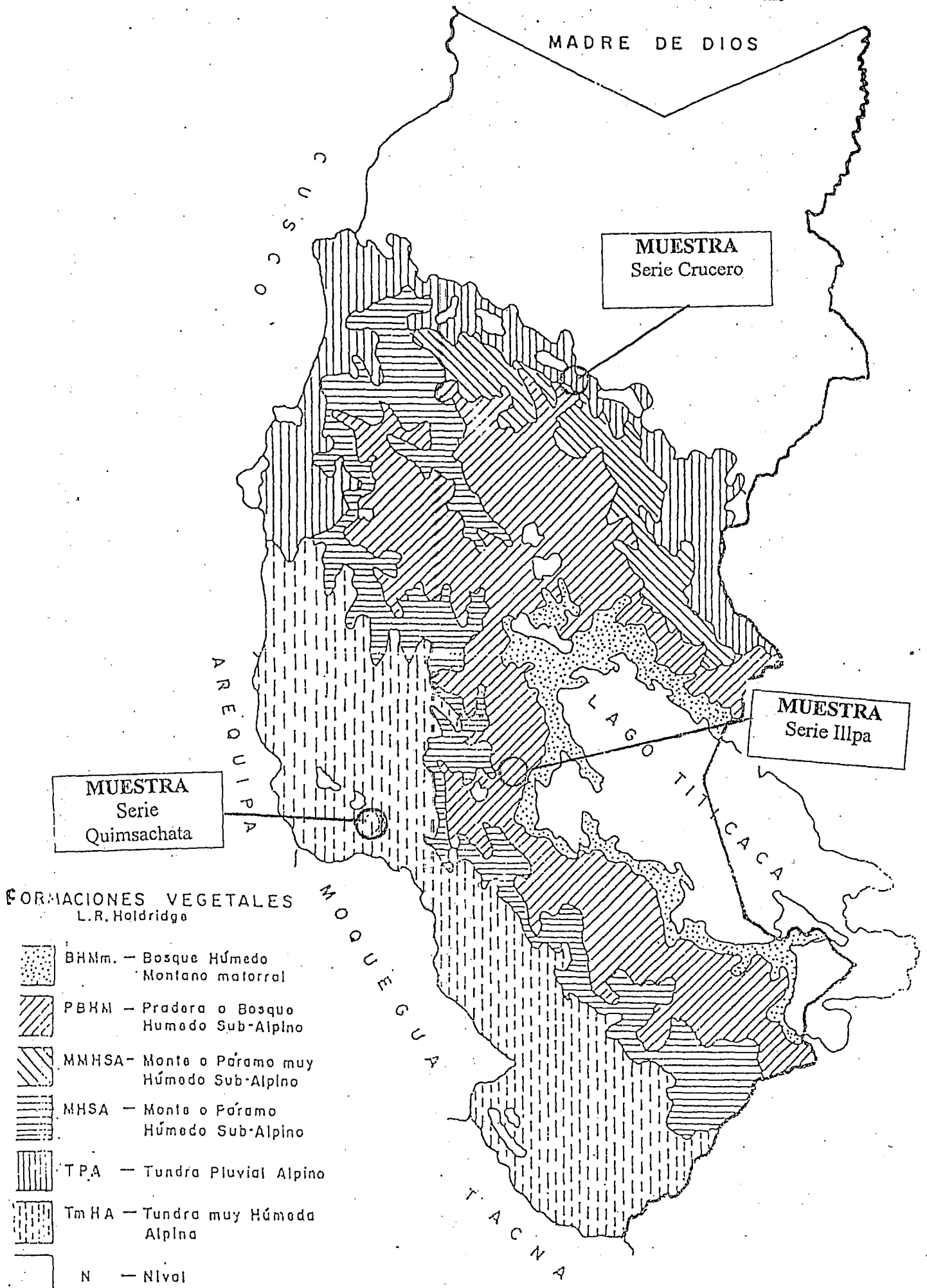


FORMACIÓN DE ROSETA O FLORACIÓN



LLENADO DE RAÍZ O FASE DE HIPOCOTILO

MAPA 1. LOCALIZACIÓN DE TOMA DE MUESTRAS



FUENTE: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN)



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y EXTENSION
AGRARIA-INIA
DIRECCION GENERAL DE PROYECCION Y SERVICIOS AGRARIOS
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO



CERTIFICADO DE ANALISIS DE CAPACIDAD DE CAMPO

SOLICITANTE : Ing. Eduardo Charaja Quispe.
DIRECCION :
INTERESADO : Ing. Eduardo Charaja Quispe.
PROCEDENCIA : Varios.
PRODUCTO : Suelos.
CANTIDAD :
MUESTREO : Interesado.
TIPO DE ANALISIS : Capacidad de campo.
N° DE ANALISIS : 03.
FECHA DE RECEPCIÓN : 22 de Noviembre del 2005.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 24 de Noviembre del 2005.

DETERMINACIONES FISICO QUIMICAS:

Determinaciones	Crucero 1	Crucero 2	Illpa 1	Illpa 2	Quimsachata 1	Qumsachata 2
Capacidad de Campo %	24,62	24,18	24,31	24,30	23,13	23,07
Punto de Marchites %	14,60	14,34	14,42	14,41	11,76	11,73
Densidad Aparente gr/cc	1,19	1,31	1,06	1,10	1,11	1,09

Referencias:

Métodos de Análisis Recomendados Para los Suelos Chilenos. 2000, Angélica Sadzawka R., Renato Grez Z., María de la Luz Mora G., Norma Saavedra R., María Adriana Carrasco R., y Carlos Rojas W. (CNA) Comisión de Normalización y Acreditación, Programa de Normalización de Técnicas y de Acreditación de Laboratorios para los análisis de suelos y de tejidos vegetales, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo 1997 63p..

Conclusiones:

La muestra analizada de Suelos CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.

Validez del Certificado:

El presente Certificado es válido, si permanece en el papel original. El documento en su papel original tendrá validez por el periodo de noventa (90) días calendario a partir de la fecha de emisión.



INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA PUNO

Ing. JORGE CANYUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760
e-mail : illpa@fenix.inia.gob.pe



Gobierno del Perú
Trabajo de Perseverancia



ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Ing. Eduardo Charaja Quispe.

N° de Boletín: 025104.

Dirección:

Procedencia: Varios.

Fecha de Recepción: 23 de Noviembre del 2005.

Fecha de Certificación: 22 de Diciembre del 2005

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

N°	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS MECANICO				CO ₂ Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura				
			%	%	%					
1	25104	Muestra N° 01 Crucero	48,72	6,56	44,72	Franco arenoso	0,00		3,70	0,13
2	25105	Muestra N° 02 Illpa	34,72	6,56	58,72	Franco limoso	0,00		3,48	0,12
3	251P1	Muestra N° 03 Quimsachata	38,72	4,56	56,72	Franco limoso	T		3,51	0,13
4										

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

N°	Suelo:Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro	CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma. Cationes
	pH	C.E. Mmhos/cm	P	K	Mn	Zn	Soluble	Al	Ca	Mg	Na	K		
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	me/100g	me/100g	Me/100g	me/100g	Me/100g		
1	6,00	0,16	1,50	1088				0,00	12,70	2,30	0,30	0,81	15,50	16,11
2	6,10	0,22	18,00	2247				0,00	20,10	6,00	0,47	3,00	23,50	29,57
3	5,95	0,17	17,50	1451				T	11,00	4,40	0,36	2,14	20,00	17,00
4														

Evaluación de la salinidad actual de las muestras.

N°	Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)	SOLUCIONES - me / lt DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN								
		CATIONES				ANIONES				
		Pasta de Saturación	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻
1										
2										
3										
4										

Referencias:

- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimprisión, Octubre 1988. 195p.
- 1.-Determinación de pH Potenciómetro Calomelano.
- 2.-Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
- 3.-Determinación de Materia Orgánica Walkley y Black modificado (colorimetría - Espectrofotómetro).
- 4.-Determinación de Nitrógeno total Semimicrokjeldahl.
- 5.-Determinación de Carbonatos de calcio Gasovolumétrico.
- 6.-Determinación de Aluminio cambiante Peech.
- 7.-Determinación de Calcio y Magnesio EDTA - verse nato.
- 8.-Determinación de potasio Disponible Fotómetro de flama.
- 9.-Determinación de Sodio y Potasio cambiante Fotómetro de flama

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales. El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.

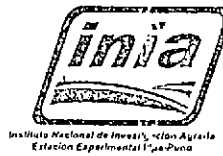


INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio.





ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Nombre: Eduardo Charaja Quispe.

Nº de Boletín: 252C2.

Dirección:

Procedencia: Varios.

Fecha de Recepción: 17 de Febrero del 2006.

Fecha de Certificación: 10 de Marzo del 2006.

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANÁLISIS MECANICO				CO ₂ Ca %	Yeso mc/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura				
			%	%	%					
1	252C2	Quimsachata Planta Nº 2 AP 5 cm	35.44	6.56	58.00	FL	0.00	3.53	0.13	
2	252C3	Quimsachata Planta Nº 8 AP 8 cm	37.44	5.84	56.72	FL	0.00	3.47	0.12	
3	252C4	Quimsachata Planta Nº 1 AP 5.6 cm	37.44	5.84	56.72	FL	0.00	3.48	0.12	
4	252C5	Quimsachata Planta Nº 5 AP 4.1 cm	37.44	6.56	56.00	FL	0.00	3.48	0.12	
5	252D1	Quimsachata Planta Nº 3 AP 5.4 cm	37.44	8.56	54.00	FL	0.00	3.41	0.12	
6	252D2	Quimsachata Planta Nº 7 AP 5.5 cm	37.44	6.56	56.00	FL	0.00	3.56	0.13	

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

Nº	Suelo:Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro Soluble (ppm)	CATIONES CAMBIABLES					CIC mc/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P (ppm)	K (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)		Al mc/100g	Ca mc/100g	Mg mc/100g	Na mc/100g	K mc/100g		
	1	5.50	0.05	6.10	577				T	13.60	8.30	1.10		
2	5.55	0.07	6.15	619			T	17.00	7.60	1.40	2.42	25.30	24.42	
3	5.55	0.05	6.75	745			T	13.20	7.80	1.40	2.42	20.00	24.82	
4	5.50	0.04	6.45	745			T	14.60	7.00	1.14	1.94	20.00	24.68	
5	5.55	0.06	6.40	577			T	13.60	7.40	1.10	2.10	20.00	24.20	
6	5.30	0.04	6.65	577			0.15	13.40	7.30	0.88	1.85	18.70	23.85	

Referencias:

Métodos de Análisis Recomendados Para los Suelos Chilenos. 2000, Angélica Sadowska R., Renato Grez Z., María de la Luz Mora G., Norma Saavedra R., María Adriana Carrasco R., y Carlos Rojas W. (CNA) Comisión de Normalización y Acreditación, Programa de Normalización de Técnicas y de Acreditación de Laboratorios para los análisis de suelos y de tejidos vegetales, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo 1997 63p.

- 1.-Determinación de pH Potenciómetro Calomelano.
- 2.-Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
- 3.-Determinación de Materia Orgánica Walkley y Black modificado (colorimetría - Espectrofotómetro).
- 4.-Determinación de Nitrógeno total Semimicrokjeldahl.
- 5.-Determinación de Carbonatos de calcio Gasovolumétrico.
- 6.-Determinación de Aluminio cambiante Peech.
- 7.-Determinación de Calcio y Magnesio EDTA - verse natc.
- 8.-Determinación de potasio Disponible Fotómetro de flama.
- 9.-Determinación de Sodio y Potasio cambiante Fotómetro de flama

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.



INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA-INIA
 SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 ANEXO SALCEDO



ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Eduardo Charaja Quispe.

Nº de Boletín: 251T5.

Dirección:

Procedencia: Varios.

Fecha de Recepción: 17 de Febrero del 2006.

Fecha de Certificación: 10 de Marzo del 2006.

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS		MECANICO		CO ₂ Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N TOTAL %
			Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura				
1	251T5	Crucero B1 Planta Nº 04 AP 7 cm	47.44	7.28	45.28	FA-F	0.00		3.65	0.13
2	252A1	Crucero B1 Planta Nº 07AP 6.7 cm	50.16	11.56	38.28	F	0.00		3.68	0.13
3	252A2	Crucero B2 Planta Nº 01 AP 8 cm	42.16	8.56	49.28	F-FL	0.00		3.48	0.12
4	252A3	Crucero B2 Planta Nº 06 AP 6.4 cm	39.44	9.28	51.28	FL	0.00		2.93	0.10
5	252A4	Crucero B3 Planta Nº 05 AP 7.5 cm	51.44	7.28	41.28	FA-F	0.00		3.59	0.13
6	252A5	Crucero B3 Planta Nº 08 AP 6.5 cm	47.44	9.28	43.28	F	0.00		3.57	0.13
7	252B1	Illpa B1 Titicaca Planta Nº 01 AP 5 cm	33.44	11.28	55.28	FL	0.00		3.47	0.12
8	252B2	Illpa B1 Titicaca Planta Nº 05 AP 5.4 cm	37.44	11.28	51.28	FL	0.00		3.45	0.12
9	252B3	Illpa B2 Titicaca Planta Nº 03 AP 5.3 cm	27.44	11.28	61.28	FL	0.00		3.53	0.13
10	252B4	Illpa B2 Titicaca Planta Nº 08 AP 4.4 cm	30.16	23.28	46.56	F	0.00		3.42	0.12
11	252B5	Illpa B3 Titicaca Planta Nº 02 AP 5.3 cm	30.16	15.28	54.56	FL	0.00		3.50	0.13
12	252C1	Illpa B3 Titicaca Planta Nº 06 AP 5.5 cm	20.16	15.28	64.56	FL	0.00		3.50	0.13

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

Nº	Suelo:Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro	CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P	K	Mn	Zn	Soluble (ppm)	Al	Ca	Mg	Na	K		
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)		me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g		
1	6.25	0.14	1.55	535				0.00	13.20	8.80	0.84	0.87	18.50	23.71
2	5.95	0.05	1.85	543				T	15.60	7.70	0.88	1.08	16.00	25.26
3	5.75	0.05	1.85	619				T	18.20	8.10	1.06	1.09	21.80	28.39
4	5.50	0.06	2.50	417				T	10.90	9.80	0.67	0.78	20.00	22.15
5	5.50	0.04	1.60	451				T	11.30	8.20	0.63	0.62	18.70	20.75
6	5.75	0.05	1.90	367				T	12.90	7.40	0.58	0.81	16.70	21.69
7	5.50	0.08	13.55	1182				T	19.00	8.90	0.97	2.53	26.70	31.40
8	5.75	0.07	14.70	997				T	17.20	8.20	1.01	2.43	24.00	28.84
9	6.50	0.14	15.40	955				0.00	19.10	8.70	0.93	2.95	26.10	31.68
10	5.95	0.01	12.55	1123				T	16.00	8.20	0.76	2.35	22.60	27.31
11	5.78	0.08	12.70	1207				T	15.90	8.90	0.93	2.43	25.20	28.16
12	5.55	0.07	14.00	1216				T	16.30	8.10	1.10	3.15	26.50	28.65

NOTA: Cualquier borrón y/o enmienda anula el presente certificado. (T) = Trazas.



INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO



ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
 PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760
 e-mail : illpa@inia.gob.pe, illpauvt@inia.gob.pe j.canihua@hotmail.com
 Casilla Postal: 468



ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Eduardo Charaja Quispe.

Nº de Boletín: 252M2.

Dirección:

Procedencia: Varios.

Fecha de Recepción: 08 de Mayo del 2006.

Fecha de Certificación: 21 de Julio del 2006.

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS MECANICO				CO ₂ Ca %	Yeso mc/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura				
1	252M2	Titicaca Nº 3-I	25.60	19.12	55.28	FL	0.00		3.59	0.13
2	252M3	Titicaca Nº 8 I	33.60	17.12	49.28	F	0.00		3.56	0.13
3	252M4	Titicaca Nº 2 II	29.60	17.12	53.28	FL	0.00		3.42	0.12
4	252M5	Titicaca Nº 7 II	27.60	13.12	59.28	FL	0.00		3.42	0.12
5	252N1	Titicaca Nº 4 III	25.60	16.40	58.00	FL	0.00		3.45	0.12
6	252N2	Titicaca Nº 8 III	33.60	16.40	50.00	F-FL	0.00		3.48	0.12

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

Nº	Suelo:Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro	CATIONES CAMBIABLES					CIC mc/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P	K	Mn	Zn	Soluble (ppm)	Al	Ca	Mg	Na	K		
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)		(ppm)	me/100g	me/100g	Me/100g	Mc/100g		
1	5.98	0.13	9.35	159				T	10.00	2.20	0.37	0.93	10.00	13.50
2	5.95	0.11	9.95	159				T	14.00	4.40	0.40	1.21	15.10	20.01
3	6.00	0.15	9.70	221				0.00	12.20	6.90	0.44	1.18	15.17	20.72
4	6.00	0.13	9.90	554				0.00	13.20	1.20	0.41	1.08	11.00	15.89
5	6.00	0.14	6.75	238				0.00	10.30	5.70	0.62	1.12	15.11	17.74
6	5.98	0.01	9.85	159				T	11.90	2.60	0.53	1.25	13.13	16.28

Referencias:

Métodos de Análisis Recomendados Para los Suelos Chilenos. 2000, Angélica Sadzawka R., Renato Grez Z., María de la Luz Mora G., Norma Saavedra R., María Adriana Carrasco R., y Carlos Rojas W. (CNA) Comisión de Normalización y Acreditación, Programa de Normalización de Técnicas y de Acreditación de Laboratorios para los análisis de suelos y de tejidos vegetales, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo 1997 63p.

- 1.-Determinación de pH Potenciómetro Calomelano.
- 2.-Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
- 3.-Determinación de Materia Orgánica Walkley y Black modificado (colorimetría - Espectrofotómetro).
- 4.-Determinación de Nitrógeno total Semimicrokjeldahl.
- 5.-Determinación de Carbonatos de calcio Gasovolumétrico.
- 6.-Determinación de Aluminio cambiante Peech.
- 7.-Determinación de Calcio y Magnesio EDTA - verse nalo.
- 8.-Determinación de potasio Disponible Fotómetro de flama.
- 9.-Determinación de Sodio y Potasio cambiante Fotómetro de flama

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

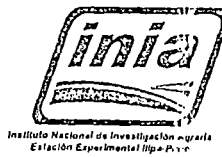
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.



INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ingº JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO





ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Eduardo Charaja Quispe.

N° de Boletín: 252K5.

Dirección:

Procedencia: Varios.

Fecha de Recepción: 08 de Mayo del 2006.

Fecha de Certificación: 21 de Julio del 2006.

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

N°	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS		MECANICO		CO ₂ Ca %	Yeso mc/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura				
1	251K5	Crucero Planta N° 02 I	52.32	6.40	41.28	FA	0.00		3.56	0.13
2	252L1	Crucero Planta N° 03 II	35.60	13.12	51.28	FL	0.00		3.28	0.12
3	252L2	Crucero Planta N° 02 III	49.60	9.12	41.28	F	0.00		3.40	0.12
4	252L3	Crucero Planta N° 06 III	47.60	9.12	43.28	F	0.00		2.53	0.13
5	252L4	Crucero Planta N° 08 I	43.60	11.12	45.28	F	0.00		3.53	0.12
6	252L5	Crucero Planta N° 08 II	41.60	9.12	49.28	F	0.00		3.48	0.12
7	252LL1	Quinsachata Planta N° 01 I	39.60	9.12	51.28	FL	0.00		3.33	0.12
8	252LL2	Quinsachata Planta N° 05 I	41.60	9.12	49.28	F	0.00		3.40	0.12
9	252LL3	Quinsachata Planta N° 03 II	39.60	11.12	49.28	F-FL	0.00		3.39	0.12
10	252LL4	Quinsachata Planta N° 06 II	39.60	8.40	52.00	FL	0.00		3.40	0.13
11	252LL5	Quinsachata Planta N° 01 III	37.60	9.12	53.28	FL	0.00		3.45	0.12
12	252M1	Quinsachata Planta N° 05 III	37.60	8.40	54.00	FL	0.00		3.36	0.12

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

N°	Suelo:Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro	CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P (ppm)	K (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Soluble (ppm)	Al me/100g	Ca me/100g	Mg me/100g	Na me/100g	K me/100g		
1	6.25	0.11	0.10	588				0.00	13.20	6.80	0.62	1.03	17.15	23.83
2	6.25	0.07	0.10	545				0.00	13.20	7.00	0.75	1.41	16.12	24.47
3	6.00	0.10	0.30	545				0.00	10.00	5.60	0.88	0.96	20.00	20.35
4	6.00	0.18	1.10	536				0.00	8.90	9.90	0.80	1.65	19.00	24.04
5	5.75	0.09	0.50	422				T	7.70	7.90	0.66	1.51	18.00	19.46
6	5.95	0.11	3.30	457				T	7.10	6.50	0.75	1.55	16.00	17.63
7	5.51	0.17	3.60	632				T	14.90	3.60	0.54	2.47	10.00	11.51
8	5.72	0.14	3.60	676				T	12.20	10.80	0.66	2.47	24.00	25.13
9	5.55	0.12	3.80	852				T	13.50	0.50	0.51	1.89	14.00	16.40
10	5.50	0.02	3.20	659				0.10	13.40	8.40	0.71	2.39	19.13	25.00
11	5.95	0.13	2.75	808				T	11.10	7.10	0.54	2.10	17.12	20.84
12	5.95	0.1	3.50	676				T	12.10	4.50	0.58	2.13	16.12	19.31

Referencias: Método de análisis de soils, plants and waters University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sección Impresión, Octubre 1954 1956

- Determinación de pH Potencimetro Calomelato.
- Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres ánodos
- Determinación de Materia Orgánica Walkley y Black modificado (colorimétrico - Espectrofotómetro)
- Determinación de Fósforo total Semimicroquímica
- Determinación de Carbonatos de calcio Gasométrico
- Determinación de Aluminio cambiabile Pesch
- Determinación de Calcio y Magnesio EDTA - versión neta
- Determinación de potasio Difenilpicramato de llama
- Determinación de Sodio y Potasio cambiabile Fósforo de llama

Conclusiones: La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciados. El informe sólo afecta a la muestra (señalada a su vez)

Nota: Cualquier corrección y/o enmendadura en este presente documento

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio.



INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing. JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
 PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760
 e-mail : illpa@inia.gob.pe, illpauvtt@inia.gob.pe j.canihua@hotmail.com
 Casilla Postal: 468



ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Nombre: Eduardo Charaja Quispe.

N° de Boletín: 253A3.

Dirección:

Procedencia: Varios.

Fecha de Recepción: 16 de Junio del 2006.

Fecha de Certificación: 26 de Julio del 2006.

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

N°	Cod. Lab.	MARCAS	ANÁLISIS		MECÁNICO		CO ₂ Ca %	Yeso mc/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura				
1	253A3	Titicaca N° 02-I	35.92	7.52	56.56	Franco limoso	0.00		2.40	0.08
2	253A4	Titicaca N° 07 I	33.92	9.52	56.56	Franco limoso	0.00		2.44	0.09
3	253A5	Titicaca N° 01 II	33.92	11.52	54.56	Franco limoso	0.00		2.37	0.08
4	253B1	Titicaca N° 05 II	31.92	11.52	56.56	Franco limoso	0.00		2.37	0.08
5	253B2	Titicaca N° 05 III	37.92	13.52	48.56	Franco	0.00		2.40	0.03
6	253B3	Titicaca N° 07 III	25.92	13.52	60.56	Franco	0.00		2.47	0.09

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

N°	Suelo:Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro Soluble (ppm)	CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. umhos/cm	P (ppm)	K (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)		Al me/100g	Ca me/100g	Mg me/100g	Na me/100g	K me/100g		
1	6.00	0.275	6.80	211				0.00	19.50	4.30	0.67	1.97	31.70	33.40
2	5.97	0.331	6.75	230				T	19.00	2.90	0.74	1.81	32.50	31.45
3	6.00	0.193	6.75	181				0.00	20.00	1.70	0.66	2.46	26.80	31.82
4	5.98	0.170	6.65	230				T	16.30	3.50	0.82	1.69	32.70	25.31
5	6.00	0.165	6.55	142				0.00	19.50	3.80	0.70	2.34	27.80	33.34
6	6.00	0.172	6.55	230				0.00	17.40	3.30	0.66	1.84	33.90	30.20

Referencias:

- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
- 1.-Determinación de pH Potenciometro Calomelano.
 - 2.-Determinación de Conductividad Eléctrica Conductimetro de tres anillos.
 - 3.-Determinación de Materia Orgánica Walkley and Black modificado (colorimetria - Espectrofotometro).
 - 4.-Determinación de Nitrógeno total Semimicrokjeldahl.
 - 5.-Determinación de Carbonatos de calcio Gasovolumétrico.
 - 6.-Determinación de Aluminio cambiante Peech.
 - 7.-Determinación de Calcio y Magnesio EDTA - verse nato.
 - 8.-Determinación de potasio Disponible Fotómetro de flama.
 - 9.-Determinación de Sodio y Potasio cambiante Fotómetro de flama

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales. El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.



INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio.



ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Eduardo Charaja Quispe.

N° de Boletín: 252S1.

Dirección:

Procedencia: Varios.

Fecha de Recepción: 16 de Junio del 2006

Fecha de Certificación: 25 de Julio del 2006.

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

N°	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS MECANICO				CO ₂ Ca %	Yeso mc/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena %	Areilla %	Limo %	Textura				
			%	%	%					
1	251S1	Crucero Planta N° 01 I	39.92	4.80	55.28	Franco limoso	0.00	1.58	0.05	
2	252S2	Crucero Planta N° 05 I	45.92	4.80	49.28	Franco arenoso	0.00	1.40	0.05	
3	252S3	Crucero Planta N° 04 II	47.92	4.80	47.28	Franco arenoso	0.00	1.01	0.03	
4	252S4	Crucero Planta N° 05 II	47.92	7.52	44.56	Franco	0.00	1.55	0.05	
5	252S5	Crucero Planta N° 01 III	45.92	7.52	46.56	Franco	0.00	1.51	0.05	
6	252T1	Crucero Planta N° 08 III	45.92	9.52	44.56	Franco	0.00	1.58	0.05	
7	252T2	Quinsachata Planta N° 03 I	41.92	5.52	52.56	Franco limoso	0.00	1.73	0.06	
8	252T3	Quinsachata Planta N° 07 I	39.92	5.52	54.56	Franco limoso	0.00	1.47	0.05	
9	252T4	Quinsachata Planta N° 02 II	41.92	3.52	54.56	Franco limoso	0.00	1.47	0.05	
10	252T5	Quinsachata Planta N° 04 II	41.92	7.52	50.56	Franco-Franco limoso	0.00	1.40	0.05	
11	253A1	Quinsachata Planta N° 02 III	41.92	5.52	52.56	Franco limoso	0.00	1.37	0.05	
12	253A2	Quinsachata Planta N° 04 III	43.92	3.52	52.56	Franco limoso	0.00	1.33	0.04	

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

N°	Suelo: Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro Soluble (ppm)	CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. umbos/cm	P	K	Mn	Zn		Al	Ca	Mg	Na	K		
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)		me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g		
1	5.50	0.222	1.00	258			T	10.90	3.40	0.30	0.84	18.10	15.44	
2	6.25	0.335	1.25	347			0.00	13.60	2.90	0.45	1.14	22.90	18.09	
3	6.30	0.142	1.10	347			0.00	5.10	7.40	0.23	0.67	21.70	13.40	
4	6.00	0.102	0.65	387			0.00	17.30	4.50	0.46	1.08	25.10	22.99	
5	5.98	0.123	1.15	298			T	15.70	4.30	0.58	1.11	19.30	21.69	
6	5.75	0.141	1.00	387			T	10.20	7.60	0.45	0.86	21.20	19.11	
7	5.75	0.355	4.90	495			T	8.50	5.00	0.42	1.78	22.70	15.70	
8	5.60	0.324	4.10	534			T	14.00	6.20	0.63	2.70	21.20	23.53	
9	5.75	0.114	4.15	456			T	13.70	6.00	0.30	2.43	22.70	22.43	
10	5.90	0.111	3.95	485			T	14.60	5.10	0.63	2.48	21.80	22.81	
11	5.75	0.81	4.00	544			T	15.20	5.10	0.47	2.61	28.70	23.38	
12	6.00	0.141	4.65	436			0.00	8.50	5.30	0.34	1.82	23.50	15.96	

NOTA: Cualquier borrón y/o enmendadura anula el presente certificado. (T) = Trazas.



INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Adalberto SALCEDO



CERTIFICADO DE ANALISIS

SOLICITANTE : Ing. Eduardo Cahraja Quispe.
 INTERESADO :
 DIRECCIÓN :
 PROCEDENCIA : Puno.
 LUGAR : Salcedo.
 N° MUESTRAS : 01.
 TIPO DE ANALISIS : Con fines de riego.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 de Febrero del 2006.
 FECHA DE CERTIFICACIÓN : 27 de Febrero del 2006.

Clave Usuario	777
N° Muestras	01
Temperatura °C.	17,30
pH.	7,26
C. E. mmhos/cm 25 °C	1,150
Ca meq/l.	3,50
Mg meq/l.	3,30
Na meq/l.	4,29
K meq/l.	1,27
Suma de Cationes	12,36
CO ₃ meq/l.	0,00
HCO ₃ meq/l.	1,80
Cl meq/l.	3,80
SO ₄ meq/l.	1,16
NO ₃ meq/l.	0,40
Suma de Aniones	7,16
SAR	2,32
Clasificación	C3S1

Métodos utilizados en el Laboratorio:

- 1.- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
 - 2.- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. Version 3.0 Washington DC, USA, 693p.
- Determinación de pH Potenciómetro Calomeiano.
 Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres ánodos.
 Determinación de Calcio EDTA.
 Determinación de magnesio EDTA.
 Determinación de Carbonatos Fenolftaleína Titulación Con Acido Sulfúrico.
 Determinación de Bicarbonatos Anaranjado de melilo.
 Determinación de Cloruros Titulación con Nitrato de Plata.
 Determinación de Nitratos Kjeldahl.
 Determinación de Sulfatos Cloruro de Bario.

Conclusiones:

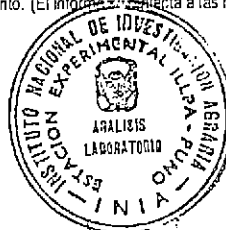
La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe se aplica a las muestras sometidas a ensayo).

Observaciones:

Ninguna.



INGA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso del Laboratorio.

