

t
333.7
R81

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y RECURSOS
NATURALES**



“EFECTO DE LAS ALGAS MARINAS DE ANCON (*ULVA SP.* Y *GRACILARIA SP.*) COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA CANCHAN EN UN SUELO COSTERO”

Tesis para Optar el Título de:

INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

CAROLL LYDIA ROMERO ESTRELLA

Callao, Marzo del 2009

PERÚ

Id. Publ. 15780
Id. Ejemplar: 38783

**“EFECTO DE LAS ALGAS MARINAS DE ANCON (*ULVA*
SP. Y *GRACILARIA SP*) COMO FERTILIZANTE
ORGÁNICO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
PAPA CANCHAN EN UN SUELO COSTERO”**

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos, primos y tíos y en especial a mi bisabuela Francisca Landa Aliaga, por sus buenas enseñanzas que me inculco antes de partir con Dios, te quiero Francisca.

AGRADECIMIENTO

Al Centro Internacional de la Papa (CIP) que me brindo la oportunidad de desarrollar el presente trabajo de investigación.

A mis padres, hermanos, tíos (Héctor, Eduardo, Zoraida, Ana, Sonia, Mila, Alejandro), sobrinas, abuelos y primos hermanos (Grover, Evelyn y Claudia) por su gran apoyo y colaboración en esta investigación y en brindarme sus sabios consejos y confianza. Gracias familia son lo mejor que tengo.

Al Ph.D. Andreas Oswald por creer en el desarrollo de este trabajo de investigación y el apoyo incondicional y asesoramiento que me brindo en todas las etapas del desarrollo de la investigación. Gracias Andreas.

A la MS. Gabriela Burgos por sus consejos y amistad que me brindo en todo momento.

Al Blgo. Jorge Caycho por su asesoramiento y consejos muy acertados sobre el trabajo de investigación.

A mis compañeros del centro internacional de la Papa: Gian, Ccory, Natalia, Lupita y Zany, por su apoyo incondicional y ánimos que me brindaron en todo momento. Gracias amigos.

A mis profesores Carmen Barreto y Geny Barbosa, por brindar sus asesoramientos acertados y consejos. Y mis compañeros de la FIARN, Oscar soto, Fabrizio Vallejos, Jacky, Sandra, Marcelo y todo el código 2000- A, por brindarme sus consejos y apoyo. Son el mejor código.

INDICE GENERAL

	Pág.
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCION	2
III. MARCO TEORICO	4
3.1 ABONOS	4
3.1.1 Abonos Químicos	4
3.1.2 Abonos Orgánicos	4
3.1.3 Abonos Orgánicos comerciales	5
3.1.4 Funciones de los Abonos	6
3.2 LAS ALGAS MARINAS	7
3.2.1 Clases de algas	8
3.2.2 Propiedades químicos y físicas del alga	10
3.2.3 Usos del alga marina	12
3.3 CULTIVO DE PAPA	17
3.4 HIPÓTESIS	19
IV. METODOLOGÍA	20
4.1 UBICACION	20
4.2 DATOS DE CLIMA	21
4.3 DETERMINACION DEL UNIVERSO	21
4.4 RECOLECCION Y CARATERIZACION DEL ALGA	22
4.4.1 Determinación del contenido de macro nutrientes del alga marina	23
4.4.2 Determinación del contenido de humedad del alga	23
4.5 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	23
4.5.1 Análisis de suelos (contenido de Nitrógeno, Potasio, Calcáreo total, materia orgánica, fósforo y capacidad de intercambio catiónico)	24
4.5.2 Determinación del pH y salinidad del suelo	24
4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	25

4.6.1	Características de la unidad experimental de Invernadero	25
4.6.2	Características de las parcelas experimentales de Campo	25
4.6.3	Diseño estadístico	25
4.7	METODOLOGÍA DE PRESIEMBRA	26
4.7.1	Invernadero	26
4.7.2	Campo	26
4.8	FERTILIZACIÓN DE LOS SUELOS	27
4.8.1	Invernadero	27
4.8.2	Campo	27
4.9	METODOLOGÍA DE SIEMBRA	27
4.9.1	Invernadero	27
4.9.2	Campo	28
4.10	METODOLOGÍA DE MANEJO DE CULTIVO DURANTE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA	28
4.10.1	Invernadero	28
4.10.2	Campo	28
4.11	METODOLOGÍA DE COSECHA	29
4.11.1	Invernadero	29
4.11.2	Campo	29
4.12	MEDICIÓN Y EVALUACIONES	30
4.12.1	Rendimiento total	30
4.12.2	Rendimiento Comercial	30
4.12.3	Número tubérculos totales	31
4.12.4	Número tubérculos comerciales	31
4.12.5	Porcentaje de materia seca del tubérculo	31
4.12.6	Peso total de la planta	32
4.12.7	Área foliar de la planta	32
4.13	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
V.	RESULTADOS Y DISCUSION	33
5.1	ANÁLISIS DE MACRO NUTRIENTES DEL ALGA	33
5.2	RESULTADO Y DISCUSIÓN EN INVERNADERO	36

5.2.1	Evaluación del rendimiento total	36
5.2.2	Evaluación del área foliar de la planta	43
5.2.3	Evaluación del peso seco total de la planta	46
5.2.4	Evaluación del pH y salinidad del suelo	48
5.3	RESULTADO Y DISCUSIÓN EN CAMPO	50
5.3.1	Evaluación del rendimiento	50
VI.	CONCLUSIONES	63
VII.	RECOMENDACIONES	66
VIII.	BIBLIOGRAFIA	67
	APENDICES	82
	ANEXOS	116

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Análisis de macronutrientes en algas marinas	33
2. Comparación de la composición química del alga marina <i>Ulva lactuca</i> y <i>Gracilaria</i> con algunos abonos comerciales a base de algas	35
3. Efecto de las algas en rendimiento total	37
4. Efecto de las algas en el peso seco tubérculos	39
5. Porcentaje de materia seca del tubérculos	42
6. Efecto de las Algas marinas en el área foliar de la planta	44
7. Peso seco total de la planta	47
8. Análisis de pH y salinidad del suelo antes de la Siembra	48
9. Análisis de pH y salinidad del suelo en pos cosecha	49
10. Efectos de las algas en el rendimiento total	51
11. Comparación del contenido nutricional	54
12. Efecto de las algas en el rendimiento comercial	56
13. Efecto del alga marina en el porcentaje del rendimiento comercial	57
14. Efecto de las algas marinas en el porcentaje de materia seca	58
15. Efecto de las algas marinas en el número de tubérculos totales	59
16. Efecto de las algas marinas en el número de tubérculos comerciales	61

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Ubicación geográfica del centro experimental del CIP sede la Molina	20
2. Ubicación del Bahía de Ancón	21

INDICE DE APÉNDICE Y ANEXOS

	Pág.
1. Apéndice I	83 - 98
2. Apéndice II	99 - 115
3. Anexo I	117-119

I. RESUMEN

El Perú cuenta con una gran diversidad de recursos marinos entre ellas las algas marinas, muchas de estas especies se encuentran varadas en las playas, en la Bahía de Ancón, originando malestares en el balneario y a los residentes por el mal olor que emanan.

La poca presencia de material orgánico y baja capacidad de retención de agua en los suelos costeros del Perú, así como el uso excesivo de los agroquímicos y fertilizantes químicos ha originado, la contaminación y degradación progresiva de los suelos coteros. La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de las algas marinas (*Ulva sp.* y *Gracilaria sp.*) como fertilizantes orgánicos en el rendimiento del cultivo de papa en un suelo costero. El estudio se llevo a cabo en la estación experimental del Centro Internacional de la Papa (CIP) la Molina – Lima – Perú, utilizándose como insumos las algas (*Ulva sp.* y *Gracilaria sp.*), fertilizantes químicos (NPK al 50 % y 100%) y abonos orgánicos (estiércol de ovino); se prepararon 33 combinaciones para aplicación en invernadero y 9 combinaciones para aplicación en campo, los cuales fueron aplicados directamente al suelo por única vez en la etapa de siembra. El diseño experimental empleado fue el diseño de bloques completos al Azar, siendo distribuidos aleatoriamente con sus tres repeticiones. La evaluación se realizó en función al rendimiento comercial, total, número de tubérculos totales, comerciales; y porcentaje de materia seca del tubérculo en cada caso. En ambos ensayos se realizó el análisis de suelos antes de la siembra y la caracterización del contenido de macronutrientes del alga marina.

Los resultados de los ensayos realizados, reportaron que la mayor producción de tubérculos se obtuvo con el tratamiento T9 (10 ton/ha de alga, 50% de NPK) del ensayo de campo, con 51.574 ton/ha, reportando un incrementos de 28% con respecto al control T1 (estiércol de 10 ton/ha) e incrementos positivos en todos los promedios aritméticos del rendimiento comercial del ensayo.

La utilización de las algas incrementa el rendimiento del cultivo de papa debido a que mejora las características físicas del suelo por el incremento de microporos y mayor capacidad de intercambio catiónico.

II. INTRODUCCIÓN

El uso de algas marinas como abono orgánico es un sistema de fertilización que tradicionalmente han sido utilizados por agricultores de diversas zonas costeras del mundo que han venido adicionándose al suelo directamente o como subproducto (Senn, 1987; Morton, 1991; Warman, Munro & Warman, 1993). A su vez es un procedimiento adecuado para la eliminación de las enormes cantidades de algas varadas en las playas, ya sea adicionándolo al suelo directamente o como extracto de algas.

El Perú cuenta con una gran diversidad de recursos marinos entre las cuales encontramos a las algas marinas. Muchas de estas especies se encuentran varadas en las playas, producto del azote puntual de grandes oleajes y de la poca profundidad e intensidad de los vientos que las arrastran, formando en todas las playas sobre todo en la Bahía de Ancón, un extenso colchón de algas a lo largo de toda la orilla (Apéndice II, Foto 1). Las algas marinas varadas en las orillas de las playas sufren procesos de descomposición produciendo gases de olores desagradables como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), perjudicial para la supervivencia de los recursos marinos (Aldon, 2008).

La enmienda de los suelos con algas tiene como finalidad mejorar sus características físicas y químicas, incrementando su calidad agronómica y el rendimiento de los cultivos, dando como resultados productos sanos con prácticas de producción agrícola sostenible y manejando de manera racional los recursos naturales. El estudio permitirá otorgar un destino útil a las algas marinas de Ancón evitando el impacto ambiental negativo que producen al quedar varada en las playas.

Los diferentes beneficios que se obtienen al adicionar las algas marinas a los suelos ya sean directos (algas secas sólidas al suelo) o como subproducto (harina, extracto líquidos o bioestimulante, polvos) por aplicación foliar, se da a través de los contenidos de nutrientes que poseen las algas siendo los responsables del crecimiento vegetal de las plantas (Black y Mitchell, 1952; Johnston, 1966; Augier

y Santimone, 1978) y del mejoramiento en el rendimiento, calidad de cosechas y sobre todo en las características físicas y químicas del suelo (Canales, 1998). Los subproductos del alga sobre todo los extractos y bioestimulantes como el Kelpak se vienen usando en zonas de cultivos alejados de la costa (Senn, 1987) favoreciendo sobre todo a fijar el nitrógeno del aire en plantas no leguminosas (Canales, 1998; Martínez, 1995), la presencia y actividad de las hormonas como las betaínas en las algas (verdes, rojas y pardas) que actúan de manera similar a las citoquininas, favorecen a la protección enzimática promoviendo mayor resistencia al frío, a la salinidad y senescencia en las plantas (García & Matel, 2005).

Las Algas marinas de los géneros *Ulva sp.* y *Gracilaria sp.* encontradas en la bahía de Ancón, son especies que no han sido estudiadas por separado ni mezclado como fertilizantes. El presente estudio tiene como objetivo la utilización del alga marina seca (*Ulva sp.* y *Gracilaria sp.*) como fertilizante y su efecto en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando técnicas sencillas de producción.

III. MARCO TEORICO

3.1 ABONOS

Sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética que se aplica al suelo o la planta para suplir los nutrientes no abastecidos por el suelo y abasteciendo de elementos nutritivos indispensable para el desarrollo vegetativo normal (Zavaleta, 1992). Una forma de mantener la fertilidad de la tierra es incorporando abonos. Esto sumado a una adecuada rotación y asociación de plantas, nos asegura una producción continua. (Sánchez, 2003)

3.1.1 Abonos Químicos

Son sustancias de origen mineral, producidas por la industria química, que interviene sobre todo en la producción de abonos nitrogenados, que pasan por la síntesis del amoniaco a partir del nitrógeno del aire. Del amoniaco se derivan la urea y el nitrato. El nombre de los abonos minerales está normalizado, en referencia a sus tres principales componentes: NPK. Los abonos simples pueden ser nitrogenados, fosfatados o potásicos. Los abonos binarios son llamados NP o PK o NK, los ternarios NPK. Estas letras van generalmente seguidas de cifras, representando las proporciones respectivas de los elementos. (Sánchez, 2003)

3.1.2 Abonos Orgánicos

Los abonos orgánicos son generalmente de origen animal o vegetal. Pueden ser también de síntesis (urea por ejemplo). Los de origen animal son típicamente desechos industriales tales como desechos de matadero (sangre desecada, cuerno tostado,) desechos de pescado, lodos de depuración de aguas. Son interesantes por su aporte de nitrógeno de descomposición relativamente lenta, y por su acción favorecedora de la multiplicación rápida de la microflora del suelo (Zavaleta, 1992). Los de origen vegetal son desechos vegetales (residuos verdes), compostados o no. También pueden ser plantas cultivadas especialmente como abonos verdes o preparados con ese fin como las algas. Así mismo los subproductos de la cría de ganado, tales como el

estiércol son abonos orgánicos de tipo animal muy conocidos, su composición química depende del animal de que proceda y de las circunstancias del momento. Además contienen sustancia orgánica con gran cantidad de elementos como nitrógeno, fósforo y calcio, así como un alto porcentaje de oligoelementos. También encontramos dentro de esta categoría el purín que es el líquido que fluye del estiércol y agua de lluvia, es un abono de efecto rápido y de muy fácil obtención solo cuando se aplica en dosis elevadas puede originar la salinización del suelo. (Sánchez, 2003)

3.1.3 Abonos Orgánicos Comerciales:

a) **Extractos Vegetales.**- Los extractos vegetales son mezclas complejas con multitud de compuestos químicos, obtenido por procesos físicos, químicos y/o microbiológicos que se forma de una fuente natural (Parker, 1994). Los tratamientos de extractos de algas permiten al cultivo recuperarse rápidamente si está debilitado por alguna de esas circunstancias como: granizada, stress hídrico, helada, etc. Siendo en estas situaciones preferible usarlos, ya que activa el metabolismo del vegetal y a la vez es un complemento al abonado mineral correspondiente (INFOJARDIN). Uno de los extractos vegetales más conocidos son los derivados de algas marinas. Según Maneveldt y Frans (2003) citado por Epuin (2004), en África del Sur, la industria del alga se basa en *Ecklonia sp.* y *Laminaria sp.*, incluso se cosecha para la producción de un estimulante muy acertado del crecimiento vegetal y se ha demostrado que es una fuente de microelementos.

b) **Bioestimulantes.**- Son compuestos orgánicos no hormonales constituidos por aminoácidos, que se encuentran en la naturaleza como metabolitos primarios formando las proteínas. Sirven como precursores y activadores de múltiples rutas metabólicas, que va a dar lugar a nuevos productos estructurales de metabolitos primarios como aminoácidos de proteínas comunes, nucleótidos, lípidos, etc. y metabolitos secundarios como fitohormonas, enzimas, vitaminas, oligosacáridos, etc. Son productos que autorregulan y generan sustancias de reservas para la plantas (Gros, 1986;

citado por Ramos, 2004). Según Rojas y Ramírez (1987) dicen que los bioestimulantes son compuestos que presentan moléculas bioactivas, siendo esenciales en la elaboración de proteínas y enzimas. Así mismo los bioestimulantes de algas son capaces de incrementar el desarrollo, producción y/o crecimiento de los vegetales (Bietti y Orlando, 2003; citado por Epuín, 2004).

- c) **Biol.-** Son conocidos como fertilizantes líquidos que se originan a partir de la fermentación de materiales orgánicos o de productos de desechos de animales, plantas verdes, frutos, etc. La fermentación puede ocurrir en presencia de oxígeno, denominado aeróbico o en ausencia de dicho elemento denominado anaeróbico (Restrepo, 1998). Son una fuente orgánica de fitoreguladores que a diferencia de los nutrientes, son capaces de promover en pequeñas cantidades, las actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de plantas, sirviendo para actividades agronómicas como: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplia la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y el poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en aumento significativo de las cosechas. (Suquilandia, 1999).
- d) **Compost.-** Es un abono orgánico preparado con todos los restos y desperdicios de plantas y animales, que se descomponen y se convierten en una sustancia con muchos nutrientes y muy rica en humus (Kolmans *et al.*, 1993). La mayoría de los productos comerciales de abonos orgánicos se basan en insumos rentables (materiales de desecho e insumos de bajo costo) que logren mejorar la producción de los cultivos sin degradar ni deteriorar el recurso suelo.

3.1.4. Funciones de los abonos:

Las funciones más importantes de los abonos químicos (inorgánicos) son de:

- Mejorar rápidamente el rendimiento de los cultivos.
- Incrementar la concentración de los nutrientes
- Son más accesible para los agricultores.

- Son de fácil transporte.

(Sánchez, 2003)

Los abonos orgánicos:

- Mejoran la estructura del suelo, aumentando el espacio de los poros.
- Mejoran la fertilidad del suelo.
- Aumentan la capacidad de intercambio catiónico en proporciones de 5 a 10 veces más que la arcilla.
- Amortiguan los cambios rápidos de acidez, alcalinidad, salinidad del suelo y contra la acción de pesticidas y metales tóxicos pesados.
- Proporcionan alimento a los organismos con beneficiosos como la lombriz de tierra y las bacterias fijadoras de nitrógeno.
- Actúa ante cambios bruscos de temperatura en la superficie del suelo.
- Suministra a los cultivos cantidades pequeñas de elementos metabólicos (con la descomposición del residuo orgánico) a tiempo y en armonía con las necesidades de la planta en su etapa de crecimiento.
- Reducen la densidad aparente del suelo aumentando la infiltración y el poder de retención del agua en el suelo.
- Mejoran las condiciones físicas del suelo mediante la formación de agregados.
- Aumenta de 20 a 50% la capacidad de retención de agua.
- Impide la erosión del suelo y reduce el peligro de inundaciones.
- Evita el endurecimiento de la tierra superficial después de una lluvia torrencial.
- Reduce las enfermedades en las plantas.
- Reduce al mínimo la amenaza de insectos.
- Disminuye el costo de producción.

(Sánchez, 2003, Cruz, 2002)

3.2 LAS ALGAS MARINAS

Las algas son talófitos (organismos que carecen de raíz, tallo y hojas), provisto de diferentes pigmentos fotosintéticos como la clorofila (Álvarez y Bazán, 2008). La mayoría de ellas son eucariotas (presencia de membrana nuclear) y

tienen cromoplasto de forma, número y posición variados (Acleto y Zuñiga, 1998).

Las algas habitan en todos los ambientes, no solo en cuerpos de agua estables sino también en aquellos expuestos a la desecación: sobre rocas desnudas, fuentes termales (en donde soportan altas temperaturas), nieves, glaciares. Es común encontrarlas en lugares con poca luz, a grandes profundidades. Esta capacidad está condicionada por su habilidad de adaptación. Las algas para subsistir necesitan una mínima concentración de nutrientes, una débil intensidad luminosa y temperaturas bajas (Álvarez y Bazán, 2008).

3.2.1 Clases de Algas

Las Algas recolectadas en la bahía de Ancón se identificaron según la clasificación realizada porACLEto y Zuñiga (1998), en división Chloropyta y Rhodophyta.

a) **Chloropyta.**- Las algas marinas verdes como la *Ulva sp.* se encuentra clasificado dentro del sistema de clasificación Ficológica deACLEto y Zuñiga (1998) en:

Reino: Protista

División: Chloropyta,

Clase: Chlorophyceae,

Orden: Ulvales,

Familia: Ulvaceae

Género: *Ulva*

Especie: *Ulva lactuca* Linnaeus (1753)

La Chloropyta o algas verdes son macroalgas que presentan grandes cantidades de clorofilas a y b en comparación al contenido de β caroteno y xantofila. Almacenan almidón como producto de reserva, además una de las características importante de esta alga es de retener la humedad en el suelo, sin intervenir en el drenaje de las aguas, por ello se ganaron el apelativo de "formadoras de crecimiento" (Álvarez y Bazán, 2008). En el Perú esta especie

ha sido reportado en Lobos de tierra, Bahía de Ancón, La punta, Pucusana, La Puntilla y Bahía de Paracas (Dawson *et al.*, 1964). Se desarrollan en zonas intermareales, en charcas, roca o sublitoral hasta 20 metros. Al tolerar salinidad baja puede encontrarse en estuarios y frecuentemente en zonas con aportes de nitrógeno (Tapia, 2002). Algunas especies de *Ulva sp.* suelen ser favorecidas en su crecimiento por las aguas enriquecidas en nutrientes cerca de las colonias de aves marinas (Boraso, 2004).

b) Rhodophyta.- Las algas marinas rojas como la *Gracilaria sp.* se encuentra clasificada dentro del sistema de clasificación Ficológico (Acleto y Zuñiga, 1998) en:

Reino: Protista

División: Rhodophyta,

Clase: Floridiophyceae,

Orden: Gracilariales

Familia: Gracilariaceae

Género: Gracilaria

Especie: *Gracilaria Greville* (1989)

Los diferentes factores ecológicos como la temperatura, iluminación, salinidad y substrato influyen en el desarrollo del alga *Gracilaria sp.* Las algas *Gracilaria sp.* crecen en grupos en forma alternada, en ambientes protegidos, tanto en zonas intermareal como submareal, enterados en la arena o en rocas (IFOP, 2005; citado por Cordero 2005). SegúnACLETO y ZUÑIGA (1998) las rojas también se ubican en zonas sublitoral de aguas calidad y tropicales sobre rocas lisas y muy expuestas a la acción mecánica de las olas.

Las Rhodophyta o algas rojas son macroalgas que presentan un predominio de carbohidratos polisacáridos en sus paredes celulares siendo de gran importancia económica: el agar y el carraguín. Ambas sustancias están químicamente relacionadas y tienen propiedades suspensivas, emulsionantes, estabilizantes y gelidificantes (Acleto y Zuñiga, 1998).

Asimismo en su citoplasma se encuentran dos pigmentos característicos de esta especie que son la ficoeritrina y ficocianina, incluso se ubica también el

producto de reserva que es un carbohidrato llamado almidón de Florideas. (Acleto y Zuñiga, 1998).

3.2.2 Propiedades Química y Físicas de las Algas Marinas

Las algas marinas actúan en el medio en que viven, modificando las propiedades físico químicas del mismo (Álvarez y Bazán, 2008). Contiene una fuente rica en fibra, ácidos grasos poliinsaturados y vitaminas (Canales, 1998 y Martínez, 1995).

Así mismo se han encontrado compuestos de agentes quelantes como ácidos algínicos, fúlvicos, manitol, hormonas, fitohormonas, enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y Van Staden, 1992).

La presencia de micronutrientes (Co, Mn, Al,) y macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) en todas las variedades de algas son grandes favoreciendo a estimular el crecimiento vegetal (Maneveldt & Frans, 2003; Staden, 1993 y Canales, 1999). Mendo (2004) presentó un resumen de la composición química proximal de la *Ulva sp.* en base seca, donde se aprecia el rango de nutrientes (macro y micronutrientes) que presenta esta alga, la cual se muestra en la tabla A.

Tabla. A
Macro y Micronutrientes de la *Ulva sp.*

Parámetros	Rango
Carbohidratos	42.3 – 47.1%
Proteínas totales	17.2 – 30.4 %
Cenizas	17.8 – 24.0%
Fibra	3.9 – 7.8 %
Grasa	0.5 – 5.9 %
Nitrógeno	3.8 – 4.0 %
Sodio	0.06 – 3.18%
Calcio	1.12 – 2.2 5
Potasio	0.73 – 1.6 %
Magnesio	0.6 – 1.5 %
Fósforo	0.09 – 0.7 %
Fierro	62 – 960 ppm
Zinc	25.6 – 64 ppm
Cobre	2.1 – 24 ppm

Fuente: Mendo (2004)

Las algas marinas (macroalgas) tienen la capacidad de almacenar grandes reservas de nitrógeno en todo tipo de compuestos (aminoácidos libres y conjugados, proteínas, enzimas, clorofilas, etc.), llegando a sobrepasar algunas especies (por ejemplo: *Ulva sp.*, *Porphyra sp.*), el 35 por ciento (peso seco) de proteína. No obstante, en condiciones carenciales (principal factor limitante del medio marino es el nitrógeno) el contenido proteico puede quedar reducido a un 3 por ciento. (García y Martel, 2005)

Así mismo los contenidos de fósforo y potasio en algas, fluctúan anualmente y según la especie y su estado fisiológico, siendo poco significativos a efectos del fertilizante. Es de destacar el gran contenido en potasio de las macroalgas pardas a comparación con las rojas y más aun en verdes y plantas acuáticas superiores. Sólo determinadas especies de macroalgas marinas (pardas, rojas y verdes) aportan cantidades significativas de calcio y magnesio. (García y Martel, 2005)

Según Jensen (1968; citado por Montero, 1999) y Chapman & Chapman (1980), los géneros de algas marinas *Ulva sp.*, *Gracilaria sp.* y otras especies, presentan altos contenidos P, Ca, Mg, K, Na y Al en su materia, lo que resulta importante en particular desde la perspectiva del poder fertilizante de K y P. Así mismo la presencia de metales pesados como cobalto (Co), cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe) y zinc (Zn), siendo estos dos últimos elementos más altos, intervienen en el aumento del contenido de bases de cambio y el pH del suelo (Montero *et al.*, 1999).

Las algas tienen una gran diversidad de compuestos bioantioxidantes, tanto liposolubles (fosfolípidos, carotenoides, xantofilas, tocoferol) como hidrosolubles (polifenoles: Polímeros de floroglucinol o flortaninos, bromofenoles, enzimas: Superóxido dismutasa, glutatión reductasa, catalasas, glutatión y ascobato-peroxidasas, vitamina C) (Fujimoto, 1990). El elevado efecto antioxidante de los extractos de algas se explica tanto por la elevada afinidad por radicales libres de compuestos específicos (altamente variables) y por la activación que generan en los propios mecanismos de defensa de la

planta (por ejemplo: Estímulo de síntesis de peroxidases) (Seaweed News, 1999).

3.2.3 Usos del Alga Marina

Desde tiempos pasados, el hombre ha usado las algas con distintos fines. En China desde el año 2700 A.C. y los griegos y romanos las usaban como alimentación, para el forraje como plantas medicinales y en cosmética. La cantidad de algas transformadas en todo el mundo es del orden de 7 billones de toneladas de peso fresco, siendo los países asiáticos los productores de casi el 80 por ciento de las materias primas (Tabla B) (Ríos, 2007). Actualmente tienen usos industriales, agropecuarios, alimentación, médico-farmacológicos, restauración ambiental y agricultura (Anilcolsa, 2004).

Tabla B: PRODUCCIÓN DE ALGAS MARINAS POR PAÍSES

PAIS	PRODUCCIÓN	PAÍS	PRODUCCION	PAIS	PRODUCCION
	TM/ secas		TM/ secas		TM/ secas
China	698,529	Canadá	12,702	Portugal	1,302
Francia	616,529	Ireland	10,614	Sur Africa	1,272
U. Kingdon	205,500	Mexico	10,405	España	1,266
Japon	123,074	Marruecos	6,950	Namibia	835
Chile	109,308	Rusia	5,000	Madagascar	800
Filipinas	95,912	Tanzania	5,000	Kiribati	496
Corea N.	71,435	Islandia	4,400	Vietnam	400
Corea S.	67,050	Australia	4,020	Tailandia	400
Indonesia	46,894	Malasia	4,001	Perú	194
Noruega	40,632	India	3,003	Dinamarca	100
USA	15,143	Argentina	2,321	Fiji	100

Fuente: Ríos (2007)

a) Restauración Ambiental

Investigaciones futuras han descubierto la posibilidad de utilizar algas en el tratamiento de aguas residuales, algunas algas pueden absorber iones de metales pesados, como zinc y cadmio, del agua contaminada. En los efluentes de las granjas piscícolas suelen contener altos niveles de residuos nitrogenados (amonio y urea) y carbono que pueden causar problemas a la vida acuática en aguas adyacentes; en muchos casos las algas pueden utilizar gran parte de estos residuos como nutrientes, reduciendo la eutroficación de

las aguas. Actualmente se están realizando ensayos para cultivar algas en zonas adyacentes a piscifactorías. (Anilcolsa, 2004)

b) Fertilizantes

Las algas marinas han sido utilizadas durante siglos como abonos en casi todas las zonas agrícolas costeras principalmente isleñas (Islandia, Noruega, Gran Bretaña, Portugal, África -Tanzania, Océano Indico, China) donde fueron recolectadas y aseguran que su uso reemplazó la práctica de rotación de cultivos (LÓPEZ, 1963). En el siglo IV en Europa, se encontró documentos sobre la utilización de fertilizantes de origen marino como el alga de género *Laminaria* y *Ascophyllum*, siendo aplicadas en hortalizas y frutales (Cabioch, 1976). En el siglo XII en Francia, se encontró la presencia de un “fertilizante estratégico” basado en algas marinas que mejoro el rendimiento de sus cultivos (López, 1963). En el siglo XVIII se utilizó el maerl (termino bretón que significa sedimentos marinos compuesto por algas rojas) en la costa del Canal de la Mancha (Gran Bretaña), como fertilizante y corrector de suelos ácidos (Brain *et al.*, 1981), usando entre 20 a 30 ton/ha como abono de suelos (Senn, 1987), y a mediados del siglo XIX se creó la primera patente de “seaweed manure” (estiércol de macroalgas marinas) lo que fue reconocido después de 112 años, en 1912, con el nombre de “Penkals” (extracto líquido de algas) (Gardissal, 1856; citado por García y Matel, 2005); el propósito del Penkals fue de trasladar las propiedades como fertilizantes de las algas a zonas que se encuentran alejadas de la costa y ser transportado a los centro de abastos más cercanos (Booth, 1969).

Los productos derivados de las algas marinas (extractos líquidos, polvos solubles, bioles, compost, bioestimulante y otros), se vienen utilizando en los últimos 50 años y por sus bajas dosis es posible usarlos en áreas distantes al mar (Senn, 1987). Así mismo en 1949 los bioestimulante líquidos (de aplicación foliar y al suelo) a partir de macroalgas marinas, comenzaron a ser aplicadas en el Reino Unido a partir de concentrados preparados con harinas de kelps (macroalga *Chloropyta*) (Woodward, 1966; Aldworth y van Staden, 1987; citado por García y Martel, 2005). Algunos extractos comerciales contienen solo macroalgas marinas, aunque lo que más abunda son extractos suplementados

con oligoelementos y/o harinas de pescado y/o pesticidas (García y Martel, 2005).

Por otro lado la adición de algas marinas en el suelo, aporta diferentes beneficios en los cultivos tales como aumento en la producción, mejor germinación de las semillas, (Aitken *et al.* 1965; Button, Noyes 1964; citado por Montero, 1999), mejor calidad y almacenamiento de los frutos (Senn, 1987), resistencia de las plantas a las heladas (Senn *et al.*, 1961; Senn y Kigman, 1978; citado por Montero , 1999), retraso de la senescencia, reducción de infestación por nemátodos (Featonby-Smith y Van Staden, 1983), incremento de resistencia en enfermedades fúngicas y bacterianas (Kuwada *et al.*, 1999), mejor crecimiento de raíces (Jones y Van standen, 1997), incremento de la cosecha de frutos y semillas (Arthur, 2003; Zurawicz *et al.*, 2004), incremento del grado de maduración de los frutos (FORNES *et al.*, 2002), protección de la planta ante el ataque de insectos (Stephenson, 1966), y son los responsables de la absorción de nutrientes (Montero, Marcet, Andrade, Estevez y Reyzubal, 1999).

Algunos ensayos realizados con algas indicaron que aportan al suelo cantidades de nitrógeno (N₂), más potasio (K) y menos fósforo (P) que el estiércol de granja. Siendo los más adecuados para aplicar en suelos pobres en potasio (K), o para cultivos exigentes en este nutriente, tales como el de *Solanum tuberosum* L. (papa) (Arévalo, 1965; Jensen *et al.* 1968; González *et al.* 1982; Francki, 1960 y 1964; Myklestad, 1963; Zunino *et al.* 1971; citado por Montero *et al.*, 1999), así mismo existen estudios de aplicación de algas en fresco al suelo que dieron como resultado aumento en el contenido en hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn), también aumento en pH del suelo, aumento de producción de materia seca en el suelo y el aumento del contenido de bases de cambio (Montero *et al.*, 1999). Investigaciones realizada por Peña & Yañez (2006) en cultivo de tomate demostraron que la aplicación de la especie *Ulva* sp en fresco dieron mejores resultados en el crecimiento del cultivo de tomate que los extractos líquidos basado en algas.

El valor del fertilizante de las algas no está relacionado solamente con el contenido de N, P o K, sino con las fitohormonas o micronutrientes que contienen ellas para estimular el desarrollo radicular y mejorar la absorción de

agua y nutriente (Booth, 1966). Así mismo se encontró una alta actividad de citoquinina, en un extracto de algas marinas comerciales (Paavo, 1989), siendo responsable de activar la germinación de los brotes y el crecimiento de la semilla de papa (Palmer & Smith 1969; Forsline y Langille 1976). En la brotación del tubérculo de semilla de papa, el contenido de citoquinina aumenta en los alrededores de las bases de semillas germinadas, y contribuye a desarrollar la pausa de reposo vegetativo (Hemberg, 1970; Engelbrecht & Biellinska-Czarnecka, 1972; y Hartmans & Van, 1979). Según Featonby Smith y Van Staden (1984) afirmaron que la citoquinina es uno de los componentes activos más importantes para el crecimiento de las plantas así como las auxinas. La presencia de las citoquininas en algas verdes, rojas y pardas es variable según W.A. *et al.* , (2003). Encontrando predominio de esta hormona en algas pardas.

La aplicación de algas marinas al suelo o alguno de sus derivados (extractos, bioestimulantes, etc.), activan las reacción de hidrólisis enzimáticos catalíticos reversibles actuando en el sustrato, estas acciones enzimáticas de hidrólisis, provocan y activan reacciones en los compuestos del suelo movilizando sus iones, inclusive los provenientes de su mineralización e intoxicación debido al exceso de aportaciones de fertilizantes y agroquímicos (Reyes, 1991; y Reyes, 1993). Así mismo las enzimas hidrolasas que presentan las algas, al actuar sobre las arcillas, cambian paulatinamente su textura hacia suelo franco y mejoran su estructura. Al actuar sobre las arcillas y los compuestos insolubles, movilizan los iones del suelo poniendo disponibles los alimentos para que las plantas las tomen. También las enzimas al atacar los carbonatos, liberan ácido carbónico y forman los poros. Al liberarse los metales, coagulan las arcillas, formando poros también. El ácido carbónico liberado y la disociación del agua, aportan al ajuste del pH del suelo (Canales, 1997 y Canales, 1998).

Por esa razón cuando se aplican foliarmente los extractos de algas y algas frescas al suelo, las enzimas que estas conllevan, reforzaran a las plantas su sistema inmunitario y su sistema alimentario activando sus funciones fisiológicas (Fox y Cameron, 1961; López, *et al.*, 1995).

c) Fertilizantes Comerciales a Base de Algas Marinas

- **Bioestimulantes.-** Kelpak es un bioestimulante orgánico más conocido en Sudáfrica (Maneveldt y Frans, 2003; citado por Epuin, 2004), conformado en un 100% de algas *Ecklonia maxima* y *Laminaria*, que aplicado al suelo promueve el desarrollo radicular (AFIPA, 2002), mejor reacción a la recuperación de heladas y mejor rendimiento total en cultivos de papa de variedad Granola (Epuin, 2004). Entre otros efectos atribuidos al Kelpak está el aumento del rendimiento comercial y total de los cultivares de papa desde su aplicación a la semilla hasta los 30 días de emergencia (Basley, 2003; citado por Epuin, 2004), y el aumento de producción en frutales, hortalizas y vegetales (Maneveldt y Frans, 2003; citado por Epuin, 2004). Existe también otras marcas comerciales de bioestimulantes y extractos líquidos basados en algas que presentan el mismo efecto como *Ascophyllum nodosum* (Islandia), Algifert basado en alga parda (Alemania), Bio-Algium (Francia), Cytex basado en alga parda (Reino Unido), Seamac (USA), Seasol basado en alga parda (Australia), Cystoseira basado en alga roja y verde (España), y Algafer basado en alga roja (Filipinas) (García y Martel, 2005).
- **Extractos Líquidos.-** El efecto de los extractos líquidos de algas en los cultivares y en el suelo es atribuido inicialmente por el aporte de oligoelementos (Abetz, 1980), pero las pequeñas dosis de aplicación foliar de estos biofertilizantes (muy inferiores a las dosis aplicadas como abono verde o compost), que suelen oscilar entre 0,2 y 1,5 Kg de alga seca por ha y aplicación, hacen muy poco probable que el efecto fertilizante por oligoelementos constituya la explicación a su efecto estimulante (Norrie, 2000; citado por García, 2005).
- **Bioles.-** El Biol a base de alga o también llamado bioalga promueve actividades fisiológicas y estimulantes en el desarrollo de la planta. Investigaciones realizadas por Cruzado y Epiquein (2000), en cultivo de vainas con aplicaciones foliares, dieron como resultado superior en el desarrollo del follaje y producción del cultivo en comparación con aquellos bioles obtenidos de forma tradicional, así mismo aporta significativamente

nutrientes y minerales en la fenología que favorecen el rendimiento final del cultivo.

- **Compost a base de Algas.-** El compost de macroalgas está constituido por "compost mixto" de residuos agro-forestales y de macroalgas marinas, frecuentemente de la división clorophyta (ulváceas, "mareas verdes") (García y Martel, 2005).

En el Perú se usó al alga *Ulva sp.* como un biofertilizante siendo aplicado en seco como materia orgánica sobre una tierra de chacra, para evaluar el crecimiento del maíz. Las plantas que tuvieron como sustrato a las algas sobre la tierra de chacra alcanzaron mayor altura que los sembrados en tierra de chacra sola (Fernández, no publicado; citado por Mendo, 2004). En Francia (Bahía de Hillion, Bretagne) se recolectaban entre 10000 a 15000 m³ de *Ulva sp.* al año, las cuales causaban contaminación por los olores y filtración líquida que formaban. El compostaje a base de algas resultó ser la mejor opción para estabilizar estas algas, con una mínima cantidad de sustrato ligno-celuloso. Obteniendo productos ricos en CaO y MgO (8 – 10% y 0.5% respectivamente) (Bechu *et al.*, 1986).

3.3 EL CULTIVO DE PAPA

Es el principal cultivo del país, por su importancia económica y social, siendo la base de la alimentación de la población alto andina. Según los resultados del III Censo Nacional Agropecuario 1994, el 33.8% de los productores agropecuarios de papa, ha generado cada año aproximadamente 110 000 puestos de trabajo permanentes (Ministerio de agricultura, 2003).

La papa se produce en climas templados y fríos adaptándose bien a alturas comprendidas entre los 1000 a 2400 msnm (Malagamba, 1997). La papa es un cultivo que requiere humedad abundante, es particularmente sensible a la sequía; necesita un aporte continuo de agua al suelo y una buena aireación. Los rendimientos son mayores cuando la humedad del suelo se mantiene uniformemente por encima del 60% o el 70% de la capacidad de campo (Arce, 2002). En periodo de intensa tuberización puede necesitar hasta 80 metros cúbicos de agua por ha y día (Manrique, 2001). Aunque es muy exigente en

agua, un exceso detiene el desarrollo de los tubérculos y favorece el desarrollo de enfermedades.

Se ha observado que los mejores rendimientos en el cultivo de papa se logran en suelos franco arenosos, profundos, bien drenados y con un pH de 5,5 a 7,0. El pH extremo que puede tolerar es entre 5 y 8 (Cutter, 1978).

El tipo de abono, la dosis, el fraccionamiento y el momento de aplicación deben estar en función de los requerimientos de la planta (variedad, edad de la planta), contenido nutricional del suelo, características del suelo (textura, pH), riqueza de la fuente, sistema de riego, disponibilidad de agua, entre otros factores (Ministerio de agricultura, 2007). Para cumplir con una adecuada fertilización, es importante un estudio previo de los nutrientes y características del suelo. Como norma general y en suelos normales la relación N: P: K recomendada es 1:2:2, aunque cada caso es diferente (Arce, 2002). En el caso del nitrógeno hay que tener en cuenta que la materia orgánica del suelo libera nitrógeno. Este nutriente puede aportarse en forma de nitrato, como sulfato amónico y como urea, la primera aplicación se debe realizar poco antes o en el momento de la siembra y la segunda a las tres semanas desde la emergencia de las plantas. La cantidad general de nitrógeno que usualmente se aporta al cultivo de papa varía entre 100 y 200 kg de N por hectárea. El fósforo constituye otro de los nutrientes esenciales para este cultivo y está muy influenciado por el pH y el contenido de caliza en suelo. El pH alto contenido de caliza hacen al fósforo insoluble e inutilizable, en suelos pobres en fósforo, se considera necesaria una aportación mínima de 200 kg de P_2O_5 por hectárea (Guerrero, 1993); los abonos fosfatados deben aportarse al terreno antes de la siembra. En el caso del potasio es importante evaluar la textura del suelo ya que cuanto más arcilla tenga el suelo, menos potasio disponible tiene la planta, en suelos pobres el aporte de potasio tiene que ser mínimo de 300 kg de K_2O por hectárea; el potasio se aporta normalmente en forma de sulfato potásico y cloruro potásico, es importante considerar que el potasio es mucho más soluble en agua que el fósforo y puede ser fácilmente arrastrado al subsuelo por el agua (Holiday, 1963). Por otro lado la papa responde muy bien a las aportaciones orgánicas. Un estercolado mejora las condiciones físicas del suelo, lo que beneficia el desarrollo del tubérculo. A parte de su efecto como

fertilizante esta materia orgánica mejora la estructura de los suelos fuertes o arcillosos y se mejora la capacidad de retención de humedad de los arenosos (Arce, 2002). La dosis óptima se encuentra entre 25 y 30 toneladas de estiércol por hectárea. Si se sobrepasa esta cifra se obtendría un desarrollo de vegetación exagerado (no deseado) y una reducción de la tuberización (Alonso, 2001).

3.4 HIPOTESIS

a) Hipótesis General:

El uso de algas marinas (*Ulva sp.* y *Gracilaria sp.*) de las playas de Ancón en forma de polvo y de talo seco, en suelos costeros, aumenta la productividad en los cultivos de papa Canchan.

- Variables independientes:
 - ✓ *Cantidad de alga marina*

- Variables Dependientes:
 - ✓ *Rendimiento total de cultivo*
 - ✓ *pH y salinidad del suelo*
 - ✓ *Variables relacionadas al rendimiento: Porcentaje de materia seca del tubérculo, peso seco del tubérculo, número de tubérculos totales y comerciales.*

IV. METODOLOGIA

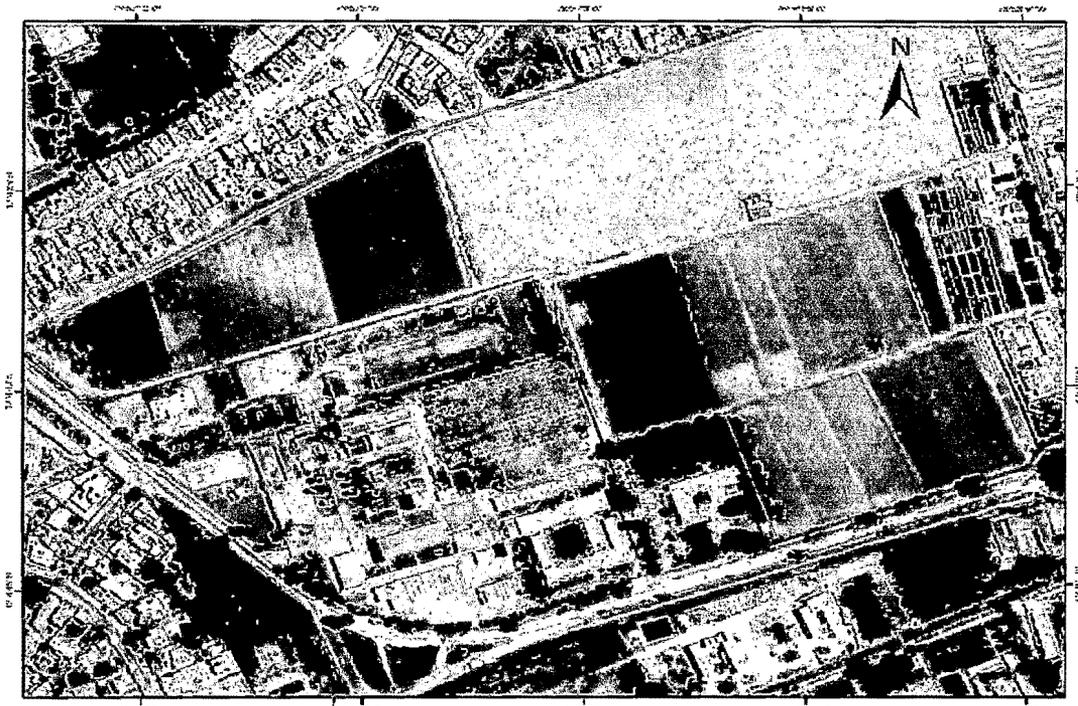
La metodología usada en esta investigación fue la básica experimental.

4.1 UBICACIÓN

La investigación experimental fue hecha en la temporada agrícola de mayo a junio (Invierno) del 2007, ubicado en la estación experimental del Centro Internacional de la Papa (CIP) - la Molina, provincia y departamento de Lima, localizadas en las coordenadas UTM 608864.1733703355 Norte y 1326751.1706168528 Este con una altitud de 280 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1:

Ubicación geográfica del centro experimental del CIP sede la Molina



Fuente: Imagen realizado por RIU. Unidad de Información Informática. CIP. Noviembre 2007.

4.2 DATOS DEL CLIMA

Los datos del clima fueron obtenidos de la estación meteorológica "Weather Stations" del Centro Internacional de la Papa (CIP) la Molina, detallado en el anexo I, Tabla 1.

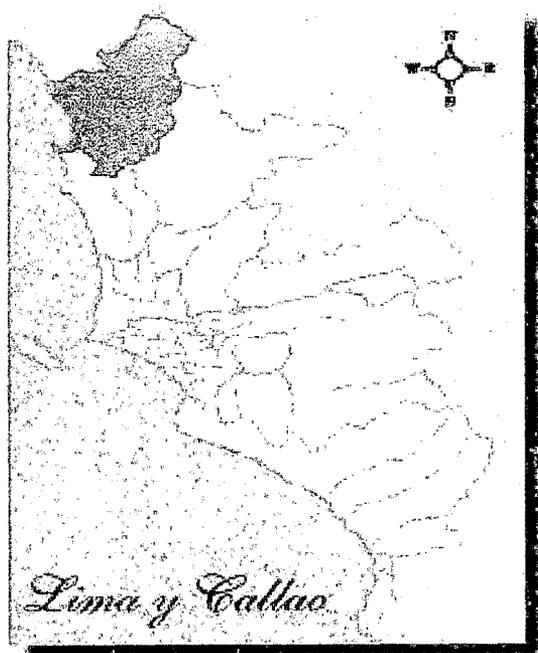
4.3 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO

El cultivo de papa de variedad Canchan, fue sembrado en dos ambientes: Invernadero (macetas) y campo (223.56 m²) en el Centro Internacional de la Papa (CIP) sede la Molina bajo un diseño estadístico DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) con tres repeticiones.

Las Algas marinas utilizadas en el presente estudio proceden del distrito de Ancón (Bahía de Ancón) departamento de Lima señaladas en el Figura 2 (Anexo I, Tabla 2; Apéndice II, Foto 2^a y Foto 2^b) tomadas en las playas San Francisco y Hermosa (Anexo I, Tabla 3; Apéndice, Foto 3 y 4). Estas especies de algas marinas *Gracilaria sp.* y *Ulva sp.* son frecuentes y abundantes en todas las estaciones del año (Apéndice II, Foto 1^a y Foto 1^b).

Figura 2.

Ubicación de la Bahía de Ancón



Fuente de municipalidad de Ancón – Mapa. 2007

El guano utilizado para la siembra de campo e invernadero, fue tomado del Centro Experimental del Centro Internacional de la Papa (CIP), sede Huancayo departamento de Junín (Anexo I, Tabla 4).

El suelo utilizado en el desarrollo experimental procede del campo número uno del Centro Internacional de la Papa (CIP) sede la Molina (Figura 1) ubicado en el departamento de Lima.

Las semillas de papa utilizadas para la siembra de campo e invernadero fueron tomadas del centro de producción de semilla del Centro Internacional de la Papa (CIP) sede Huancayo departamento de Junín (Anexo I, Tabla 5; Apéndice II, Foto 5^a y 5^b)

El procesamiento de las muestras de invernadero se realizaron en el laboratorio de la División de Mejoramiento del Cultivos y Germoplasma del Centro Internacional de la Papa sede la Molina (Apéndice II, Foto 6) y el procesamiento de muestras de campo se realizó en el laboratorio de Micología de la División de Manejo Integrado de cultivos del Centro Internacional de la papa (CIP) sede la Molina (Apéndice II, Foto 7).

Los análisis de caracterización de las muestras de algas marinas y suelo fueron realizados en los laboratorios de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina en la facultad de Agronomía en el departamento de Lima cuyos datos geográficos se encuentran en el Anexo I, Tabla 6.

4.4 RECOLECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ALGAS

Las algas analizadas fueron recolectadas en la Bahía de Ancón en la zona conocida como playa San Francisco (*Ulva. sp.*) y playa Hermosa (*Gracilaria. sp.*) en los meses de Mayo y Junio (Apéndice II, Foto 8^a y 8^b), según la técnica de recolección empleada por Montero *et al.*, (1999), realizando en el momento de la recolección de las algas varadas, un primer lavado con agua de mar (Apéndice II, 9^a). El transporte al laboratorio fue realizado en bolsas y tinas, para ser nuevamente lavadas en el laboratorio con agua potable hasta eliminar el contenido de arena, pequeños animales marinos, conchillas y toda materia

extraña perceptible macroscópicamente como se muestra en el Apéndice II, Foto 9^b y 9^c.

Las algas destinadas al experimento en campo fueron secadas en condiciones ambientales por un lapso de tres a cinco días (Apéndice II, Foto 10). Las algas destinadas al experimento en invernadero fueron secadas en estufa a temperatura de 80° C por 48 horas (Apéndice II, Foto 11). Para incorporación de las algas secas en las macetas experimentales fueron previamente molidas y tamizadas en un tamiz de 40 mm. Mientras que en campo las algas incorporadas al suelo fueron previamente partidas

4.4.1 Determinación del contenido de macronutrientes (nitrógeno, potasio, fósforo, calcio y magnesio) en el alga marina

El nitrógeno en las algas fue determinado por el método de Kjeldah citado por Westerman (1990), en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, así mismo el potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se determinó por el método de absorción atómica citado por Westerman (1990); para lo cual se utilizó una muestra seca y pulverizada de 100 g de cada especie de alga. Los resultados se encuentran expresados en porcentajes como se muestra en el Cuadro 1.

4.4.2 Determinación del contenido de humedad del alga marina

Las algas marinas de los géneros *Ulva* y *Gracilaria* se determinaron por el método gravimétrico citado por VEGA & TELLO & LEMUS (2006), para lo cual se seco cada muestra de alga en estufa por 80 °C por 3 días. Todos los resultados se expresan en porcentaje y esta descrito en el Apéndice I, tabla 2.

4.5 CARACTERIZACION DEL SUELO

La muestra de suelo para el análisis de caracterización fue tomada siguiendo las especificaciones técnica generadas por el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina que consistió en recoger 20 submuestras con una pala siguiendo un camino en zig-zag abarcando todo el campo, luego se

mezclaron las submuestras en un balde limpio tomándose aproximadamente un kilo de la mezcla, al final fueron colocadas en bolsas de plásticos con su rotulo para su envío al laboratorio de suelo. Así mismo para el ensayo de invernadero la muestra tomada fue de la mezcla uniforme de dos tipos de suelo uno compactado y el otro arenoso, tomándose aproximadamente un kilo de la mezcla y colocadas en bolsa de plástico con su rotulo para su envío al laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

4.5.1 Análisis de suelos (contenido de Nitrógeno, Potasio, Calcáreo total, materia orgánica, fósforo y capacidad de intercambio catiónico)

El análisis de suelo de campo e invernadero se realizaron en los laboratorio de suelos de la universidad nacional agraria la Molina donde se analizaron el nitrógeno(N₂) por el método de micro-Kjeldah, el potasio por el método de extracción con acetato de amonio ((CH₃-COONH₄)N₅) a pH neutro, el calcáreo total (CaCO₃) por el método de gaso-volumétrico, la materia orgánica (M.O.) por el método de Walkley y Black, el fósforo (P) por el método de Olsen modificado, el pH por el método de potenciómetro, la conductividad eléctrica (C.E) por conductímetro, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) por el método de fometría en llamas o absorción atómica para Ca⁺², Mg⁺² y Na⁺² y los cloruros y nitratos por el método de volumetría y colorimetría. Los resultados obtenidos del análisis del suelo antes de la siembra se encuentran señalados en el apéndice I, tabla 3 y los resultados de pH y salinidad del suelo en el cuadro 8.

4.5.2 Determinación del pH y salinidad del suelo

La determinación del pH y salinidad se realizaron antes de la siembra y en post cosecha solo en invernadero, utilizando los métodos de potenciómetro de suspensión de suelos y conductímetro, utilizándose de muestra 40 gr. de suelo de cada maceta. Los resultados se encuentran señalados en el cuadro 9.

4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

4.6.1 Características de la unidad experimental de Invernadero

La unidad experimental del invernadero consistió en noventa y nueve macetas de siete pulgadas con dos kilos de suelo, permaneciendo en maceta por 2 meses y medio para su posterior evaluación. El diagrama de distribución de las macetas se encuentra detallado en el Apéndice I, Tabla 4.

4.6.2 Características de las parcelas experimentales de Campo

➤	Área Total de Terreno	:	223.56 m ²
➤	Área de parcela	:	12.96m ²
➤	Surcos por parcela	:	6
➤	Numero de golpes / surco	:	8
➤	Distancia entre plantas	:	0.3m
➤	Distancia entre surco	:	0.9m
➤	Largo de parcela	:	2.4m
➤	Distancia entre calles	:	0.6m
➤	Parcelas / ensayo	:	30
➤	# de parcelas por bloque	:	10
➤	# plantas por golpe	:	1
➤	# de Bloques	:	3

Las plantas de campo permanecieron por tres meses (periodo vegetativo de papa Canchan). El diagrama de distribución de las parcelas en el campo se encuentra detallado en el Apéndice I, tabla 5 y Apéndice II, Foto 12.

4.6.3 Diseño estadístico

El diseño estadístico empleado es de Bloques Completamente al Azar con nueve tratamientos en ensayo de Campo y 33 tratamientos en ensayo de invernadero cada uno con tres repeticiones y los datos fueron analizados en el

programa estadístico S.A.S. Mediante el análisis de varianza se calculó los resultados y con la prueba de Waller se realizó la comparación múltiple de los tratamientos de invernadero y campo, minimizando cualquier tipo de error aun nivel de probabilidad de 0.05 (Apéndice I, Tabla 1).

4.7 METODOLOGÍA DE PRESIEMBRA

Se determino primero la cantidad de cada fertilizante que se uso en los experimentos (invernadero y campo) utilizando los datos de porcentaje de humedad del alga marina y porcentajes de concentración de los fertilizantes químicos señalados en sus envases.

4.7.1 Invernadero

Se preparo 396 kilos de suelo utilizando una mezcla uniforme de dos tipos de suelo compactado y arenoso, pertenecientes a los campos experimentales dos y tres del Centro Internacional de la Papa cede en la Molina. Utilizando una balanza de platillo se peso tres kilos de la mezcla de suelo y se fue colocando en cada una de las 99 macetas ubicándolas en tres bloques. La distribución de los tratamientos en cada bloque se encuentra detallado en el apéndice I, tabla 4.

4.7.2 Campo

La preparación del suelo del ensayo de campo consistió: en labores de rayado, machacado y dos araduras profundas y cruzadas con rastra de discos off-set removiendo primero 35 a 40 cm. de suelo superficial. Así mismo los trabajos realizados de gradeado, pasada de puntas, nivelación y surcado de 15 a 20 cm. de profundidad considerando el distanciamiento de la planta que es de 0.3 m. El tamaño de la parcela fue de 5.4 m de largo por 2.1 m de ancho con un área de 12.96 m². Cada parcela tuvo seis surcos como se puede ver en el Apéndice II, Foto 12.

La semilla de papa de variedad Canchan para el ensayo de campo e invernadero fue adquirido por la Unidad de Adquisición y Distribución del Centro Internacional de la Papa en La Molina y desinfectada por el centro de producción de semilla

del Centro Internacional de la Papa en Huancayo (Apéndice II, Foto 5^a y 5^b). El fungicida utilizado en las semillas fueron el Benlate 1 gr/ lt y Desis 2 cc/ lt de agua. Posteriormente la semilla fue expuesta a calor en la cámara de brotamiento por un lapso de siete días para el crecimiento rápido de los brotes y llevada posteriormente a temperatura ambiente (Apéndice II, Foto 13).

4.8 FERTILIZACIÓN DE LOS SUELOS

La fertilización de los suelos se realizó a nivel de invernadero y de campo.

4.8.1 Invernadero:

Se realizaron ocho combinaciones de cada especie de alga con fertilizante químico y abono orgánico, cuatro dosis diferentes del alga marina *Ulva sp.* y cuatro de *Gracilaria sp.* También tres combinaciones de las dos mezcladas algas y seis controles (tres orgánicos y tres químicos), obteniendo un total de 33 tratamientos con tres repeticiones. La aplicación y dosis de estos tratamientos al suelo se encuentra detallado en el Apéndice I, Tabla 6.

4.8.2 Campo

De igual forma que en invernadero los tratamientos formados fueron un total de nueve con tres repeticiones. Las cuales la conforman tres combinaciones de algas solas, dos de fertilizante químico, dos mezclas de fertilizante químico con abono orgánico (alga), una combinación de abono químico y orgánico (estiércol) y por último abono orgánico solo (Apéndice I, Tabla 10). La aplicación y dosis de estos tratamientos al suelo se encuentra detallado en el Apéndice I, Tabla 7.

4.9 METODOLOGÍA DE SIEMBRA

4.9.1 Invernadero

La siembra de papa de variedad Cachan fue realizada el 13 de junio de 2008 de forma manual. La semilla fue colocada encima de la mezcla uniforme del suelo con la dosis del fertilizante señalado en el apéndice I, tabla 6, posteriormente fueron colocadas en bloques como se muestra en el apéndice I, tabla 4; Apéndice II, Foto 14.

4.9.2 Campo

La siembra fue realizada el día 28 de junio de 2008 en forma manual, en donde primero se realizó el retiro de un poco más de tierra en los surcos ya marcados en el presiembra, para evitar que el alga seca quede fuera de ella. Luego se colocó los fertilizantes químicos y orgánicos (alga y estiércol) a los lados de cada surco en sus respectivas dosis detalladas en el apéndice I, tabla 7 y distribuidas según lo detallado en el apéndice I, tabla 5. Una vez distribuidas los fertilizantes se mezclaron con el suelo hasta quedar uniforme.

La semilla de papa fue colocada en la base de los surcos (Apéndice II, Foto 15), cuidando que no quede en contacto con el fertilizante. Luego los surcos se taparon asegurando que toda la semilla quede cubierta (Apéndice II, Foto 16).

El número de semilla usada fue determinado por la distancia del surco y planta de 0.9 m y 0.3 m respectivamente, resultando una población de 1440 plantas/hectárea.

4.10 METODOLOGÍA DE MANEJO DE CULTIVO DURANTE EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

4.10.1 Plantas en Invernadero

Las macetas con las plantas se mantuvieron a los alrededores del cobertor N° 37 sin ningún tipo de recubrimiento y fueron ubicados en tres bloques distribuidos al azar (Apéndice I, Tabla 4); el experimento en invernadero fue realizado durante los meses invierno con riego controlado (Apéndice I, Tabla 8) y utilizando agua de pozo (Apéndice I, Tabla 9). Todas las macetas fueron fertilizadas con 33 tratamientos señalados en el Apéndice I, Tabla 6, así mismo se les colocó estacas en cada maceta para su rotulación. Al cabo de un mes se colocaron trampas amarillas una en cada bloque (Apéndice II, Foto 17).

4.10.2 Plantas en Campo

El experimento de campo fue realizado durante los meses de invierno, en las parcelas del campo N° 1 del Centro internacional de la papa (CIP) los tratamientos fueron acondicionados según como se describe en el apéndice I,

tabla 7 en la etapa de fertilización, siendo aplicadas solo en la siembra. Se realizaron riego en cuatro fechas de manera controlada y utilizando agua de pozo (Apéndice I, Tabla 9).

Después de un mes de la siembra se aporcaron sin ningún sustrato adicional y se colocó trampas amarillas en cada parcela (Apéndice II, Foto 18). Para la prevención y control de prodiplosis, mosca minadora, pulgón y ácaros se aplicó mediante aspersion Confidor (240 ml/ ha), Rimon (267 ml/ha), Padar en dosis de 1600 gr. /ha., Avid en dosis de 533 g /ha. y Vertimec en dosis de 533 g /ha. Todos los agroquímicos fueron aplicados en tres periodos utilizando una bomba a presión de bajo volumen.

4.11 METODOLOGÍA DE COSECHA

4.11.1 Invernadero

Se realizó cuando el periodo vegetativo del cultivo estaba concluyendo la cual corresponde a los días 76 al 81 después de la siembra. Las labores de cosecha fueron realizadas en forma manual con una lampa de mano, cosechando los tubérculos, tallos y hojas las cuales sirvieron para tomar los datos de número y peso (Apéndice II, Foto 19).

4.11.2 Campo

La cosecha se realizó cuando el cultivo se encontraba en el término de su periodo vegetativo, es decir, cuando el follaje estaba completamente seco y los tubérculos desarrollados al ser frotados no se pelen, siendo un indicio claro que el periodo vegetativo estaba terminado lo cual ocurre entre los 140 al 147 después de la siembra. Las labores fueron hechas en forma manual con lampa, cosechando solo los surcos centrales de cada parcela y descartando las plantas de los bordes, para eliminar el efecto lateral ajeno a las unidades experimentales (Apéndice II, Foto 20).

Al finalizar la cosecha se seleccionó tres tubérculos de cada parcela completamente al azar o DCA (Diseño Completo al Azar) de forma y peso

homogéneo, separando un total de 30 tubérculos para la determinación del contenido materia seca totales.

4.12 MEDICIONES Y EVALUACIONES

Se realizó mediciones de campo e invernadero durante la etapa de cosecha y post cosecha. Las mediciones realizadas en invernadero corresponden al rendimiento total, peso seco del tubérculo, materia seca del tubérculo, área foliar de la planta y peso seco de la planta. Así mismo se evaluó el pH, conductividad y salinidad del suelo (Apéndice II, Foto 21). En campo se midieron el número de tubérculos comerciales y totales cosechados, porcentaje de materia seca de los tubérculos y rendimiento comercial y total (Apéndice II; Foto 22).

Las mediciones y evaluaciones realizadas en invernadero y campo en la etapa de cosecha fueron realizadas tomando como consideración el tiempo de crecimiento del tubérculo (71 días para invernadero y 147 días para campo) y la metodología descrita anteriormente en el manejo de cultivo durante crecimiento de las plantas y etapa de cosecha.

Una de las mediciones más importantes fueron las que se realizaron sobre el efecto de las algas marinas en el rendimiento comercial, total y el efecto que podría causar los residuos de salinidad generados por el alga marina en el suelo.

4.12.1 Rendimiento total

Es el parámetro más importante debido a que es el indicador resultante de la sumatoria de todos los pesos de los tubérculos producidos por cada planta (comercial y no comercial) y representa en plenitud lo cosechado y que para los agricultores es el indicador determinante en el uso de cualquier tecnología. La medida tomada es en tonelada por hectárea.

4.12.2 Rendimiento Comercial

Correspondiente a la producción total de los tubérculos, parámetro esencial para saber la cantidad de producto por hectárea que se puede

comercializar o que tienen valor económico. Asimismo aquellos tubérculos que presenten un tamaño o un calibre que requiere el mercado, es decir según el destino del producto nos indica el tamaño comercial (Egúsquiza, 2000).

4.12.3 Número de Tubérculos totales

El número de tubérculos contribuye al incremento del rendimiento de papa (Hernández, 1983) y es medido por la sumatoria de tubérculos producido por cada planta, en el momento de la cosecha.

4.12.4 Número de Tubérculos comerciales

El número de tubérculos comerciales se determino a partir de la sumatoria de solo los tubérculos que alcanzaron un calibre o un tamaño que requiera el mercado producido por cada planta en la etapa de cosecha.

4.12.5 Porcentaje de materia seca del tubérculo

El contenido de materia seca se determinó en los tubérculos cosechados, se tomaron nueve tubérculos como muestra en campo por parcela y en invernadero se tomo todo lo cosechado por maceta, se lavaron y se pesaron, el material fue cortado en rodajas para aumentar la superficie expuesta, facilitando el proceso, se colocaron en bolsas de papel y deshidratado a 80°C por 48 horas. Las muestras secas de tubérculos fueron pesadas individualmente. Los valores fueron expresados como porcentaje de materia seca.

$$MS = \frac{\text{Peso Seco Tubérculo (g)}}{\text{Peso Fresco Tubérculo (g)}} \times 100$$

López (1997) afirma que la importancia del contenido de materia seca en la eficiencia económica del proceso radica en que mientras más alto se encuentre este porcentaje, menores son los volúmenes que se requiere procesar para obtener una deseada cantidad de producto

final. Así mismo Egúsquiza (2000) afirma que los porcentajes de materia seca para la comercialización de los tubérculos deben ser mayores al 24%.

4.12.6 Peso Total de la Planta

Es la medida que representa peso total de la planta mediante la sumatoria del peso seco o fresco de hoja, tallo y tubérculo. La medida tomada es en gramos (g).

4.12.7 Área Foliar del a Planta

El área foliar es un índice importante en estudios de nutrición y crecimiento vegetal, a la vez determina la acumulación de materia seca y el metabolismo de carbohidratos (Ibarra, 1985). El área foliar es resultado relativo del producto de área específica de la hoja con el peso seco total de la planta (Área específica de la hoja x peso seco de la planta). La importancia del área foliar radica en la eficiencia fotosintética, mientras más alto es el área de la hoja mayor actividad fotosintética se desarrollara en la planta. La medida tomada es en centímetros cuadrados (cm²).

4.13 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA) mostrados en el Apéndice I, Tabla 1 y la comparación de los promedios de los tratamientos de campo e invernadero se realizaron por la prueba de Duncan - Waller o de diferencias significativas ($p=0.05$). Para todos los análisis estadísticos de cada evaluación, se empleó el programa estadístico SAS/SAT versión 9.2.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron en la presente tesis corresponden a los análisis de las mediciones realizadas en campo e invernadero descritas en los materiales y métodos, siendo de mayor importancia el rendimiento comercial y rendimiento total.

Las mediciones realizadas en la etapa de cosecha y post cosecha en invernadero corresponden a la medición de mediciones de pH y salinidad del suelo, porcentaje de materia seca tubérculo, rendimiento total, peso seco del tubérculo, peso total de la planta y área foliar de la planta. Mientras que en campo se realizo mediciones de rendimiento comercial y total, número de tubérculos totales y comerciales y el porcentaje de materia seca tubérculo.

5.1 ANÁLISIS DE MACRONUTRIENTES DEL ALGA MARINA

El análisis de macroelementos realizado en las algas marinas de los contenidos de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y fósforo mostrado en el cuadro 1, fueron realizados en el laboratorio de suelo de la Universidad Agraria la Molina utilizando el método de Kjeldah para el nitrógeno y de absorción atómica para los otros minerales.

Cuadro 1.

Análisis de Macronutrientes en Algas Marinas (Materia Seca)

Especies de Algas marinas	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
Ulva sp.	3.52	0.20	1.62	1.56	1.72
Gracilaria sp.	3.50	0.27	5.35	0.62	0.21

Fuente propia
Fecha: 11-05-07
Laboratorio: UNALM

En el cuadro anterior, reporta que el porcentaje de nitrógeno en ambas especies de algas (*Ulva sp* y *Gracilaria sp*) fueron superiores con mas del 3% con respecto a lo encontrado por Montero (1999), que obtuvo porcentajes de nitrógeno hasta 1.5%, lo que demuestra que el aporte de este mineral al suelo es mayor favoreciendo a la obtención de nutrientes necesarios y permitiendo mantener la fertilidad química del suelo.

El contenido de Potasio (K) encontrado en el alga *Gracilaria sp.* fue del 5% y de *Ulva sp.* de 1.62% siendo superior en 1.5% a los resultados encontrados por Montero *et al.*, 1999 (0.023% de K) con respecto a la especie *Ulva sp.* y óptimos desde el punto de vista de su poder fertilizante.

Los contenidos de calcio y magnesio encontrados en ambas especies de algas marinas fueron relativamente superiores a los resultados obtenidos por Montero *et al.*, 1999. Los aportes de macroelementos (N, P, K, Ca, Mg) favorecen el transporte de nutrientes hacia la planta mediante el intercambio catiónico (Montero *et al.*, 1999).

Los valores de contenido de fósforo encontrado en las algas *Ulva* y *Gracilaria sp* reporto porcentajes de 0.20% y 027% en un kilo de muestra seca de alga, superando numéricamente a los resultados presentados en la bibliografía de Montero *et al.* (1999).

Los distintos porcentajes de macroelementos reportado en el cuadro anterior de las algas *Ulva* y *Gracilaria sp.* corresponde sobre todo a las características ambientales o condiciones ambientales a las que estuvo expuesto el alga marina. Donde los factores de profundidad, temperatura del mar (15.5 °C) (Argüelles *et al.*, 2005), rayos solares, etc. fueron los encargados de activar la actividad fotosintética del alga para la absorción de los nutrientes encontrados en el mar. Este proceso fotosintético del alga marina acompañando de sus propiedades de retención de la humedad, la presencia de la acción de sus enzimas hidrolasas y del contenido de micronutrientes presentes en su interior

produjo mejor absorción de agua según Booth (1966) y mejores condiciones físicas (estructura y textura) (Canales, 1997 y Canales, 1998) y químicas (aporte de nutrientes) en el suelo, obteniendo con estos aportes un mejor desarrollo vegetativo con el aumento del rendimiento y peso seco del cultivo de papa.

Al comparar la composición química del alga marina *Ulva* y *Gracilaria sp.* con otros productos comerciales a base de algas marinas como el Kelpak, Basfoliar algae, Fertimar y Biomar Flower se observa que existe una marcada diferencia entre sus componentes químicos (macroelementos), mostrado en el cuadro 2.

Cuadro 2.

Comparación de la composición química del alga marina *Ulva lactuca* y *Gracilaria* con algunos abonos comerciales a base de algas

	ESPECIAS DE ALGAS	MACROELEMENTOS				
		N%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %
Especie utilizada en los ensayo de invernadero y campo	<i>Ulva lactuca sp</i>	3.52	0.20	1.62	1.56	1.72
Especie utilizada en los ensayo de invernadero y campo	<i>Gracilaria sp.</i>	3.50	0.27	5.35	0.62	0.21
Basfoliar Algae (BASF) ⁽¹⁾	<i>Durvillea antarctica</i>	6	3	5	-	1
Fertimar (Peruvian Seaweeds) ⁽²⁾		1.7	1.0	7.8	1.2	1.2
Biomar Flower ⁽³⁾	<i>Ascophyllum nodosum</i>	0.3	0.01	3.1	0.5	0.1
Kelpak ® ⁽⁴⁾	<i>Eclonia maxima</i>	0.4	1.8	0.6	-	-

Fuente: ⁽¹⁾ BASF Química Colombiana S.A., ⁽²⁾ Peruvian Seaweeds, ⁽³⁾ Grow Shop Bitox, ⁽⁴⁾ Kelpak ®

Reportando que las especies de algas marinas *Ulva* y *Gracilaria sp.* utilizadas en el ensayo de invernadero y campo y el abono comercial a base de algas Basfoliar Algae (*Durvillea antarctica*) presentaron mayores porcentajes de nitrógeno con respecto a los otros abonos comerciales; mientras que los

valores superiores de potasio lo obtuvo el abono comercial Basfoliar Algae, asimismo el mayor contenido de calcio y magnesio lo obtuvo el alga *Ulva sp.* y el abono comercial Fertimar con mínimas diferencias numéricas frente a los otros abonos comerciales a base de algas.

En general las algas marinas mezcladas dan mejores aportes de contenido de macroelementos que separadas ya que ambas compensan la deficiencia de algunos de sus porcentajes, asimismo en cualquiera de sus presentaciones aportan positivamente al aumento de N, P, K, Ca y Mg en el suelo, influyendo en el aumento de la producción (Aitenkey *et al.* ,1965 y Button, 1964) y en la calidad de los frutos (Senn, 1987) como el tubérculo.

5.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN EN INVERNADERO

5.2.1 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO

a) Rendimiento Total

El rendimiento total se obtuvo de la sumatoria de los pesos fresco del tubérculo producido en cada planta en su etapa de cosecha. Se realizó un análisis estadístico Anova donde se comparo todos tratamientos y al aplicar la prueba de Waller se pudo obtener la significancia y promedios para la elaboración de la discusión.

Los resultados presentados en el cuadro 3 muestran los promedios y el análisis estadístico obtenido en el experimento de invernadero, donde el alga marina se aplico por única vez en el suelo (maceta) en la etapa de siembra. También se detalla el nombre y el código de los tratamientos mientras que la dosis se encuentra detallada en el Apéndice I, Tabla 6. El rendimiento total mostrado señala que si existe diferencias estadísticamente significativas para los efectos del alga marinas sobre el rendimiento total del cultivo de papa.

Cuadro 3.

Efecto de las algas en rendimiento total

Tratamiento	Fertilizantes Usados en Papa	Peso (g/planta)	
T1	Guano 5 t/ha	35.91	ab
T2	Guano 10 t/ha	52.35	ab
T3	Guano 20 t/ha	41.84	ab
T4	NPK 50 k/ha	53.31	ab
T5	NPK 100 k/ha	43.33	ab
T6	NPK 150 k/ha	34.26	ab
T7	Ulva 2 t/ha	45.48	ab
T8	Ulva 4 t/ha	59.00	A
T9	Ulva 8 t/ha	27.78	B
T10	Ulva 16 t/ha	47.64	ab
T11	Gracilaria 2 t/ha	44.10	ab
T12	Gracilaria 4 t/ha	52.45	ab
T13	Gracilaria 8 t/ha	55.60	ab
T14	Gracilaria 16 t/ha	48.38	ab
T15	Ulva 2 t/ha + Guano	36.99	ab
T16	Ulva 4 t/ha + Guano	25.93	B
T17	Ulva 8 t/ha + Guano	53.06	ab
T18	Ulva 16 t/ha + Guano	59.39	A
T19	Gracilaria 2 t/ha + Guano	48.03	ab
T20	Gracilaria 4 t/ha + Guano	43.02	ab
T21	Gracilaria 8 t/ha + Guano	36.80	ab
T22	Gracilaria 16 t/ha + Guano	54.71	ab
T23	Ulva 2 t/ha + NPK 50 k/ha	44.69	ab
T24	Ulva 4 t/ha + NPK 50 k/ha	46.42	ab
T25	Ulva 8 t/ha + NPK 50 k/ha	46.02	ab
T26	Ulva 16 t/ha + NPK 50 k/ha	25.21	B
T27	Gracilaria 2 t/ha + NPK 50 k/ha	28.73	ab
T28	Gracilaria 4 t/ha + NPK 50 k/ha	43.33	ab
T29	Gracilaria 8 t/ha + NPK 50 k/ha	49.93	ab
T30	Gracilaria 16 t/ha + NPK 50 k/ha	50.73	ab
T31	Ulva + Gracilaria 4 t/ha	53.66	ab
T32	Ulva + Gracilaria 8 t/ha	49.30	ab
T33	Ulva + Gracilaria 16 t/ha	45.67	ab

Valores con distintas letras manifiestan diferencias significativas 0.05 de probabilidad.

Reportando que los tratamiento T8 y T18 que están relacionado con la enmienda de Ulva sola de 4 ton/ha y Ulva de 16 ton/ha con abono orgánico al suelo, obtuvieron los mejores rendimientos alcanzando valores en peso fresco de tubérculos más altos de 59 y 59.39 gr./planta siendo estadísticamente

significativo de los tratamientos T9 (ulva de 8 ton/ha), T16 (ulva de 4 ton/ha con guano de 5 ton/ha) y T26 (ulva de 16 ton/ha con NPK de 50%) con valores de 27.78 g. / planta, 25.93 g. / planta y 25.21 g. / planta. Asimismo se observó que el control T4 (NPK al 50%) fue el que reportó el mayor rendimiento de los controles con 53.31 gr. /planta (Apéndice I, Grafico 1).

Los tratamientos T8 y T18 superaron en 5.69 y 6.08 gr. / planta respecto al tratamiento de control T4 (NPK de 50%), lo que confirman con los resultados obtenidos por Montero et al, (1999) al aplicar las algas marinas al suelo sobre los cultivos de maíz, donde los rendimientos aumentaron en cuatro veces superior a los controles. Estos incrementos están relacionados con las propiedades del alga sobre todo con la retención de la humedad en el suelo (Álvarez y Bazán, 2008) la que favorece y mejora las condiciones ambientales del suelo (temperatura, aireación, pH, etc.).

Según Moreno (1996) afirma que uno de los componentes esenciales para obtener buenos resultados en el crecimiento, rendimiento y productividad de las plantas es el ambiente en el cual se desarrollan (abiótico y biótico) influyendo positivamente a los cultivares cuando este componente logre alcanzar su nivel óptimo.

La adición de las algas marinas *Ulva* y *Gracilaria sp.* mejora las características físicas del suelo al formar y mantener los microporos, garantizando una eficiente aireación y respiración radicular. Así mismo la humedad del suelo, es de gran importancia para el transporte de nutrientes a la planta como el Calcio y Magnesio que intervienen en el intercambio catiónico ayudando a conducir los nutrientes necesarios para el crecimiento, desarrollo y aumento del peso del tubérculo en el cultivo de papa.

b) Peso Seco Tubérculo

El efecto de las algas marinas en el peso seco del tubérculo, presentado en el cuadro 4 muestra que existe diferencia estadísticamente significativa con respecto a este parámetro.

Cuadro 4.

Efecto de las algas en el peso seco tubérculos (g. M.S./planta)

Tratamiento	Fertilizantes Usados en Papa	Peso (g./ planta)	
T1	Guano 5 t/ha	8.62	abc
T2	Guano 10 t/ha	11.27	abc
T3	Guano 20 t/ha	9.47	abc
T4	NPK 50 k/ha	12.63	abc
T5	NPK 100 k/ha	9.55	abc
T6	NPK 150 k/ha	8.26	abc
T7	Ulva 2 t/ha	10.04	abc
T8	Ulva 4 t/ha	13.70	a
T9	Ulva 8 t/ha	6.64	abc
T10	Ulva 16 t/ha	10.86	abc
T11	Gracilaria 2 t/ha	9.36	abc
T12	Gracilaria 4 t/ha	11.70	abc
T13	Gracilaria 8 t/ha	12.98	ab
T14	Gracilaria 16 t/ha	10.37	abc
T15	Ulva 2 t/ha + Guano	8.18	abc
T16	Ulva 4 t/ha + Guano	6.04	bc
T17	Ulva 8 t/ha + Guano	11.75	abc
T18	Ulva 16 t/ha + Guano	13.67	a
T19	Gracilaria 2 t/ha + Guano	10.61	abc
T20	Gracilaria 4 t/ha + Guano	9.68	abc
T21	Gracilaria 8 t/ha + Guano	8.33	abc
T22	Gracilaria 16 t/ha + Guano	11.32	abc
T23	Ulva 2 t/ha + NPK 50 k/ha	10.50	abc
T24	Ulva 4 t/ha + NPK 50 k/ha	10.19	abc
T25	Ulva 8 t/ha + NPK 50 k/ha	10.53	abc
T26	Ulva 16 t/ha + NPK 50 k/ha	6.44	bc
T27	Gracilaria 2 t/ha + NPK 50 k/ha	5.82	c
T28	Gracilaria 4 t/ha + NPK 50 k/ha	9.29	abc
T29	Gracilaria 8 t/ha + NPK 50 k/ha	9.72	abc
T30	Gracilaria 16 t/ha + NPK 50 k/ha	10.72	abc
T31	Ulva + Gracilaria 4 t/ha	12.31	abc
T32	Ulva + Gracilaria 8 t/ha	11.08	abc
T33	Ulva + Gracilaria 16 t/ha	9.60	abc

Valores con letras distintas manifiestan diferencias significativas a nivel de 0.1 de probabilidad

Los resultados señalados en el cuadro anterior muestran que los tratamientos T8 (Ulva sola de 4 ton/ha) y T18 (Ulva de 16 ton/ha con abono orgánico de guano) fueron los que obtuvieron diferencia estadística significativa con los tratamientos T26 (ulva de 16 ton/ha con NPK de 50%), T16 (ulva de 4 ton/ha con guano de 5 ton/ha) y T27 (Gracilaria de 2 ton/ha con NPK al 50%), siendo T8 y T18 los tratamientos que obtuvieron promedios superiores en la producción de materia orgánica seca de los tubérculos con valores 13.70 g. / planta y 13.67 g. / planta y los tratamientos T26, T16 y T27 los que obtuvieron promedios menores en el peso seco con valores de 6.44 g / planta, 6.04 g / planta y 5.82 g / planta. El control que reportó mayor peso seco del tubérculo fue el tratamiento de fertilizante químico al 50% (T4) con 12.63 g / planta (Apéndice I, Grafico 2).

Así mismo el experimento de aplicación del alga marina al sustrato reportó un incremento positivo en el peso seco del tubérculo en los tratamientos T8 y T18 de 1gr/planta con respecto al control químico T4.

El aumento significativo del peso seco del tubérculo observado en el cuadro anterior podría estar relacionado con un inicio de la tuberización más temprana que permite la obtención de tubérculos más grandes. Este crecimiento temprano del tubérculo podría ser influenciado por la aplicación del alga al suelo por medio de sus enzimas ya que cuando actúan sobre las arcillas y los compuestos insolubles que tiene el suelo, estas mejoran la movilización de los iones del suelo poniendo disponibles los alimentos para que las plantas los tomen. Así mismo las enzimas del alga al ser aplicadas al suelo atacan los carbonatos, liberando el ácido carbónico para la formación de los poros (Canales, 1997 y Canales, 1998).

El efecto negativo en los promedios del peso seco de los tubérculos encontrados en los tratamientos que obtuvieron menores rendimientos en peso seco el cual se deba a que se emplean concentraciones mínimos como el tratamiento de combinación de 2 ton/ha de alga *Gracilaria sp.* con el 50% de NPK (T27) y máximos como el tratamiento de combinación de 16 ton/ha de alga *ulva sp.* con NPK del 50% (T26), los cuales podrían causar excesos o déficit de nutrientes en las plantas generando un desequilibrio en el cultivo; otra razón

por la cual su efecto no fue alto es porque el experimento fue realizado de manera controlada (anormales), no hubo problemas de plagas pero si desarrollaron la enfermedad del virus de enrollamiento sobre aquellos tratamientos que presentaban concentraciones de aplicaciones extremas (mínimas y máximas).

Con respecto a otros experimentos realizados en invernadero para el caso de papa, Kolbe (1996) reportó bajos incrementos en le peso seco del tubérculo al realizar una aplicación foliar de las algas sobre el cultivo de papa, pero si obtuvo un mejoramiento en el crecimiento temprano en tratamientos que presentaban dosis bajas; A partir de este resultado podemos concluir que el efecto de las algas marinas directamente al sustrato da mejores pesos secos del tubérculo que los aplicados foliarmente.

c) Calidad del Tubérculo

El porcentaje de materia seca fue calculado a partir de la relación de los datos del peso seco del tubérculo cosechado de cada maceta con el peso fresco del tubérculo cosechado de cada maceta y la importancia de este porcentaje radica en que más alto sé encuentre este dato, mayor será la calidad de tubérculos y menores serán los volúmenes que se requiere para obtener una deseada cantidad de producto final (López, 1997).

En el cuadro 5 reporta los resultados obtenidos para la materia seca, donde se observa que no se encontraron diferencia estadísticamente significativa sobre el efecto de las algas en la materia seca del tubérculo

Cuadro 5.

Porcentaje materia seca tubérculo

Tratamiento	Fertilizantes Usados en Papa	%	
T1	Guano 5 t/ha	24.42	a
T2	Guano 10 t/ha	21.58	a
T3	Guano 20 t/ha	23.04	a
T4	NPK 50 k/ha	23.84	a
T5	NPK 100 k/ha	22.32	a
T6	NPK 150 k/ha	24.37	a
T7	Ulva 2 t/ha	22.65	a
T8	Ulva 4 t/ha	23.31	a
T9	Ulva 8 t/ha	24.29	a
T10	Ulva 16 t/ha	22.71	a
T11	Gracilaria 2 t/ha	21.06	a
T12	Gracilaria 4 t/ha	22.30	a
T13	Gracilaria 8 t/ha	23.21	a
T14	Gracilaria 16 t/ha	21.36	a
T15	Ulva 2 t/ha + Guano	23.32	a
T16	Ulva 4 t/ha + Guano	23.74	a
T17	Ulva 8 t/ha + Guano	22.18	a
T18	Ulva 16 t/ha + Guano	23.05	a
T19	Gracilaria 2 t/ha + Guano	22.25	a
T20	Gracilaria 4 t/ha + Guano	22.68	a
T21	Gracilaria 8 t/ha + Guano	22.79	a
T22	Gracilaria 16 t/ha + Guano	20.25	a
T23	Ulva 2 t/ha + NPK 50 k/ha	23.39	a
T24	Ulva 4 t/ha + NPK 50 k/ha	22.16	a
T25	Ulva 8 t/ha + NPK 50 k/ha	22.89	a
T26	Ulva 16 t/ha + NPK 50 k/ha	26.43	a
T27	Gracilaria 2 t/ha + NPK 50 k/ha	19.77	a
T28	Gracilaria 4 t/ha + NPK 50 k/ha	20.77	a
T29	Gracilaria 8 t/ha + NPK 50 k/ha	19.40	a
T30	Gracilaria 16 t/ha + NPK 50 k/ha	21.17	a
T31	Ulva + Gracilaria 4 t/ha	22.76	a
T32	Ulva + Gracilaria 8 t/ha	22.55	a
T33	Ulva + Gracilaria 16 t/ha	21.31	a

Valores con letras iguales no manifiestan diferencias significativas a nivel de 0.05 de probabilidad

Dentro de los resultados estadísticos observados anterior, muestra que el tratamiento T26 (mezcla del alga ulva de 16 ton/ha con fertilizante químico de

NPK de 50%) presentó el mayor porcentaje de materia seca con valor de 26.43% y un aumento del 2% con respecto al control T1 (Guano de 5 ton/ha) que es el control que obtuvo el mayor porcentaje de materia seca. Siendo similar a lo obtenido por Montero *et al.*, 1999 que presentó incrementos de materia de seca tres veces superior a sus controles. Asimismo los porcentajes más bajos los reportó el tratamiento T27 (mezcla de Gracilaria de 2 ton/ha con fertilizante químico al 50%) y T29 (mezcla de Gracilaria de 8 ton/ha con fertilizante químico al 50%) con valores de 19.7% y 19.4%.

También se observó que existen valores positivos en los promedios de los tratamientos T8, T18, T1, T3, T4, T6, T9, T15 y T23 reportando valores mayores a 23% en materia seca. Asimismo estos tratamientos presentan valores cercanos al tratamiento de mayor porcentaje de materia seca T26 (ulva de 16 ton/ha con fertilizante químico de NPK de 50%) (Apéndice I, Gráfico 3).

El aumento de la materia seca del 2% en el tratamiento T26 y los otros tratamientos como el T8 y T18 se deba a que las algas marinas mejoran las condiciones ambientales necesarias para la obtención de nutrientes y por lo tanto obtienen mejores desarrollos vegetativos en la planta, a partir de un aumento de las reacciones de intercambio catiónico a la cual favorece a la obtención de almidón en la planta del cultivo de papa de variedad Canchan y al aumento del contenido de materia seca.

5.2.2 EVALUACION DE AREA FOLIAR DE LA PLANTA

El área foliar de la planta es un parámetro importante para la actividad fotosintética garantizando la producción y acumulación de fotosintatos incluso a nivel de los tubérculos. Bultynck *et al.*, 1999, considera que esta variable afecta directamente al crecimiento de las plantas ya que están relacionada con la eficiencia fotosintética, cuando mayor sea la habilidad de fotosintetizar mayor podrá ser la producción de sustancias de reserva, a la vez esta variable puede afectarse con la intensidad lumínica, humedad, condiciones ambientales, época el año y temperatura. En el cuadro 6 se muestra los resultados obtenidos en el experimento de invernadero para efectos del alga marina sobre el área foliar de

la planta, reportando para el análisis estadístico que existe diferencia estadísticamente significativa en el área foliar de la planta.

Cuadro 6.
Efecto de las Algas marinas en el área foliar de la planta

Tratamiento	Fertilizantes Usados en Papa	cm2	
T1	Guano 5 t/ha	531.80	abc
T2	Guano 10 t/ha	453.10	abc
T3	Guano 20 t/ha	686.60	abc
T4	NPK 50 k/ha	890.40	abc
T5	NPK 100 k/ha	643.20	abc
T6	NPK 150 k/ha	602.90	abc
T7	Ulva 2 t/ha	324.70	c
T8	Ulva 4 t/ha	941.50	ab
T9	Ulva 8 t/ha	363.00	bc
T10	Ulva 16 t/ha	606.20	abc
T11	Gracilaria 2 t/ha	521.80	abc
T12	Gracilaria 4 t/ha	691.50	abc
T13	Gracilaria 8 t/ha	713.60	abc
T14	Gracilaria 16 t/ha	704.40	abc
T15	Ulva 2 t/ha + Guano 5 t/ha	543.30	abc
T16	Ulva 4 t/ha + Guano 5 t/ha	529.10	abc
T17	Ulva 8 t/ha + Guano 5 t/ha	639.20	abc
T18	Ulva 16 t/ha + Guano 5 t/ha	628.20	abc
T19	Gracilaria 2 t/ha + Guano 5 t/ha	603.00	abc
T20	Gracilaria 4 t/ha + Guano 5 t/ha	569.20	abc
T21	Gracilaria 8 t/ha + Guano 5 t/ha	792.60	abc
T22	Gracilaria 16 t/ha + Guano 5 t/ha	962.50	a
T23	Ulva 2 t/ha + NPK 50 k/ha	867.30	abc
T24	Ulva 4 t/ha + NPK 50 k/ha	499.80	abc
T25	Ulva 8 t/ha + NPK 50 k/ha	500.90	abc
T26	Ulva 16 t/ha + NPK 50 k/ha	387.90	abc
T27	Gracilaria 2 t/ha + NPK 50 k/ha	303.60	c
T28	Gracilaria 4 t/ha + NPK 50 k/ha	554.20	abc
T29	Gracilaria 8 t/ha + NPK 50 k/ha	612.60	abc
T30	Gracilaria 16 t/ha + NPK 50 k/ha	607.70	abc
T31	Ulva + Gracilaria 4 t/ha	800.30	abc
T32	Ulva + Gracilaria 8 t/ha	548.30	abc
T33	Ulva + Gracilaria 16 t/ha	753.20	abc

Valores con distintas letras manifiestan diferencias significativas a nivel de 0.05 probabilidad.

Asimismo la existencia de diferencias estadísticamente significativas para los efectos del alga marina en el área foliar de la planta se dio entre los tratamiento

de combinación (T22) de gracilaria de 16 ton/ha con guano de 5 ton/ha y los tratamientos de Ulva de 2 ton/ha (T7), Ulva de 8 ton/ha (T9) y el tratamiento de mezcla de Gracilaria de 2 ton/ha con el fertilizante químico de NPK al 50% (T27), siendo el tratamiento T22 el que obtuvo el mayor valor de área foliar con 962.50 cm². Este resultado haría pensar que existe un efecto sinérgico de el alga (gracilaria de 16 ton/ha) con el guano (5 ton/ha).

También los tratamientos T8 (Ulva de 4ton/ha), T3, T4, T5, T13, T17, T18, T21, T23, T29, T30, T31 y T33 presentaron aumentos numéricamente positivos en sus promedios de área foliar de la planta reportando valores superiores a 607 cm². Igualmente los tratamientos que reportaron menos efectividad en el área foliar fue el tratamiento de Ulva de 2 ton/ha (T7) y el tratamiento de mezcla del alga gracilaria de 2 ton/ha con fertilizante químico de NPK al 50% (T27) con valores de 324.7cm² y 303.6 cm². De igual forma se reporto que de los seis controles utilizados en el ensayo de invernadero el que obtuvo el mayor valor de área foliar de la planta es el control de fertilizante químico al 50% (T4) con 890.40 cm² de área (Apéndice I, Grafico 4).

Para el tratamiento de gracilaria de 16 ton/ha con guano de 5 ton/ha (T22) se observa que existe incremento positivo de 319.30 cm² de área foliar de la planta equivalente a un 33.17% más de área con respecto al control T4 (fertilizante químico al 50%) superándolo numéricamente. Asimismo en todos los casos se encontraron que todos los tratamientos que reportaron áreas superiores a 607 cm² obtuvieron incrementos positivos en sus áreas foliares con respecto a los controles orgánicos (T1 y T2) y químicos (T6).

Este incremento del área foliar en el tratamiento T22 y en los tratamientos T8, T18 y los otros tratamientos que reportaron valores superiores al control, se deba a que las algas marinas permite que mejoren las condiciones ambientales, temperatura y humedad de la planta las cuales son factores que influyen directamente en la eficiencia fotosintética y en el desarrollo del planta así como la intensidad lumínica y la época del año que también contribuyo con el desarrollo del área foliar.

Las algas han permitido que las plantas desarrollen una adecuada cobertura foliar en las plantas del cultivo de papa de la variedad Canchan, favoreciendo esta cobertura a incrementar la formación de materia seca y almidón en el tubérculo. Esto demuestra que los tratamientos que obtuvieron mayores área foliar (T8, T22 y T18) reportaron también mayores pesos secos y mayores rendimientos de tubérculos cosechados mostrados en el cuadro 3 y 4, coincidiendo con la afirmación de Banse et al., (1983) que sostuvo que las plantas de papa que presentan mayor desarrollo foliar, obtendrán mayor rendimiento de tubérculos.

5.2.3 EVALUACIÓN DEL PESO SECO TOTAL DE LA PLANTA

El peso total de la planta indica la producción absoluta de la materia orgánica en cada tratamiento. Según los resultados obtenidos en el experimento de invernadero, mostrado en el cuadro 7, reporta para el análisis estadístico, que no existía diferencia significativa para los efectos del alga marina sobre el peso seco total de la planta.

Si se observa diferencia numérica donde los tratamientos de la enmienda de alga ulva sola (T8) y combinado con abono orgánico (T18) presentaron la más alta producción de peso seco de la planta, con promedios de 17,2 g y 16,89 g por cada planta, mientras que el tratamiento T27 (combinación de alga gracilaria a nivel de 2 ton/ha con fertilizante químico al 50% de NPK) reportó la más baja obtención de peso seco de la planta con 7,3 g / planta.

El tratamiento que obtuvo el mayor peso seco de la planta en los controles fue T4 (fertilizante químico al 50%), diferenciándose numéricamente en 0,58 g y 0,19 g equivalentes en 3% y 1% en el peso seco de la planta con respecto a los tratamientos T8 (ulva de 4 ton/ha) y T18 son (combinación de Gracilaria de 16 ton/ha con fertilizante químico al 50%) (Apéndice I, Gráfico 5).

Cuadro 7.

Peso seco total de la planta

Tratamiento	Fertilizantes Usados en Papa	Peso (g/ planta)
T1	Guano 5 t/ha	12.18 ab
T2	Guano 10 t/ha	14.10 ab
T3	Guano 20 t/ha	13.27 ab
T4	NPK 50 k/ha	16.70 a
T5	NPK 100 k/ha	13.40 ab
T6	NPK 150 k/ha	12.16 ab
T7	Ulva 2 t/ha	12.30 ab
T8	Ulva 4 t/ha	17.28 a
T9	Ulva 8 t/ha	9.21 ab
T10	Ulva 16 t/ha	13.92 ab
T11	Gracilaria 2 t/ha	12.08 ab
T12	Gracilaria 4 t/ha	15.91 ab
T13	Gracilaria 8 t/ha	16.12 ab
T14	Gracilaria 16 t/ha	14.08 ab
T15	Ulva 2 t/ha + Guano	11.38 ab
T16	Ulva 4 t/ha + Guano	9.24 ab
T17	Ulva 8 t/ha + Guano	15.15 ab
T18	Ulva 16 t/ha + Guano	16.89 a
T19	Gracilaria 2 t/ha + Guano	14.52 ab
T20	Gracilaria 4 t/ha + Guano	12.97 ab
T21	Gracilaria 8 t/ha + Guano	11.82 ab
T22	Gracilaria 16 t/ha + Guano	15.52 ab
T23	Ulva 2 t/ha + NPK 50 k/ha	14.44 ab
T24	Ulva 4 t/ha + NPK 50 k/ha	12.87 ab
T25	Ulva 8 t/ha + NPK 50 k/ha	13.74 ab
T26	Ulva 16 t/ha + NPK 50 k/ha	9.32 ab
T27	Gracilaria 2 t/ha + NPK 50 k/ha	7.30 b
T28	Gracilaria 4 t/ha + NPK 50 k/ha	12.22 ab
T29	Gracilaria 8 t/ha + NPK 50 k/ha	13.08 ab
T30	Gracilaria 16 t/ha + NPK 50 k/ha	14.14 ab
T31	Ulva + Gracilaria 4 t/ha	16.43 ab
T32	Ulva + Gracilaria 8 t/ha	13.85 ab
T33	Ulva + Gracilaria 16 t/ha	13.80 ab

Valores con letras iguales no manifiestan diferencias significativas a nivel de P=0.05

Los incrementos en el peso seco de la planta coinciden con los incrementos observados en el área foliar en los tratamientos T8 (Ulva de 4 ton/ha) y T18

(combinación de Ulva de 16 ton/ ha con fertilizante químico al 50%) lo que indica una relación directa entre al área foliar y el peso de la planta.

El área foliar es considerada una de las principales variables que afectan el crecimiento de las plantas, pues está relacionada con la eficiencia fotosintética, cuando mayor sea la habilidad de fotosintetizar mayor podrá ser la producción de sustancias de reserva como el almidón (Bultynck *et al.*, 1999), siendo este el componente principal de formación de los tubérculos y de toda la parte área de la planta. Otros de los factores importantes que participan en la producción del almidón e influye a activar la actividad fotosintética son aquellas que están conformadas por las condiciones ambientales, humedad del suelo, cantidades de nutrientes encontrados en el suelo (N, P, K, Mg, Ca) y intensidad lumínica. Donde el aporte importante de las algas en el incremento del peso seco es debido a las mejores condiciones de humedad de suelo, aporte de nutrientes y obtención de condiciones ambientales optimas para el desarrollo y crecimiento del cultivo de papa.

5.2.4 EVALUACIÓN DEL PH Y SALINIDAD DEL SUELO

Los resultados obtenidos en el experimento de invernadero mostrado en el cuadro 8 en la caracterización del suelo utilizado antes de la siembra nos reporto un valor promedio pH de 7,12 y una conductividad de 4,06 dS/m.

Cuadro 8.

Análisis del pH y salinidad del suelo antes de la siembra

Elementos Analizados	Caracterización en Invernadero
pH (1:1)	7.12
C.E. (1:1) dS/m	4.06

Fuente de elaboración propia.

Asimismo en el cuadro 9 muestra la caracterización del suelo después de la cosecha nos reporto un pH promedio de 7, 55 y una conductividad de 3.11dS/m, lo que nos muestra que la adición del alga en el suelo mantiene el

pH del suelo y asimismo la conductividad se encuentra dentro de los rangos normales (Apéndice II, Foto 22). Lo que nos indica que la fertilización de las algas marinas no da lugar a altos niveles de Na o salinidad al suelo (López y Pazos, 1997).

Cuadro 9.

Análisis de pH y salinidad del suelo en pos cosecha

	Tratamiento	pH	Salinidad dS.m ⁻¹
T1	Guano 5 t/ha	7.69	3.14
T2	Guano 10 t/ha	7.48	3.6
T3	Guano 20 t/ha	7.72	3.47
T4	NPK 50 k/ha	7.64	3.08
T5	NPK 100 k/ha	7.52	2.8
T6	NPK 150 k/ha	7.48	3.26
T7	Ulva 2 t/ha	7.93	2.48
T8	Ulva 4 t/ha	7.9	3.17
T9	Ulva 8 t/ha	7.8	2.09
T10	Ulva 16 t/ha	7.6	3.5
T11	Gracilaria 2 t/ha	7.57	2.69
T12	Gracilaria 4 t/ha	7.53	3.15
T13	Gracilaria 8 t/ha	7.26	3.34
T14	Gracilaria 16 t/ha	7.28	3.59
T15	Ulva 2 t/ha + Guano	7.4	2.63
T16	Ulva 4 t/ha + Guano	7.52	3.25
T17	Ulva 8 t/ha + Guano	7.55	3.32
T18	Ulva 16 t/ha + Guano	7.57	0.62
T19	Gracilaria 2 t/ha + Guano	7.61	2.48
T20	Gracilaria 4 t/ha + Guano	7.69	2.92
T21	Gracilaria 8 t/ha + Guano	7.43	3.62
T22	Gracilaria 16 t/ha + Guano	7.63	3.2
T23	Ulva 2 t/ha + NPK 50 k/ha	7.55	2.95
T24	Ulva 4 t/ha + NPK 50 k/ha	7.45	3.55
T25	Ulva 8 t/ha + NPK 50 k/ha	7.39	3.35
T26	Ulva 16 t/ha + NPK 50 k/ha	7.53	3.82
T27	Gracilaria 2 t/ha + NPK 50 k/ha	7.44	3.78
T28	Gracilaria 4 t/ha + NPK 50 k/ha	7.5	3.4
T29	Gracilaria 8 t/ha + NPK 50 k/ha	7.4	3.66
T30	Gracilaria 16 t/ha + NPK 50 k/ha	7.45	3.51
T31	Ulva + Gracilaria 4 t/ha	7.5	3.2
T32	Ulva + Gracilaria 8 t/ha	7.56	3.43
T33	Ulva + Gracilaria 16 t/ha	7.74	2.7
	Promedio total	7.55	3.11

Fuente propia

Dentro de los resultados obtenidos de todas las variables evaluadas en invernadero (área foliar de la planta, peso seco de la planta, rendimiento total,

peso seco del tubérculo y materia seca del tubérculo) destacaron favorablemente los tratamientos T8 (Ulva de 4 ton/ha) y T18 (combinación de Ulva 16 ton/ha con abono orgánico en razón de 5 ton/ha).

Así mismo el área foliar de la planta y peso seco de la planta muestran también un efecto favorable de la enmienda al suelo con las algas marinas solas y en combinación con el abono orgánico tal como se puede observar del análisis, alcanzando promedios igual o superior a los tratamientos de control absoluto de fertilización química. Situación similar sucedió con el área foliar de la planta y el rendimiento total por que en las dos interacciones donde se alcanzo mayor área foliar también se alcanzó mayores rendimientos de tubérculo esto se deba a que el área foliar de la planta del cultivo de papa de variedad Canchan influye positivamente en la capacidad de fotosintetizar repercutiendo no solo en el rendimiento sino también en el peso seco y materia seca del tubérculo.

El experimento conducido en invernadero no discrimina estadísticamente las diferencias ya que no hay una forma clara de asignar un tratamiento de mejor efecto por lo que se hizo importante el desarrollo del mismo ensayo bajo condiciones de campo.

5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN EN CAMPO

5.3.1 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO

a) Rendimiento Total

El cuadro 10 muestra los resultados del efecto de las algas en el rendimiento total, las cuales se obtuvo de la sumatoria de los pesos en fresco del tubérculo (comercial y no comercial) al momento de ser cosechadas.

El análisis estadístico reportado manifiesta que si presento diferencia estadísticas significativas para los efectos del alga marina en el rendimiento total.

Cuadro 10.

Efecto de las algas en el rendimiento total

Tratamiento	Fertilizantes Usados en Papa	Rendimiento (t/ha)	
T1	Control 10 ton/ha estiércol	37.099	ab
T2	Mezcla de alga - 2 ton/ha	33.909	b
T3	Mezcla de alga - 5 ton/ha	37.716	ab
T4	Mezcla de alga - 10 ton/ha	34.691	b
T5	Control químico 50%70-45-50 NPK	44.650	ab
T6	Control químico 100% 140-90-100 NPK	48.816	ab
T7	10 ton/ha estiércol + 70 - 45 - 50 NPK	47.696	ab
T8	Mezcla de Alga - 5 ton/ha + 70-45-50 NPK	49.279	ab
T9	Mezcla de Alga - 10 ton/ha + 70-45-50 NPK	51.574	a

Valores con distintas letras manifiestan diferencias significativas al nivel 0.05 de probabilidad

Los reportes de las pruebas realizadas en campo nos muestran que el tratamiento T9 (alga mezclada de 10 ton/ha en combinación con el fertilizante químico) alcanzo un valor de rendimiento (51.574 ton/ha) superando significativamente a los tratamientos T2 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 2 ton/ha) y T4 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 10 ton/ha) que reportan valores menores de 33.909 ton/ha y 34.691 ton/ha. Estos resultados coinciden con lo reportado por Senn y Kingman (1978) en cultivos de maíz y frijol, afirmando que es factible utilizar la combinación de un extracto de alga con 50% de fertilizante químico ya que obtiene la misma o mayor producción que con 100% de fertilizante químico.

Asimismo los resultados muestran una diferencia numérica donde el tratamiento T9 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria sp.* de 10 ton/ha con fertilizante químico NPK al 50%), T8 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria sp.* de 5 ton/ha con fertilizante químico NPK al 50%) y T3 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 5 ton/ha) se muestra superior en 14.48 ton/ha, 12.17 ton/ha y 0.62 ton/ha equivalente a un 28%, 25% y 2% más de rendimiento total con respecto al control de abono orgánico (T1).

Además el tratamiento T9 aumento en 2.76 ton/ha equivalente a un 5% más de rendimiento con respecto al control químico T6 (fertilizante químico al 100%) (Apéndice I, Grafico 6). Similar resultado encontró López (1997) al reportar que obtuvo incrementos en el rendimiento total de 3.4 ton/ha con respecto a su fertilizante convencional, asimismo recalco que existe una marcada significancia al aplicar la mezcla de alga al suelo siendo la dosis de más alta concentración (80 ton/ha) la que obtuvo el más alto rendimiento total.

Epuin (2004) también reporto que el mayor rendimiento total en el cultivo de papa aplicado vía foliar lo obtuvo el extracto de alga marina Kelpak ® incluso obtuvo mejores pesos secos en el follaje y mejor capacidad en el producción fotosintética, induciendo esto a mejorar la producción de tubérculos.

Una de las razones por las cuales la enmienda del suelo con la mezcla de algas mejora el rendimiento del cultivo de papa es la constitución del alga con polímeros de alto peso molecular los que actúan como material físico en la capacidad del intercambio catiónico. En la descomposición del material orgánico de las algas hay un aporte de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en la proporción que se muestra en valores descrito en el cuadro 1.

Según Montero (1999) al adicionar las algas marinas al suelo reporto que existe influencia en las propiedades química del suelo siendo los minerales como el nitrógeno que causaron un efecto positivo al aumentar el contenido de este mineral en la composición del suelo sobre el rendimiento, asimismo del fósforo asimilable del suelo se duplican al adicionar algas que presentan menores cantidades de este mineral, incluso el potasio, calcio y magnesio presentaron incrementos favorables para el suelo incrementando las bases de cambio y la capacidad de intercambio catiónico.

En general al obtener incrementos en el intercambio catiónico favorece a la descomposición de compuestos solubles e insolubles que presenta el suelo, como resultado de esta actividad se obtiene los nutrientes y desaliniza del suelo.

Otra de los aportes que brinda el alga según Canales (2001) es el mejoramiento de suelo esto es debido a que las enzimas que las algas conllevan provocan en el suelo reacciones catalíticas reversibles favoreciendo a la descomposición de compuesto soluble y no soluble liberando los nutrimentos para el desarrollo de las plantas, asimismo al descomponer la materia orgánica y carbonatos aportan a la formación de los poros los mismo que se forman también al momento de reaccionar la arcilla sílicas con las enzimas del alga marina y del suelo, descompactandolo y ajustando el pH del suelo.

Montero *et al.*,(1999) menciona que al adicionar algas marinas directamente al suelo disminuye su acidez esto es debido a que el aluminio (mineral predominante del suelo ácido) se satura en un 50% frente a elevadas concentraciones de Calcio y magnesio. Esto quiere decir que las algas marinas incrementan el intercambio catiónico con el aumento significativo de N, P, K y sobre de todo Ca y Mg, dando como resultado mejor rendimiento, mejor peso seco (más almidón) y mejor suelo.

Los incrementos principales de nutrientes de NPK o también llamado contenido nutricional, que aportan las algas marinas al suelo en sus diferentes niveles de aplicación, mostrado en el cuadro 11, está relacionado con el producto de los porcentajes de macronutrientes del alga marina (Cuadro 1) y abono orgánico (Apéndice I, tabla 9), porcentajes de humedad del alga y abono orgánico y las dosis de aplicación de cada tratamiento.

El reporte mostrado en el cuadro 11, afirma que el tratamiento T9 (alga mezclada de 10 ton/ha en combinación con el fertilizante químico), T8 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria sp.* de 5 ton/ha con fertilizante químico NPK al 50%) y T4 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 10 ton/ha) fueron los tratamiento que más aporte de nutrientes brindó al suelo sobre saliendo en particular el tratamiento T9.

Cuadro 11.**Comparación del contenido nutricional**

Tratamientos		Rendimiento Total (Kg/ha)	Nutrientes (Kg/ha)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	Control 10 ton/ha estiércol	37099	136	46	88
T2	Mezcla de alga - 2 ton/ha	33909	58	4	59
T3	Mezcla de alga - 5 ton/ha	37716	145	10	148
T4	Mezcla de alga - 10 ton/ha	34691	290	20	296
T5	Control químico 50%70-45-50 NPK	44650	70	45	50
T6	Control químico 100% 140-90-100 NPK	48816	140	90	100
T7	10 ton/ha estiércol + 70 - 45 - 50 NPK	47696	206	91	138
T8	Mezcla de Alga - 5 ton/ha + 70-45-50 NPK	49279	215	55	198
T9	Mezcla de Alga - 10 ton/ha + 70-45-50 NPK	51574	360	65	346

Fuente: Elaboración propia

Asimismo el tratamiento T9 presento aumentos positivos en el contenido de nitrógeno y potasio en dos veces más que el control orgánico (T1) y cinco veces más que el control químico (T5), mientras que el contenido de fósforo que brinda el tratamiento T9 solo tuvo un ligero aumento en comparación que los controles orgánicos y químicos, lo cual coincidió con lo reportado por Montero *et al.*, 1999.

También el tratamiento T9 fue el que reporto el mayor rendimiento, esto quiere decir que las algas marinas al aumentar los contenidos nutricionales disponibles en el suelo brinda mayor disponibilidad de aporte de nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta, aumentando el rendimiento y sobre todo produciendo mejores condiciones ambientales en el suelo para las próximas campañas, mejorando sus características físicas y químicas del sustrato sin riegos de salinización en el suelo ni efectos nocivos a la planta (Montero *et al.*, 1999).

Mientras que en el tratamiento T2 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 2 ton/ha) se mostró todo lo contrario, reportando el más bajo aporte de nutrientes al suelo y el menor resultado del rendimiento total en el cultivo de papa, esto quiere decir a menor aporte de nutrientes al suelo menores rendimientos se obtienen.

b) Rendimiento Comercial

El rendimiento comercial fue determinado a partir de la sumatoria de los pesos fresco del tubérculo que presentaban un calibre o tamaño que requiere el mercado (Egúsquiza, 2000).

También para esta variable y todas las del ensayo de campo, se les realizó el análisis estadístico Anova utilizando la prueba de Duncan - Waller, la cual arrojó como resultado que no existía diferencia estadísticamente significativa para efectos de esta variable, la cual se encuentra mostrado en el cuadro 12.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento de campo mostrado en el cuadro 12, reportó que no hubo diferencia estadísticamente significativa, pero sí favoreció positivamente el rendimiento comercial en el tratamiento T9 (combinación de mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 10 ton/ha con fertilizante químico al 50%) T8 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria sp.* de 5 ton/ha con fertilizante químico NPK al 50%) y T3 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 5 ton/ha) obteniendo aumentos alrededor de 18.94 ton/ha, 13.62 ton/ha y 4 ton/ha equivalente un 42%, 34% y 12% más de rendimiento comercial con respecto al control orgánico (T1), donde se destaca particularmente el incremento provocado por el uso del tratamiento T9 (Apéndice I, Gráfico 7).

Asimismo el tratamiento T9 superó en 3.8 ton/ha equivalente a un 8% más de rendimiento comercial al control químico T6 (Fertilizante químico al 100%), coincidiendo con lo reportado por Epuin (2004) al aplicar foliarmente el extracto de algas marinas Kelpak® en los tubérculos del cultivo de papa. Asimismo reportó que las plantas que obtuvieron más altura fueron aquellas que obtuvieron mayores rendimientos comerciales y totales.

Cuadro 12.

Efecto de las algas en rendimiento comercial

Tratamientos	Fertilizantes Usados en Papa	Rendimiento (t/ha)	
T1	Control 10 ton/ha estiércol	26.585	a
T2	Mezcla de alga - 2 ton/ha	23.508	a
T3	Mezcla de alga - 5 ton/ha	30.144	a
T4	Mezcla de alga - 10 ton/ha	23.086	a
T5	Control químico 50% 70-45-50 NPK	36.265	a
T6	Control químico 100% 140-90-100 NPK	41.718	a
T7	10 ton/ha estiércol + 70 - 45 - 50 NPK	38.066	a
T8	Mezcla de Alga - 5 ton/ha + 70-45-50 NPK	40.020	a
T9	Mezcla de Alga - 10 ton/ha + 70-45-50 NPK	45.525	a

Valores con letras iguales no manifiestan diferencias significativas al nivel 0.05 de probabilidad

Los incrementos en el rendimiento comercial deben estar relacionados con un inicio de tuberización más temprana permitiendo por un periodo largo ejecutarse la actividad fotosintética, dando como resultado tubérculos más grandes y el incremento de los rendimientos. Asimismo se puede observar que todos los promedios de rendimiento comercial son similares

También se determinó a partir de los datos obtenidos en el cuadro 10 y 12 una relación porcentual de tubérculos comerciales con el rendimiento total, mostrado en el cuadro 13, que indica que el tratamiento T9 (combinación de mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 10 ton/ha con fertilizante químico al 50%) fue el que presentó mayor producción de tubérculo comerciales con valor de 88% y es superior en 16% y 3% más de rendimiento comercial que el control orgánico (T1) y químico (T6).

Asimismo el tratamiento T3 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 5 ton/ha) y T8 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria sp.* de 5 ton/ha con fertilizante químico NPK al 50%) superaron también en porcentaje de rendimiento comercial al control orgánico con más de 8% y 9% de porcentaje.

Cuadro 13.

Efecto del alga marina en el porcentaje del Rendimiento comercial

Código de los tratamiento	Tratamientos	% Tubérculos comerciales
T1	Control 10 ton/ha estiércol	72
T2	Mezcla de alga - 2 ton/ha	69
T3	Mezcla de alga - 5 ton/ha	80
T4	Mezcla de alga - 10 ton/ha	67
T5	Control químico 50%70-45-50 NPK	81
T6	Control químico 100% 140-90-100 NPK	85
T7	10 ton/ha estiércol + 70 - 45 - 50 NPK	80
T8	Mezcla de Alga - 5 ton/ha + 70-45-50 NPK	81
T9	Mezcla de Alga - 10 ton/ha + 70-45-50 NPK	88

Fuente: Elaboración propia

En general aunque el uso de las mezclas de algas como fertilizante orgánico no presento resultados superiores estadísticamente en el rendimiento comercial, si influye positivamente en el aumento del rendimiento comercial. Por último el uso de las mezclas de algas marinas como fertilizante dependerán de los costo de obtención del alga marina, la cual es económicamente beneficiosas y del precio de venta que tengan los sacos de papas cosechados.

c) Materia seca del tubérculo

Los resultados del experimento de campo, que se muestra en el cuadro 14, reporta una gran variabilidad numérica en el efecto de las algas marinas sobre la materia seca.

Cuadro 14.

Efecto de las Algas marinas sobre el porcentaje de materia seca

Tratamiento	Fertilizantes Usados en Papa	(%)
T1	Control 10 ton/ha estiércol	24.416
T2	Mezcla de alga - 2 ton/ha	24.716
T3	Mezcla de alga - 5 ton/ha	23.064
T4	Mezcla de alga - 10 ton/ha	24.097
T5	Control químico 50% 70-45-50 NPK	23.851
T6	Control químico 100% 140-90-100 NPK	23.647
T7	10 ton/ha estiércol + 70 - 45 - 50 NPK	23.876
T8	Mezcla de Alga - 5 ton/ha + 70-45-50 NPK	23.117
T9	Mezcla de Alga - 10 ton/ha + 70-45-50 NPK	22.781

Fuente: Elaboración propia

Los resultados reportan que la materia seca de los diferentes tratamientos realizados es significativamente similar en cantidades, siendo los tratamientos T1 (Control de estiércol de 10 ton/ha), T2 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 2 ton/ha) y T4 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 10 ton/ha) los que reportaron mayor producción de materia seca con valores de 24.416%, 24.716% y 24.097 %, sobre saliendo en particular el tratamiento T2 (Apéndice I, Grafico 8).

Según Egúsquiza (2000) afirma que el rango porcentajes de materia seca entre 24% a más son de aquellos tubérculos que se utilizan en la industria de las hojuelas de papa.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Epuin (2004) al aplicar foliarmente el extracto de algas marinas Kelpak ® en cuatro variedades diferentes de cultivo de papa, alcanzando aumentos numéricos en el promedio de materia seca de tubérculo de 1% en un tipo de variedad de papa (Baraka).

Al comparar los datos de porcentajes de materia seca que se obtuvo en esta investigación con los reportados por Epuin (2004) se observa que existe similitud en los datos de porcentajes de materia seca cuando aplicaron los extractos de algas a las cuatro variedades de papa.

Es por ello dando repuesta a lo sucedido por este parámetro, López (1997) menciona que el porcentaje de materia seca de los tubérculos es influido por la variedad, periodo vegetativo, localidad, clima, textura del suelo, humedad del suelo, nivel de fertilidad, fecha de siembra y muerte del cultivo y no solo por los efectos de aplicar fertilizantes orgánicos como las algas marinas al suelo.

d) Número Tubérculos Totales

Para este parámetro mostrado en el cuadro 15 no se encontró diferencia estadísticamente significativa para los efectos del alga marina sobre el número de tubérculos totales, pero si favoreció numéricamente todos los promedios del número de tubérculos comerciales.

Cuadro 15.

Efecto de las algas en el número de tubérculos totales

Tratamiento	Fertilizantes Usados en Papa	Tubérculos / m ²	
T1	Control 10 ton/ha estiércol	33.54	ab
T2	Mezcla de alga - 2 ton/ha	30.76	ab
T3	Mezcla de alga - 5 ton/ha	26.77	b
T4	Mezcla de alga - 10 ton/ha	32.84	ab
T5	Control químico 50%70-45-50 NPK	35.42	ab
T6	Control químico 100% 140-90-100 NPK	37.73	ab
T7	10 ton/ha estiércol + 70 - 45 - 50 NPK	39.76	a
T8	Mezcla de Alga - 5 ton/ha + 70-45-50 NPK	37.76	ab
T9	Mezcla de Alga - 10 ton/ha + 70-45-50 NPK	39.35	a

Valores con letras iguales no manifiestan diferencias significativas a nivel de 0.05 de probabilidad

Los resultados obtenidos en campo mostrados en el cuadro anterior reporta que la mezcla de algas sola de 5 ton/ha (T3) como enmienda al suelo, no tiene efecto favorable en el número de tubérculos totales. Sin embargo los tratamientos T7 (estiércol de 10 ton/ha mas NPK al 50%) y T9 (mezcla de alga Ulva y Gracilaria de 10 ton/ha) resultaron ser tratamientos que favorecen a la producción de tubérculos alcanzando promedios de 39.76 y 39.35 tubérculos por metro cuadrado.

También todos los tratamientos obtuvieron promedios similares en el número de tubérculos (desde T4 hasta T9) esto se debe al efecto positivo que brinda las algas al suelo y al transporte de nutrientes esenciales para la formación y obtención del tubérculo (Apéndice I, Grafico 9).

López (1997) reporto también que la mezcla de alga de 80 ton/ha aplicada en el suelo no mostró diferencia estadísticamente significativa en el número de tubérculos totales pero si se desempeño mejor que los otros tratamientos, coincidiendo con lo obtenido en esta investigación.

Asimismo Cruzado (2000) aplico foliarmente algas marinas en forma de Biol sobre el cultivo de vainas, reportando que en la concentración de 20% de bioalga obtuvieron buenos resultados en el número de vainas.

e) Número Tubérculos Comerciales

Los resultados obtenidos en el experimento de campo para los efectos del alga marina sobre el número de tubérculos comerciales en el análisis estadístico, mostrado en el cuadro 16 reporta la existencia de diferencia estadísticamente significativa para los efectos directos de este parámetro.

Cuadro 16.

Efecto de las algas en el número de tubérculos comerciales

Tratamiento	Fertilizantes Usados en Papa	Tubérculos / m ²	
T1	Control 10 ton/ha estiércol	12.83	ab
T2	Mezcla de alga - 2 ton/ha	11.96	b
T3	Mezcla de alga - 5 ton/ha	12.60	ab
T4	Mezcla de alga - 10 ton/ha	11.86	B
T5	Control químico 50%70-45-50 NPK	18.11	ab
T6	Control químico 100% 140-90-100 NPK	22.07	ab
T7	10 ton/ha estiércol + 70 - 45 - 50 NPK	18.44	ab
T8	Mezcla de Alga - 5 ton/ha + 70-45-50 NPK	20.24	ab
T9	Mezcla de Alga - 10 ton/ha + 70-45-50 NPK	23.66	a

Valores con distintas letras manifiestan diferencias significativas a nivel de 0.005 de probabilidad

Al comparar la producción de tubérculos con calidad comercial se observó que el tratamiento T9 (combinación de mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 10 ton/ha con fertilizante químico al 50%) reportó 23.66 tubérculo/m² valor que supera de modo estadísticamente significativo y en promedio a los tratamientos T2 y T4 con valores de 11.96 tubérculo/m² y 11.86 tubérculo/m², siendo estos dos últimos tratamientos los que obtuvieron los más bajos valores en la obtención de tubérculos.

Asimismo se aprecia incrementos positivos en el tratamiento T9 (combinación de mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 10 ton/ha con fertilizante químico al 50%), de 11 tubérculos más por metro cuadrado con respecto al control T1 como se observa en el cuadro 15 y en el gráfico 10 (Apéndice I, Gráfico 10).

El incremento del número de tubérculos totales y comerciales está influenciada directamente con el desarrollo del área foliar de la planta ya que se encuentra relacionada con la eficiencia de fotosintetizar, por lo tanto, cuanto mayor sea la habilidad para fotosintetizar mayor podrá ser la obtención de sustancias de

reserva como el almidón (Bultynck *et al.*, 1999) que es un compuesto importante para la producción de tubérculos.

Calvo (2008) afirma que en una planta con desarrollo normal de la parte aérea tiene relación significativa con los pesos secos y número de tubérculos en la variedad Canchan. Reafirmandose en las pruebas realizadas en esta investigación, donde se observa el incremento del desarrollo de la planta, mejor producción de tubérculos y mayor producción de materia seca en los tratamientos donde se aplicó la mezcla de alga sola o combinada con fertilizante químico (T9).

VI. CONCLUSIONES

1. A nivel de invernadero, la enmienda con alga resulta altamente significativo en el rendimiento total con respecto al control químico del 50% (T4). Siendo los mejores tratamientos el T8 (*Ulva* de 4 ton/ha) y T18 (*Ulva* de 16 ton/ha con abono orgánico) con valores de 59 y 59.39 g/planta, lo cual queda confirmado con los incrementos positivos obtenidos del peso seco del tubérculo y materia seca del tubérculo en estos mismo tratamientos. Asimismo solo en la materia seca no se encontró diferencia significativa pero si un gran incremento en todo los tratamientos sobresaliendo el tratamiento T26 (mezcla de *Ulva lactuca* de 16 ton/ha con fertilizante químico al 50% de NPK).
2. El área foliar de la planta es estadísticamente significativo con respecto a los efectos de la aplicación del alga marina al suelo, siendo en particular el tratamiento T22 (*Gracilaria* de 16 ton/ha con guano de 5 ton/ha) y T8 (*Ulva* de 4 ton/ha) los que obtuvieron mayor área foliar de la planta, aumentando su actividad de fotosintetizar. Asimismo se afirma que en los tratamiento donde se aplicó algas solas (T8) o combinadas (T18) favoreció positivamente el aumento del área foliar al incremento del peso o rendimiento total del tubérculo, siendo mayores que los rendimientos de los controles orgánicos (T1 y T2) y químicos (T6).
3. Se observo en el ensayo de invernadero que en la variable peso seco total de la planta no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos, pero si diferencias numéricas con incrementos de 3% del tratamiento T8 (*Ulva* de 4 ton/ha) y 1% del tratamiento T18 (*Ulva* de 16 ton/ha con abono orgánico) con respecto al control químico de 50% (T4). Asimismo se muestra que estos mismos tratamientos fueron los que obtuvieron los altos rendimientos, por ello existe una relación directa entre el peso total de la planta y el rendimiento al aplicar las algas al suelo.
4. A pesar que las especies de algas (*Ulva sp.* y *Gracilaria sp.*) utilizadas en invernadero y campo contienen altos porcentajes de Cl y Na, las

pruebas de salinidad y pH realizados al suelo al finalizar el desarrollo del cultivo mostraron que no existe riesgo de salinización al utilizar las algas como fertilizantes.

5. A nivel de campo, el rendimiento total de tubérculos estadísticamente fue significativa para los efectos de la aplicación del alga marina en el suelo, siendo el tratamiento T9 (mezclas de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 10 ton/ha con fertilizante químico al 50%) el que produjo el más alto rendimiento total con valor de 51.574 ton/ha. Asimismo los tratamientos T9, T8 (mezcla de algas *Ulva* y *Gracilaria sp.* de 5 ton/ha con fertilizante químico NPK al 50%) y T3 (mezcla de algas *Ulva* y *Gracilaria* de 5 ton/ha) superaron en 28%, 12% y 2% al rendimiento total obtenido en el control orgánico (T1); Incluso el tratamiento T9 supero en 5% al control químico (T6); esto demuestra que las algas marinas aumentan los rendimientos del cultivo de papa.

6. Los nueve tratamientos presentados en el ensayo de campo mostraron que no existe diferencia significativa en el rendimiento comercial, pero si un aumento numérico en el promedio del rendimiento comercial y porcentaje de producción comercial. Destacándose particularmente el tratamiento T9 (mezcla de algas *Ulva* y *Gracilaria* de 10 ton/ha con fertilizante químico al 50%) que tuvo un rendimiento de 45.52 ton/ha y porcentaje comercial de tubérculos de 88%. Este mismo tratamiento reporto porcentajes comerciales superiores al control orgánico (T1) y químico (T6) en 42% y 8% respectivamente. A su vez los tratamientos T3 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria* de 5 ton/ha) y T8 (mezcla de alga *Ulva* y *Gracilaria sp.* de 5 ton/ha con fertilizante químico NPK al 50%) reportaron incrementos de 12% y 24% en el rendimiento comercial con respecto al control orgánico (T1), indicando que las aplicaciones de algas al suelo aumentan la productividad en el cultivo de papa.

7. El número de tubérculos totales observados en el ensayo de campo, no obtuvo resultados estadísticamente significativos pero si reporta que los tratamientos T7 (abono orgánico de 10 ton/ha mas NPK al 50%) y T9

(mezcla de algas a razón de 10 ton/ha mas NPK al 50%) resultaron ser tratamientos que favorecen a la producción de tubérculos alcanzando promedios altos de 40 y 39 tubérculos por metro cuadrado, siendo superiores al control orgánico (T1) en 6 y 5 tubérculos mas por metro cuadrado y al control químico (T6) en 2 tubérculo mas por metro cuadrado.

8. El número de tubérculos comerciales obtuvo diferencias significativas sobre los efectos de la aplicación del alga marina al suelo, demostrando que el tratamiento T9 (mezcla de algas a razón de 10 ton/ha mas NPK al 50%) supero de modo estadísticamente significativo a los otros tratamientos, asimismo obtuvo incrementos de 11 y 5 tubérculos mas por metro cuadrado con respecto al control orgánico (T1) y al control químico (T6).

VII. RECOMENDACIONES

1. Al momento de agregar las algas marinas secas en las macetas se debe cortar o moler en partículas pequeñas para evitar que las algas queden expuestas al ambiente.
2. Utilizar semillas de primer y segundo calibre y conocer que enfermedades manifestaron estas semillas al momento de su cosecha.
3. Realizar análisis nutricional de los tubérculos cosechados sobre todo de los tratamientos donde se aplicaron las algas marinas y conocer cuánto aporta el alga en la nutrición del cultivo de papa.
4. Investigar cuantas campañas de cultivo de papa se deben de realizar donde se utilice el alga marina como abono, para obtener el 100% de mejoras en la estructura, textura y propiedades del suelo.
5. Investigar con otros cultivos como hortalizas, plantas ornamentales y frutas la efectividad y productividad de las alga marinas de Ancón.
6. Realizar más investigaciones para conocer exactamente como puede afectar los compuestos producidos por el alga marina a la fisiología de la planta y como estos compuestos repercuten en el desarrollo de planta en diferentes estadios.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1) ABETZ, P. 1980. Seaweed Extracts: Have They A Place In Australian Agricultura Or Horticultura. Journal Aust. Inst. Agri. Fascículo 46. 1980. p. 23-29.
- 2) ACLETO O., CESAR Y ZÚÑIGA A., REINA. Introducción A Las Algas Marinas. Perú. Ediciones Ripalme, 1998. p. 71 -123 y 257, 259.
- 3) AFIPA. Manual Fitosanitario 2001-2003. Asociación nacional de fabricantes e importadores de productos fitosanitarios Agrícolas A.G. Chile. 2002. p. 937-938,1125.
- 4) AITKEN J B, SENN T L. 1965. Seaweed Products For Horticultura Crops. Botánica Marina. 8 vols. 1965. pp. 44-48.
- 5) ALDON COCA, D. 2008. Estrategia Ambiental Del Aprovechamiento De La Macroalga *Ulva Lactuca* (Lechuga De Mar) A Través Del Proceso De Ensilaje. Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 2008. pp.10-11 y 55-57.
- 6) ALDWORTH S.J., J. VAN STADEN. 1987. The Effect Of Seaweed Concentrate On Seedling Transplant. S. Afr. J. Bot. 53 vols. 1987. pp. 187-189.
- 7) ALONSO, J.L., MENDEZ, C.E. Mecanismos Para Incrementar El Número De Tubérculos. Boletín de la Papa. No 4. 2001, p.13.
- 8) ALNICOLSA PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES. (2004). Portal de Alnicolsa. Ventanilla, Callao. Obtenido en la red en agosto del 2007: HIPERVINCULO: <http://taninos.tripod.com/algas.htm>".
- 9) ÁLVAREZ B., SUSAN Y BAZÁN I., GRACIELA. 2008. ¿Que son las algas?. Asociación Alihuen. Obtenida en Portal de Alihuen – La pampa

- Argentina. Obtenido en la internet en setiembre 2008: Hipervínculo <http://www.alihuen.org.ar/preguntas-frecuentes-faq-/que-son-las-algas.html>.
- 10) ARCE, A. F. El cultivo de la patata. 2 da. Edición. Ed. Mundi-Prensa. España. 2002. pp. 41-69.
 - 11) ARÉVALO A.1965. Contenido y variaciones del potasio y del nitrógeno en la *Sacchoriza bulboza* (huds.) y empleo de dicha especie como abono potásico. Boletín del Instituto Español Oceánico. No 22. pp.12-19.
 - 12) ARGÜELLES L., TAÍPE A. Y TENORIO J. Informe: Prospección bioceanográfica para la determinación de bancos naturales de invertebrados marinos comerciales entre Islotes Pescadores, Ancón, e Isla Ventanillas (06-12 de setiembre del 2004). Instituto del mar del Perú unidad de investigación de invertebrados marinos. Callao. 2005. 14 p.
 - 13) ARTHUR, G.D., STIRK, W.A. Y VANSTADEN, J. Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annum*. South African Journal of Botany. No 69. 2003. pp. 207-211.
 - 14) BANSEN, J., FUENTEALBA, J., CONTRERAS, A. Y SCHEEL, H. 1983. Enraizamiento de Esquejes de papa utilizando diferentes substratos y concentración de ácido indolbutírico. Agro – Sur. No 2.1983. pp. 74-81.
 - 15) BASF QUÍMICA COLOMBINA S.A (2006). Basfoliar Algae. Chile. Obtenido en internet el 17 de agosto 2008: HIPERVINCULO <http://www.compo.cl/ftecnicas/BasfoliarAlgae.pdf>.
 - 16) BASLY, P. Efecto de uso de bioestimulante a base de algas marinas en el rendimiento de dos cultivares de papas, Desiree y Pukara, destinados a la producción de consumo en el área de riego del llano central de la IX Región. Tesis de grado para optar el título de Ing. Agrónomo. Facultad de ciencias Agropecuarias. Universidad de Frontera. Chile. 2003. 62p.

- 17) BECHU, J., POTPKY, P., CHASEE, C. Y LE TRIVIDIC, D. 1986. Valorisation des algues marines en compostaje. Colloque VALVA. R. Delepine, J.Gaillard, Ph. Morand 6 edit. Francia. 1986, pp. 6.
- 18) BIETTI, S. Y ORLANDO J. Nutrición Vegetal. Insumos para cultivos orgánicos. Chile, 2003, pp.14
- 19) BORASO, A. Algas Marinas de Patagonia. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Buenos Aires, Argentina. 2004, pp.34
- 20) BUTTON E F, NOYES C.F. Effect of a seaweed extract upon emergence and survival of creeping red fescue. Agron. Journay. 56 vols. 1964, pp. 444-445.
- 21) EPUIN BREVIS C. Evaluación de tres bioestimulantes comerciales sobre el rendimiento de cuatro variedades de Papa, bajo condiciones de secano en el valle central de la IX Región. Tesis de Ing. Agrónomo. Universidad Católica de Temuco. Temuco. Chile. 2004.
- 22) BOOTH, E. Some properties of seaweed manures. Proc Fifth Int. Seaweed Symposium. 5 vols. 1966, pp. 349-357.
- 23) BOOTH, E. The manufacture and properties of liquid seaweed extracts. Proc Fifth Int Seaweed Symposium. 6 vols. 1969, pp. 655-662
- 24) BRAIN, K R., WILLIAMS, C.C., WILDGOOSE, P.B Y BLUNDEN, P.B. Effects of maerl in agricultura. In Proceeding of Internacional Seaweed Symposium. 8 vols. 1981, pp. 754-759
- 25) BUTTON E F, NOYES C F. Effect of a seaweed extract upon emergente and survival of creep-ing red fescue. Agron. J. 56 vols. 1964, pp.444-445.

- 26) BULTYNCK, L., FIORANI, F. Y LAMBERS, H. Control of leaf growth and its role in determining variation in plant growth rate from an ecological perspectiva. *Plant Biology*. 1 vols. 1999, pp.13-18.
- 27) CABIOCH, J. Utilisation des Algues. *Skol-Vreiz*. 45vols. 1976, pp.20-24.
- 28) CALVO VELEZ, P. Capacidad PGPR de bacterias del genero bacillus aisladas de la rizosfera del cultivo de papa (*solanum tuberosum*) en los Andes del Perú. Proyecto de Tesis para optar el grado Profesional de Biologo. Universidad Agraria la Molina. Perú. 2008, pp. 92
- 29) CANALES LÓPEZ-BENITO, M. Estudio de la composición química del *Lithothamnion calcareum* y su aplicación como correctores de terrenos de cultivos. *Inv. Pesq.* 23 vols. 1963, pp. 53-70
- 30) CANALES LÓPEZ, BENITO. Enzimas-Algas: Posibilidades de su Uso para estimular la producción agrícola y Mejorar los suelos. 17vols. 1999, pp. 271- 276.
- 31) CANALES LÓPEZ, BENITO. Las Algas e la Agricultura Orgánica. Editado por el Consejo Editorial del Estado de Coahuila. México. 1997, pp. 323.
- 32) CANALES LÓPEZ, BENITO. Uso de derivados de algas marinas en la producción de tomate, papa, chile y tomatillo. Resultados Investigación. Buenavista, Coahuila. México. 2001, pp. 24.
- 33) CHAPMAN, V.J., CHAPMAN, D.J. Seaweeds and their uses. Chapman and Hall. New York. U.S.A. 1980, pp. 334.
- 34) UNIDAD DE INFORMÁTICA (RIU) (1996). Centro Internacional De La Papa (CIP) .La Molina, Perú. Obtenido en Internet en octubre del 2007. HIPERVINCULO “ <http://www.cip.catalog.cgiar.org/index.asp>”

- 35) CORDERO, R. Desarrollo del Ensilado del Alga *Gracilaria* para la alimentación de Abalón Rojo *Haliotis rufescens*, (Swainson, 1822). Tesis para optar el grado de Licenciado de Ciencias Acuicultura. Universidad Católica de Temuco, Escuela de Acuicultura. Temuco, Chile. 2005
- 36) CORNEJO, C. Evaluación de variedades comerciales de papa para cultivos primores de primavera y verano en la zona central. Proyecto para optar el grado de licenciado en ciencias Agronómicas y el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Marcos. Lima, Peru. 2000, pp. 63.
- 37) CROUCH, L. Y J. VAN STADEN. Evidence of the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. Department of botany, University of Natal, Republic of South Africa. Ed. Kluwer Academic Publishing. The Netherlands. 1992.
- 38) CRUZ, M. Elaboración de EM bokashi y su evaluación en el cultivo de Maiz *Zea mays L.*, bajo riego en Bramaderos. Tesis Ing. Agrónomo. Loja, Ec., Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas. 2002, pp. 80
- 39) CRUZADO TORRES, YURY; EPIQUIEN RIVERA, MIRBEL. (2000). Uso de algas marinas en la producción del biol para mejoramiento de suelos. Red acción alternativa al uso de agroquímicos. Resúmenes de Investigación. Obtenido en Internet en agosto del 2008. HIPERVINCULO <http://www.geocities.com/raaaperu/resuinv2.html#cruzado>.
- 40) CUTTER, E.G. Structure and development of the potato plant, "The Potato Crop". The Scientific Basis for Improvement" P.M. Harris, ed. Chapman and Hall, London. Londres. 1978, pp. 70-152.
- 41) DAWSON, Y., ACLETO, C. Y FOLDRICK, N. The seaweeds of Perú. Weinheim Verlag Von J. Cramer. Belser, Stuttgart. 1964. 111 p.

- 42) DORLAND. Diccionario Enciclopédico Ilustrado de Medicina. 28ª ed. 2003, 724p
- 43) ENGELBRECHT, I.& BIELINSKA CZARNECKA, M. Increase of cytokinin activity in potato tubers near end of dormancy. *Biochem.Physiol. Pfl.* 163 vols. 1972, pp. 499-504.
- 44) EGÚSQUIZA, B.R. La papa: Producción, transformación y comercialización. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 2000, pp.168-192.
- 45) EPUIN BREVIS C. Evaluación de tres bioestimulantes comerciales sobre el rendimiento de cuatro variedades de Papa, bajo condiciones de secano en el valle central de la IX Región. Tesis de Ing. Agrónomo. Universidad Católica de Temuco. Temuco. Chile. 2004.
- 46) FAO – ESTUDIOS ESPECIALES. 2006. La industria de las algas marinas II. Obtenido en Internet en agosto del 2008: HIPERVINCULO http://www.chilepotenciaalimentaria.cl/content/view/450/LA_INDUSTRIA_DE_LAS_ALGAS_MARINAS_II.html.
- 47) FEATONBY-SMITH, B.C. Y J. VAN STADEN. Identification and seasonal variation of endogenous cytokinins in *Ecklonia maxima* (Osbeck) papenf. *Botánica marina*. 17vols. 1984, pp. 527-531.
- 48) FEATONBY-SMITH, B.C. Y VAN STADEN, J. The effects of seaweeds concentrate on growth of tomato plants in nematode-infected soil. *Scientia Horticulturae*. 20 vols. 1983, pp. 137-146.
- 49) FERNÁNDEZ, E. Uso de la macroalga verde "Lechuga de mar" (*Ulva* sp, Chlorophyta, Ulvales) como Biofertilizante para el cultivo de plantas. No publicado.

- 50) FERRARIO, M. Y SAR, E. Macroalgas de interés económico. Cultivo, Manejo, Industrialización. Editorial de la Universidad de la Plata, Argentina.1994, pp.296.
- 51) FORSLINE, P. L. & LANGILLE A.R. An assessment of modifying of kinetin on in vitro tuberization of induced and non- induced tissues of *Solanum tuberosum*. Can. J. Bot. 54 vols. 1976, pp. 2513-2516
- 52) FOX, B.A. Y A.G. CAMERON. Food science, nutrition and health. Sixth edition. Ed. Edward Arnold, a Division of Odre Headline PLC, London, Inglaterra. 1961.
- 53) FORNES, F., SANCHEZ-PERALES, M. Y GUARDIOLA, J.L. Effect of seaweed extract on the productivity of 'de nules' clementine mandarin and navelina orange. Botánica Marina. 45 vols. 2002, pp. 486 - 489.
- 54) FUJIMOTO, K. ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ALGAL EXTRACT. En Introduction to applied phycology. I. Akatsuka, Edic. SPB Academic Publishing. 1990. pp 199 –208.
- 55) FRANCE, R. 1980. Catalytic soil additive. Patente belga N° 884 7497
- 56) FRANCKI, R.I.B. Studies in manorial values of seaweeds. I. Effect of *Pachynenia himantophora* and *Durvillea antarctica* meals on plant growth. Plant Soil. 12 vols. 1960, pp. 297-304.
- 57) FRANCKI, R.I.B. Studies in manorial values of seaweeds. III. Effect of *Pachynenia himantophora* on manganese release and physical properties of soils. Plant Soil. 20 vols. 1964, pp. 65-73.
- 58) GARCÍA REINA, G. & MARTEL QUINTANA, A. 2005. Usos y aplicaciones de macroalgas, microalgas y cianobacterias en agricultura ecológica. Fundación Cátedra Iberoamericana. Obtenido en internet en agosto del 2007. HIPERVINCULO

http://www.uib.es/catedra_iberamericana/publicaciones/seae/mesa1/macroalgas.html

- 59) GARDISSAL, C.D. (1988). Seaweed manure. Patente británica 2003.
- 60) GONZÁLEZ C., ARINES J., FÁBREGAS R. Efecto de una mezcla de algas marinas sobre la producción de la materia seca y nutrición de las plantas de tomate. Agrochimica. 25 vols. 1982, pp. 509-518.
- 61) GUERRERO, J. Estudio del efecto del déficit hídrico y de la fertilización potásica en algunas características morfo-fisiológicas y en el rendimiento de plantas de papa provenientes de semilla sexual. Tesis para optar el grado de Magíster Sc.pp. 1993, pp. 15-24
- 62) GROW SHOP BITOX. (2000). Biomar Extracto de Algas. Obtenido en Internet en agosto del 2007. HIPERVINCULO: http://tienda.bitox.com/product_info.php?cPath=58_222&productsid=942
- 63) HARTMANS, K.J.& A. VAN .The influence of growth regulators GA₃, ABA, kinetin and IAA on sprout and root growth and plant development using excised potato buds. Potato Res. 22 vols. 1979, pp. 319-322.
- 64) HEMBERG, T. The action of some cytokinins on the rest period and content of acid growth-inhibiting sub-stances in potato. Physiology. Plant. 23 vols. 1970, pp. 850-858.
- 65) HÉNIN, S., R. GRAS, G. MONNIER. Le profil cultural: l'etat physique du sol et ses consequences agronomiques. Masson. París. 1969.
- 66) HERNÁNDEZ, E.ORTIZ Y GARCIA. 1986. Estudio de la influencia del aporque y profundidad de plantación sobre el rendimiento y el duermo de tubérculos verdeados en papa. Cultivos Tropicales. Instituto nacional de de ciencias agrícolas. 8 vols. 1986, pp. 49 – 53.

- 67) HOLLIDAY, A. Effects of fertilizer upon potato yields and quality. In: The growth of potato. Ed. J. D. Ivens. London, Inglaterra. 1963, pp. 249-264.
- 68) IBARRA R., W.E. Comparación y validación de métodos de estimación de área foliar en ocho cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench). U.C.V. Facultad de Agronomía. Maracay. Tesis de grado. Colombia. 1985.
- 69) INFOJARDIN. (2002). Tipos de Abonos. Obtenido en internet en marzo 2009. HIPERVINCULO Web : <http://articulos.infojardin.com/articulos/Tipos de abonos 3.htm>.
- 70) INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO (IFOP). (2005). Recursos de Acuicultura. Obtenido en internet en Setiembre 2005. Web : <http://www.ifop.cl>.
- 71) JENSEN A, NEBB H, SAETER F. The value of Norwegian seaweed meal as a mineral supplement for dairy cows. Rep. Norw. Inst. Seweed.R. 1969, pp. 32-35.
- 72) JONES, N.B. Y VAN STADEN, J. The effect of a seaweed application on the rooting of pine cuttings. South African Journal of Botany. 63 vols. 1997, pp. 141-145.
- 73) KELPAK ®. (1997). Hoja Técnica. Obtenido en internet en febrero 2008. HIPERVINCULO: <http://www.compo.cl/ftecnicas/Kelpak.pdf> .
- 74) KOLBE HARMUT. Effects of seaweed extracts on potato growth yield and composition. Libro de resúmenes de ponencias, carteles y demostraciones de la 13 conferencia tri-anual de la EAPR. Veldhoven, países bajos. 1996, pp. 14-19.

- 75) KOLMANS, E., DÍAZ, F., Y ALABA M. Elaboración del compost. Instituto de desarrollo y medio ambiente. Programa de ecodesarrollo Cuenca Lurin. 1993, pp. 7-16.
- 76) KUISMA, PAAVO. The effect of foliar application of seaweed extract on potato. Journal of Agricultural science in Finland. Potato Research Institute. 61 vols. 1989, pp. 371-377.
- 77) KUWADA, K.T., ISHII, I., MATSUSHITA, I., MATSUMOTO, Y KADOYA, K. Effect of seaweed extracts on hyphal growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and their infectivity on trifoliolate orange roots. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 68 vols. 1999, pp. 321-326.
- 78) LAHAYE, M., E. ALVAREZ-CABRAL, R. KUHLENKAMP, B. QUERMER, V. LOGNONE, P. DION. Chemical composition and ¹³C NMR spectroscopic characterization of ulvans from *Ulva* (Ulvales, Chlorophyta). Journal of Applied Phycology. 11vols. 1999, pp. 1-7
- 79) LÓPEZ BENITO C., M. Estudio de la composición química del *Lithothamnion calcareum* y su aplicación como correctores de terrenos de cultivos. Inv. Pesq. 23 vols. 1963, pp. 53-70
- 80) LÓPEZ, BENITO C. El uso de derivados de algas marinas en la producción de tomate, chile, papa y tomatillo. In: I Simposio Nacional: Técnicas modernas de producción de tomate, papa y otras Solanáceas. De Octubre 29 a 1 de Noviembre del 1999. El Saltillo COAHUILA. México. 2001.
- 81) LÓPEZ, D.A., R.M. WILIAMS, K. MIEHLKE Y J. MAZANA. Enzimas fuente de vida. Fundación de investigación Inmunológica (IERF), Monticelo Place, Evanson, Illinois, USA. Ed. en español, Edika Med., S.L., Barcelona, España. 1995.

- 82) LÓPEZ, H. Evaluación de clones selectos III en un cultivo de papa temprana en la zona central y su eventual promoción a variedades, en sistemas integrados de producción de papa. Ed. por Centro Regional de Investigación La Platina. Argentina. 1997, pp. 24-30.
- 83) MANRIQUE, K. Nociones del manejo de post-cosecha. Centro Internacional de la papa. Fasc. 9. 2001, pp. 1-20.
- 84) MARTÍNEZ, L.J. Y J. SALOMÓN. Efecto de un extracto y varios fitorreguladores sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Gigant. Tesis doctoral. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México. 1995.
- 85) MALAGAMBA, P. Fisiología y manejo de tubérculos-semillas de papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Fasc. 2.2. 1997, pp.1-15
- 86) MANEVELDT G. Y FRANS R. (2003). Of sea-fan kelp and bladder kelp. Obtenido en Internet el 22 de agosto del 2007. HIPERVINCULO: <http://www.botany.uwc.ac.za>.
- 87) MENDO, T. Aprovechamiento del alga *Ulva* sp. en la elaboración del compost como una estrategia de Gestión Ambiental en la Bahía de Paracas. Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. Lima, Perú. 2004.
- 88) MINISTERIO DE AGRICULTURA 2003. OGPA-DGPA Plan Estratégico de la cadena de La Papa. Perú
- 89) MINISTERIO DE AGRICULTURA. La papa en los valles de Chancay-Huaral, Supe-Pativilca-Fortaleza y Tambo: Manejo Agronómico. Rentabilidad Documento de trabajo y estudio de rentabilidad. 9 vols. 2007.

- 90) MYKLESTAD S. Experiments with seaweed as supplemental fertilizer. In: Proceeding of the 4^o International Seaweeds Symposium. Pergamon Press. Oxford. 1963, pp. 432.
- 91) MONTERO JOSÉ, MARCET MIRAMONTES P., ANDRADE COUCE LUISA, ESTEVEZ SIO, REYZABAL M LUISA. Influencia De La Adición De Diversas Especies De Algas Sobre Algunas Propiedades Químicas De Un Suelo Ácido Y El Crecimiento De *Hordeum Vulgare* L. 1999, pp. 28-37.
- 92) MORENO, U. Fisiología Ambiental De La Planta De Papa En: Manual De Producción De Papa Con Semilla Sexual. Editorial: Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Fasc. 1.2. 1996, pp. 1-6.
- 93) MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ANCÓN. (2007). Ficha Técnica. Obtenido en internet en diciembre 2008. HIPERVINCULO Web: <http://www.muniancon.gob.pe/ancon/ficha.htm>
- 94) MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ANCÓN. (2007). Mapa. Obtenido en Internet en diciembre 2008. HIPERVINCULO: Web: <http://www.muniancon.gob.pe/ancon/mapa.htm>
- 95) NORRIE, J. Aplicaciones prácticas de productos de algas marinas en la agricultura. Tegralia.15 vols. 2000, pp. 26-30.
- 96) PAAVO KUISMA. The effect of foliar application of seaweed extract on potato. Journal of Agricultural Science in Finland. 61 vols. 1989, pp. 371-377.
- 97) PALMER, C.E. & SMITH, O.E. Cytokynins and tuber initiation in the potato, *Solanum tuberosum* L. NATURE .London. Inglaterra. 221 vols. 1969, pp. 279-280

- 98) PARKER, S.P. MCGRAW HILL. Ed: New York (USA). 1994.
- 99) PEÑA VARELA A. JOAQUÍN, YÁNEZ CONTRERAS MARÍA S. Y SALINAS ROJAS OSCAR. (2006). "Crecimiento de *licopersicum esculentum* con *durvillea antarctica*, *chondrus canaliculatus*, *ulva lactuca* y un extracto de algas marinas comprado, como fertilizantes". Portal de Primer Congreso Científico Escolar Explora – Región Metropolitana. Obtenido en Internet el 20 de febrero del 2008. HIPERVINCULO <http://www.explora.cl/otros/congresorm2006/seleccionadosrm2006.html>.
- 100) PERUVIAM SEaweEDS. Hoja de seguridad del Fertimer. Obtenido en Internet el 18 de agosto del 2007. HIPERVINCULO <http://www.peruvianseaweeds.com/files/Hoja%20DeSeguridad%20Fertimar.pdf>.
- 101) POVOLNY, M. The effect of the steeping of peat-cellulose jiffypots in extracts of seaweeds on the quality of tomato seedlings. En Proceedings of the International Seaweed Symposium. Pergamon Press. Paris. 8 vols. 1981, pp. 730-733.
- 102) PRIMO, A.M. Seaweed extract product and method of utilising it. Patente canadiense. N° 1. 1981.
- 103) RAMOS, M. Efecto De Bioles En La Producción De Maíz Morado. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú. 2004, pp. 115.
- 104) RESTREPO, J. La idea y el arte de Fabricar los Abonos Orgánicos Fermentados. 1998.
- 105) REYES RÍOS, DORA MARÍA. Efecto De La Necromasa Algacea Como Acondicionador En Las Propiedades Físicas – Químicas Del Suelo Arcilloso Y Arenoso. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México. 1991.

- 106) REYES RÍOS, DORA MARÍA. Efecto De Las Algas Marinas Y Lo Ácidos Humitos En Suelos Arcillosos Y Otro Arenoso. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México. 1993
- 107) RÍOS WÚRTTELE, J. Las Algas Marinas Un Recurso Que No Debemos Olvidar. Editorial Ingeniería Química Peruana. 3 vols. 2007, pp.7-10
- 108) ROJAS, M Y RAMÍREZ, H. Control Hormonal Del Desarrollo De Planta. Editorial Limusa. México.1987. pp. 759.
- 109) SÁNCHEZ REYES C. Abonos Orgánicos Y Lombricultura. Editorial Ripalme. Perú. 2003, pp. 43-74.
- 110) SENN, T.L. Crecimiento Del Alga Y Planta. Traducido al español por Canales López Benito. Houston, Texas, USA. Editorial Alpha Publishing Group. 1994.
- 111) SENN, T.L. & A.R. KINGMAN. Seaweed research in crop production. Econ. Dev. Adm, US Dep. Commer., Washington. 1978.
- 112) SENN, T.L, MARTÍN J A, CRAWFORD J H, DERTING C W. S. Carolina Agr. Exp. Sta. Res. Ser., N° 23. 1961.
- 113) SEAWEED NEWS. European bulletin of the seaweed industry 4. 3vols. 1999, pp. 3-4.
- 114) SHINKYO SANGKYO CO. Ltd. Soil amendment for curing disorders caused by excessive lime applications. Chem. Abstr. 96. 1982.
- 115) SUQUILANDA, M. Agricultura Orgánica. Quito, Ecuador. Ediciones UPS Fundagro. 1999, pp. 46-250.

- 116) TAPIA, L. Guía de Biodiversidad N° 4 Vol. I: Micro fauna y Algas Marinas. Obtenido en enero del 2007. HIPERVINCULO: Web: <http://www.huinay.cl/download/guiaalgasCREA.pdf>.
- 117) VEGA GALVEZ A., TELLO IRELAND C., LEMUS MONDACA R. Simulación matemática del proceso de secado de la Gracilaria chilena (Gracilaria chilensis). Revista chilena de ingeniería. 2007. pp. 15: 55-64
- 118) W.A. STIRK, O. NOVÁK, M. STRNAD & J. VAN STADEN. Cytokinins in Macroalgae. Revista Plant Growth Regulation. 2003. pp. 41:13-24.
- 119) WESTERMAN, R.L. Soil testing and plant analysis. Editorial Madison Wisconsin. 3 vols. 1990, pp. 359-691.
- 120) WESTERMAN, R.L. Soil testing and plant analysis. Editorial Madison Wisconsin 2 vols. 1990, pp. 359-691
- 121) WOODWARD, F.N. Seaweed industry of the future. Proceedings of the International Seaweed Symposium. Pergamon Press. Paris. 5 vols. 1966, pp. 55-69.
- 122) ZAVALETA GARCÍA, AMARO. Edafología: el suelo en relación con la producción. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). 1° Edic. Lima, Perú. 1992, pp. 201-205.
- 123) ZUNINO H., PEIRANO P., AGUILERA R. Effect of Seaweed on phosphorus availability of a soil derived from volcanichash. Agron. J. 63 vols. 1971, pp. 116-120.
- 124) ZURAWICZ, E., MAZNY, A. Y BASAK, A. Productivity stimulation in strawberry by application of plant. Bio regulators. 653 vols. 2004, pp. 155-160.

APENDICE

APENDICE I.

Tabla y Gráficos

Tabla 1. Análisis Estadísticos

INVERNADERO

- The SAS System - The ANOVA Procedure

Dependent Variable: **Peso fresco del tubérculo**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	32	8103.73078	253.24159	1.58	0.0506
Error	66	10566.57465	160.09962		
Corrected Total	98	18670.30543			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Peso Fresco T. Mean
0.434044	28.15491	12.65305	44.94082

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	32	8103.730781	253.241587	1.58	0.0506

- The SAS System - The ANOVA Procedure

Dependent Variable: **Peso seco del tubérculo**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	32	392.9762079	12.2805065	1.53	0.0543
Error	66	531.1880807	8.0483043		
Corrected Total	98	924.1642885			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Peso Seco T. Mean
0.425223	28.26461	2.836953	10.03712

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	32	392.9762079	12.2805065	1.53	0.0543

- The SAS System - The ANOVA Procedure

Dependent Variable: **Peso seco total de la planta**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	32	529.025489	16.532047	1.38	0.0767
Error	66	792.845481	12.012810		

Corrected Total 98 1321.870970

R-Square Coeff Var Root MSE Peso Total P. Mean

0.400210 25.91352 3.465950 13.37506

Source DF Anova SS Mean Square F Value Pr > F

trt 32 529.0254889 16.5320465 1.38 0.0767

- The SAS System - The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Área foliar de la planta

Sum of

Source DF Squares Mean Square F Value Pr > F

Model 32 2608376.790 81511.775 1.50 0.0530

Error 66 3588063.488 54364.598

Corrected Total 98 6196440.278

R-Square Coeff Var Root MSE Área Foliar Mean

0.420948 37.75929 233.1622 617.4962

Source DF Anova SS Mean Square F Value Pr > F

trt 32 2608376.790 81511.775 1.50 0.0530

- The SAS System - The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Materia seca del tubérculo

Sum of

Source DF Squares Mean Square F Value Pr > F

Model 32 196.9286067 6.1540190 1.12 0.3422

Error 66 362.7859760 5.4967572

Corrected Total 98 559.7145827

R-Square Coeff Var Root MSE Materia Seca Mean

0.351838 10.40875 2.344516 22.52447

Source DF Anova SS Mean Square F Value Pr > F

trt 32 196.9286067 6.1540190 1.12 0.3422

CAMPO

- The SAS System - The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Número tubérculos totales

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	87806.1481	8780.6148	1.87	0.1279
Error	16	75051.7037	4690.7315		
Corrected Total	26	162857.8519			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Número Tubérculo T. Mean
0.539158	15.14993	68.48892	452.0741

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	2	12655.62963	6327.81481	1.35	0.2875
trt	8	75150.51852	9393.81481	2.00	0.1129

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Biológico vs. Químico 1	1	55247.11852	55247.11852	11.78	0.0034

- The SAS System - The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Número tubérculos comerciales

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	91456.2222	9145.6222	1.94	0.1143
Error	16	75392.4444	4712.0278		
Corrected Total	26	166848.6667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Número Tubérculo C. Mean
0.548139	21.40813	68.64421	218.5556

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	2	4657.55556	2328.77778	0.49	0.6191
trt	8	86798.66667	10849.83333	2.30	0.0541

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Biológico vs. Químico 1	1	75118.81667	75118.81667	15.94	0.0010

- The SAS System - The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Peso total fresco

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	488.7656000	48.8765600	1.75	0.1534
Error	16	446.7362667	27.9210167		
Corrected Total	26	935.5018667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Peso T. Mean
0.522464	19.04080	5.284034	27.75111

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	2	2.8938667	1.4469333	0.05	0.9497
trt	8	485.8717333	60.7339667	2.18	0.0585
Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Biológico vs. Químico	1	440.8628267	440.8628267	15.79	0.0011

- The SAS System - The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Peso comercial fresco

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	724.599793	72.459979	1.52	0.2202
Error	16	763.580059	47.723754		
Corrected Total	26	1488.179852			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Peso C. Mean
0.486903	21.46677	6.908238	21.95407

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	2	32.7511407	16.3755704	0.34	0.7146
trt	8	691.8486519	86.4810815	1.81	0.1482
Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Biológico vs. Químico	1	587.6053519	587.6053519	12.31	0.0029

Tabla 2. Porcentaje de Humedad del Alga Marina

Alga	Saco	Peso inicial (gr.)	Peso final (gr.)	% DE HUMEDAD
<i>Ulva sp.</i>	1	2.58	2.04	20.97
<i>Ulva sp.</i>	2	2.87	2.18	24.13
<i>Ulva sp.</i>	3	2.86	2.27	20.78
<i>Ulva sp.</i>	4	2.80	2.39	14.74
<i>Ulva sp.</i>	5	2.85	2.10	26.28
<i>Ulva sp.</i>	6	2.44	1.84	24.58

Fuente. Elaboración propia

Alga	Saco	Peso inicial (gr.)	Peso final (gr.)	% DE HUMEDAD
<i>Gracilaria sp.</i>	1	2.69	2.27	15.51
<i>Gracilaria sp.</i>	2	3.32	2.94	11.54
<i>Gracilaria sp.</i>	3	5.54	4.98	10.16
<i>Gracilaria sp.</i>	4	4.21	3.76	10.60
<i>Gracilaria sp.</i>	5	4.81	4.00	16.91
<i>Gracilaria sp.</i>	6	6.22	5.45	12.43

Fuente. Elaboración propia

Tabla 3. Análisis de suelos del ensayo de invernadero e campo antes de la siembra

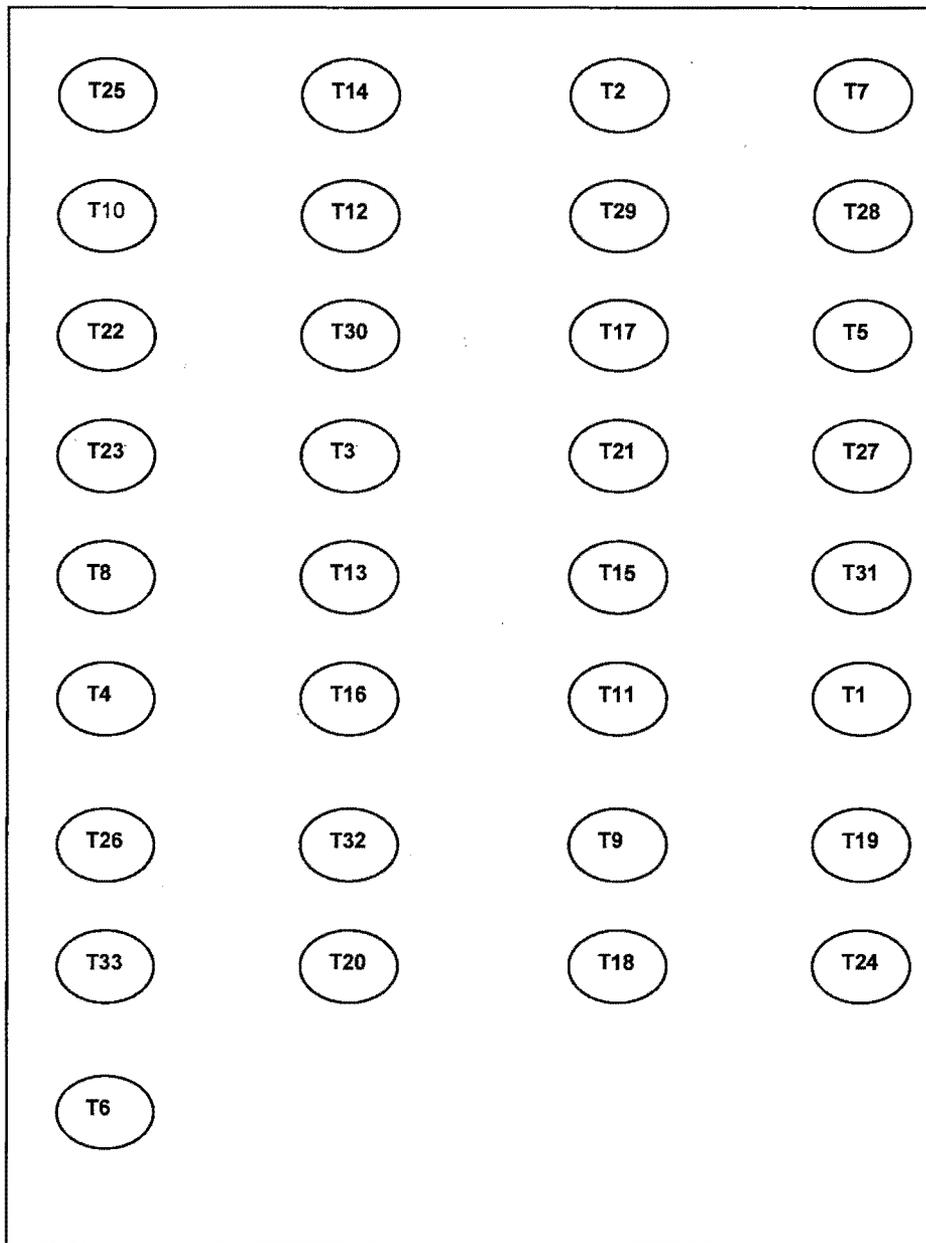
Elementos Analizados		Caracterización en Invernadero	Caracterización en Campo	
pH (1:1)		7.12	7.57	
C.E. (1:1) dS.m ⁻¹		4.06	1.91	
CaCO ₃ (%)		0.00	0.7	
M.O. (%)		1.6	1.7	
P (ppm)		13.3	18.3	
K (ppm)		189	284	
Análisis mecánico	Arena (%)	54	48	
	Limo (%)	30	30	
	Arcilla (%)	16	22	
Clase Textural		Fr.A.	Fr.	
Cambiables	CIC	Me / 100gr	11.52	13.12
	Ca ⁺²		9.72	10.24
	Mg ⁺²		1.28	1.89
	K ⁺		0.18	0.75
	Na ⁺²		0.34	0.24
	Al ⁺³ + H ⁺		0.00	0.00
Suma Cationes		11.52	13.12	
Suma Bases		11.52	13.12	
% Saturación de Bases		100	100	

Fuente de elaboración propia

Fecha: 08-06-07

Laboratorio: Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes –UNALM

Tabla 4. Diagrama de Distribución de Macetas por bloque



Fuente. Elaboración propia

Tabla 5. Diagrama de Distribución de los tratamientos en Campo

111 - T5 32 (3ra)	110 - T4 32 (2da)	101 - T3 32 (1ra)	Tratamientos Biológicos
112 - T4 32 (3ra)	109 - T3 32 (2da)	102 - T2 32 (1ra)	
113 - T2 32 (3ra)	108 - T4 32 (2da)	103 - T5 32 (1ra)	
114 - T4 32 (3ra)	107 - T2 32 (2da)	104 - T4 32 (1ra)	
115 - T3 32 (3ra)	106 - T5 32 (2da)	105 - T4 32 (1ra)	
211 - T9 32 (3ra)	210 - T8 32 (2da)	201 - T10 32 (1ra)	Tratamientos Químicos
212 - T10 32 (3ra)	209 - T9 32 (2da)	202 - T8 32 (1ra)	
213 - T8 32 (3ra)	208 - T10 32 (2da)	203 - T9 32 (1ra)	
214 - T6 32 (3ra)	207 - T7 32 (2da)	204 - T6 32 (1ra)	
215 - T7 32 (3ra)	206 - T6 32 (2da)	205 - T7 32 (1ra)	

Fuente: Elaboración propia. Interpretación: 101= Número de parcela, (2da) = Número de repeticiones, T1= Código de tratamientos.

Tabla 6. Dosis de Aplicaciones y Código de los tratamientos en Invernadero

Código	Tratamientos	Número de Aplicaciones	Dosis
T1	Guano 5 t/ha	1	4.2 gr. de guano / maceta
T2	Guano 10 t/ha	1	8.4 gr. de guano / maceta
T3	Guano 20 t/ha	1	16.8 gr. de guano / maceta
T4	NPK 50 k/ha	1	0.11 kg de N + 0.11 kg de P + 0.11 kg de K
T5	NPK 100 k/ha	1	0.22 kg de N + 0.22 kg de P + 0.22 kg de K
T6	NPK 150 k/ha	1	0.33 kg de N + 0.33 kg de P + 0.33 kg de K
T7	Ulva 2 t/ha	1	1.68 gr. de Ulva / maceta
T8	Ulva 4 t/ha	1	3.36 de Ulva / maceta
T9	Ulva 8 t/ha	1	6.72 de Ulva / maceta
T10	Ulva 16 t/ha	1	13.44 de Ulva / maceta
T11	Gracilaria 2 t/ha	1	1.68 de Gracilaria / maceta
T12	Gracilaria 4 t/ha	1	3.36 Gracilaria / maceta
T13	Gracilaria 8 t/ha	1	6.72 Gracilaria / maceta
T14	Gracilaria 16 t/ha	1	13.44 Gracilaria / maceta
T15	Ulva 2 t/ha + Guano	1	1.68 gr. de Ulva / maceta mas 4.2 gr. de guano / maceta
T16	Ulva 4 t/ha + Guano	1	3.36 gr. de Ulva / maceta mas 4.2 gr. de guano / maceta
T17	Ulva 8 t/ha + Guano	1	6.72 gr. de Ulva / maceta mas 4.2 gr. de guano / maceta
T18	Ulva 16 t/ha + Guano	1	13.44 gr. de Ulva / maceta mas 4.2 gr. de guano / maceta
T19	Gracilaria 2 t/ha + Guano	1	1.68 gr. de Gracilaria / maceta mas 4.2 gr. de guano / maceta
T20	Gracilaria 4 t/ha + Guano	1	3.36 gr. de Gracilaria / maceta mas 4.2 gr. de guano / maceta
T21	Gracilaria 8 t/ha + Guano	1	6.72 gr. de Gracilaria / maceta mas 4.2 gr. de guano / maceta
T22	Gracilaria 16 t/ha + Guano	1	13.44 gr. de Gracilaria / maceta mas 4.2 gr. de guano / maceta
T23	Ulva 2 t/ha + NPK 50 k/ha	1	1.68 gr. de Ulva / maceta mas 50% de NPK
T24	Ulva 4 t/ha + NPK 50 k/ha	1	3.36 gr. de Ulva / maceta mas 50% de NPK
T25	Ulva 8 t/ha + NPK 50 k/ha	1	6.72 gr. de Ulva / maceta mas 50% de NPK
T26	Ulva 16 t/ha + NPK 50 k/ha	1	13.44 gr. de Ulva / maceta mas 50% de NPK
T27	Gracilaria 2 t/ha + NPK 50 k/ha	1	1.68 gr. de Gracilaria / maceta mas 50% de NPK
T28	Gracilaria 4 t/ha + NPK 50 k/ha	1	3.36 gr. de Gracilaria / maceta mas 50% de NP
T29	Gracilaria 8 t/ha + NPK 50 k/ha	1	6.72 gr. de Gracilaria / maceta mas 50% de NP
T30	Gracilaria 16 t/ha + NPK 50 k/ha	1	13.44 gr. de Gracilaria / maceta mas 50% de NP
T31	Ulva + Gracilaria 4 t/ha	1	3.36 gr. de Ulva / maceta mas 3.36 gr. de Gracilaria
T32	Ulva + Gracilaria 8 t/ha	1	6.72 gr. de Ulva / maceta mas 6.72 gr. de Gracilaria
T33	Ulva + Gracilaria 16 t/ha	1	13.44 gr. de Ulva / maceta mas 13.44 gr. de Gracilaria

Fuente. Elaboración propia

Tabla 7. Dosis de Aplicaciones y Código de los tratamientos en Campo

Código	Tratamientos	Número de Aplicaciones	Dosis
T1	Control 10 ton/ ha estiércol	1	12.96 kg/parcela
T2	Mezcla de alga - 2 ton/ ha	1	2.59 kg/parcela
T3	Mezcla de alga - 5 ton/ ha	1	5.18 kg/parcela
T4	Mezcla de alga - 10 ton/ ha	1	10.37 kg/parcela
T5	Control Químico 50% (70-45-50 NPK)	1	0.27 kg de N 0.13 kg de P 0.11 kg de K
T6	Control Químico 100% (140-90-100 NPK)	1	0.55 kg de N 0.25 kg de P 0.22 kg de K
T7	10 ton/ ha estiércol + Control químico 50%	1	12.96 kg de estiércol /parcela + 0.27 kg de N + 0.13 kg de P + 0.11 kg de K
T8	Alga - 5 ton/ ha + 70-45-50 NPK	1	5.18 kg de alga mezclada /parcela + 0.27 kg de N + 0.13 kg de P + 0.11 kg de K
T9	Alga - 10 ton/ ha + 70-45-50 NPK	1	10.37 kg de alga mezclada /parcela + 0.27 kg de N + 0.13 kg de P + 0.11 kg de K

Fuente. Elaboración propia

Tabla 8. Control de Riego en Invernadero

Número de Macetas	Número de veces de Aplicación de Riego	Volumen Adicionado / maceta
99	3 por semana	18 cm ³ de agua

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Análisis de Agua en Campo y Invernadero

Parámetros Analizados	
CE (dS/m)	1.07
pH	7.17
Calcio (meq/l)	7.42
Magnesio (meq/l)	1.46
Sodio (meq/l)	1.60
Potasio (meq/l)	0.087
SUMA DE CATIONES	10.57
Cloruro (meq/l)	5.00
Sulfato (meq/l)	4.93
Bicarbonato (meq/l)	0.26
Nitratos (meq/l)	0.28
Carbonatos (meq/l)	0.00
SUMA DE ANIONES	10.47
SAR	0.76
CLASIFICACIÓN	C3-S1
Boro (ppm)	0.62

Fuente de elaboración propia

Fecha: 18-06-07

Laboratorio: Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes –UNALM

Tabla 10. Análisis de materia orgánica en el estiércol

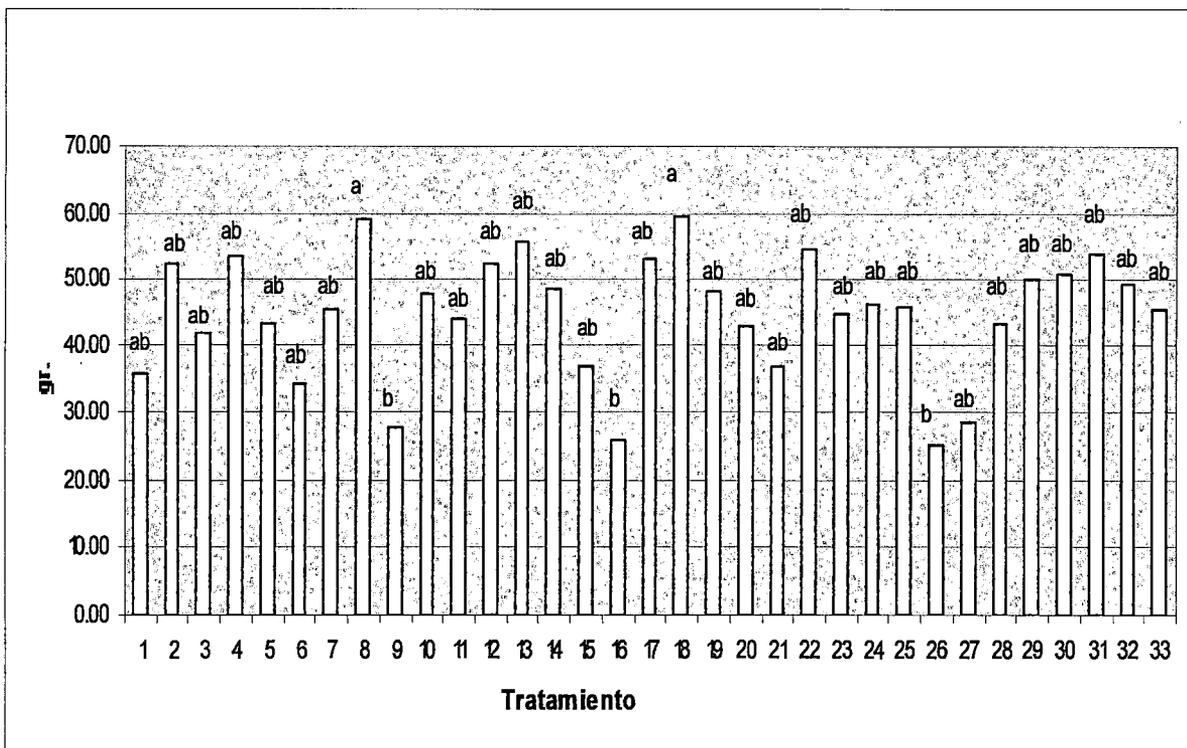
Parámetros	Resultados
Ph	8.14
C.E dS/m	3.61
M.O. %	55.10
N %	2.77
P2O5 %	0.94
K2O %	1.78
CaO %	1.94
MgO %	0.79
Humedad %	50.80
Na %	0.11

Fuente de elaboración propia

Fecha: 08-06-07

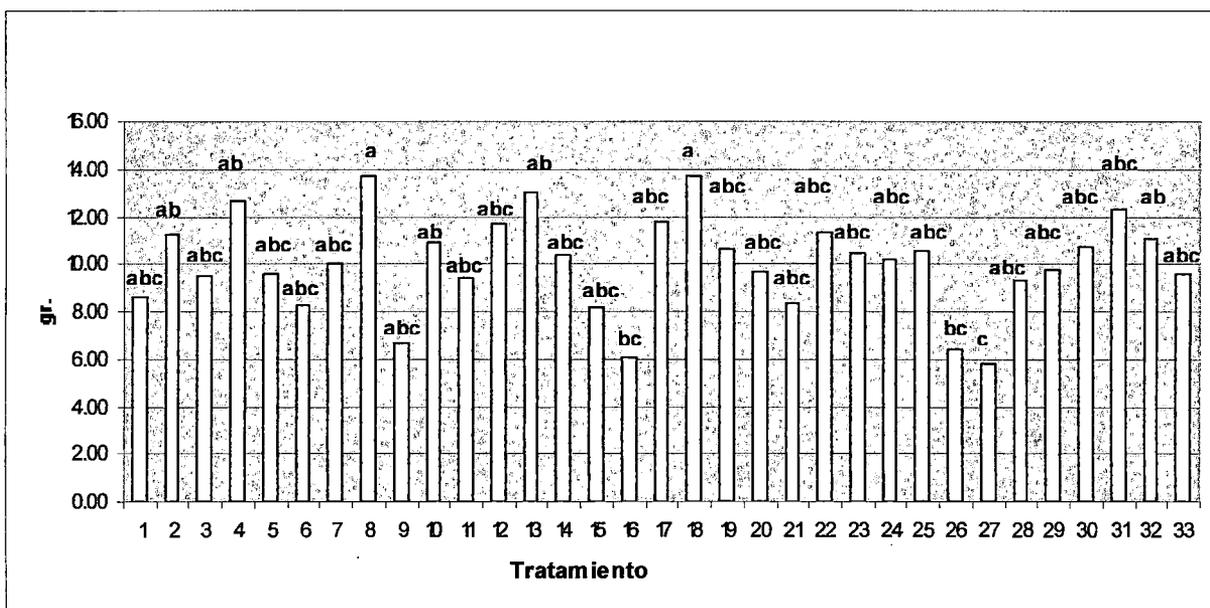
Laboratorio: Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes –UNALM

Gráfico1. Rendimiento total del cultivo de papa Canchan en invernadero



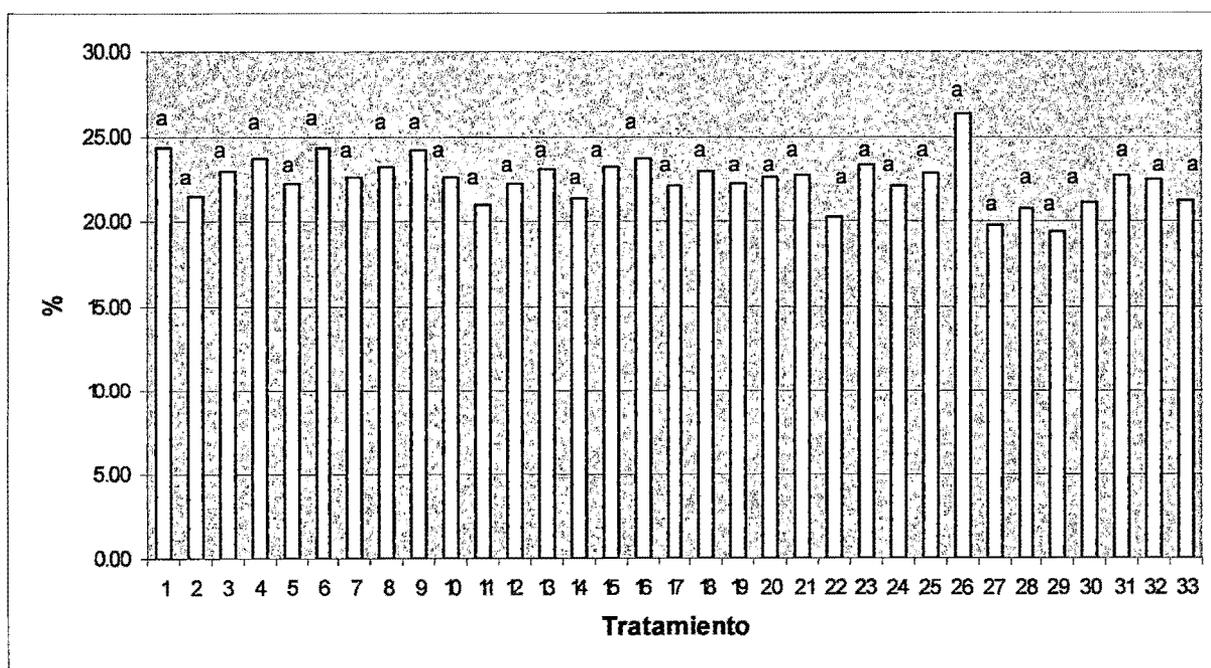
Fuente de elaboración propia

Gráfico 2. Peso seco del tubérculo



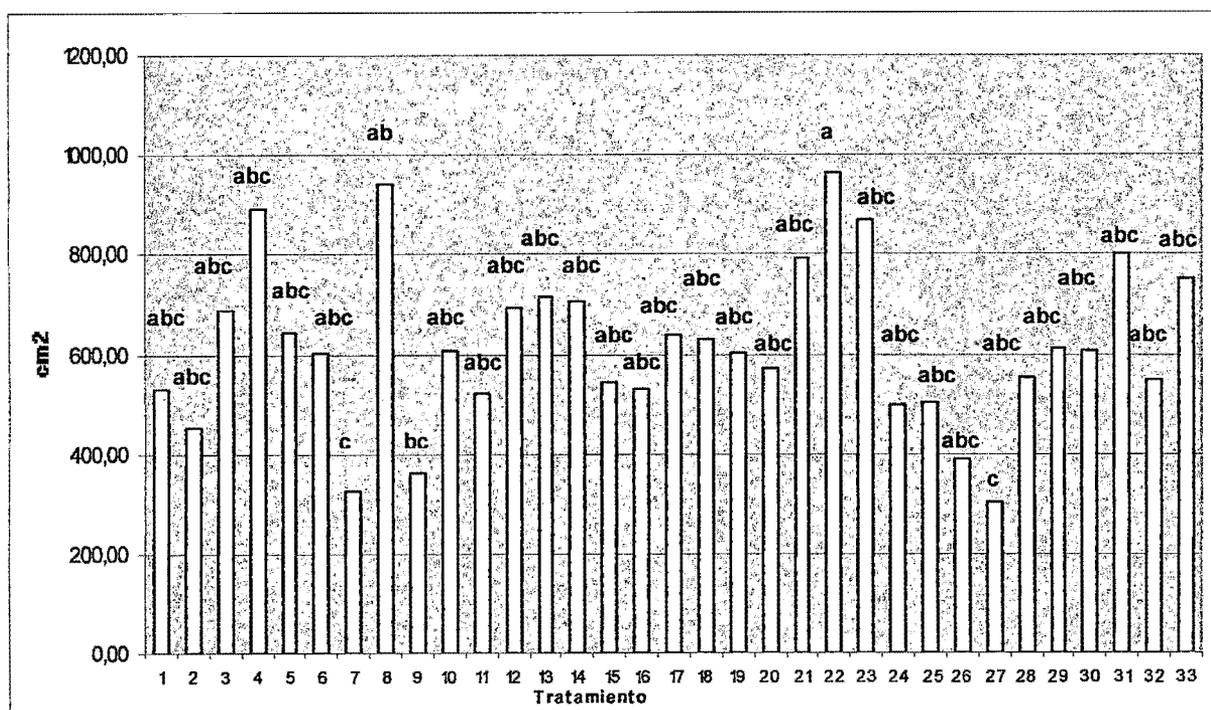
Fuente de elaboración propia

Gráfico 3. Materia seca del tubérculo en invernadero



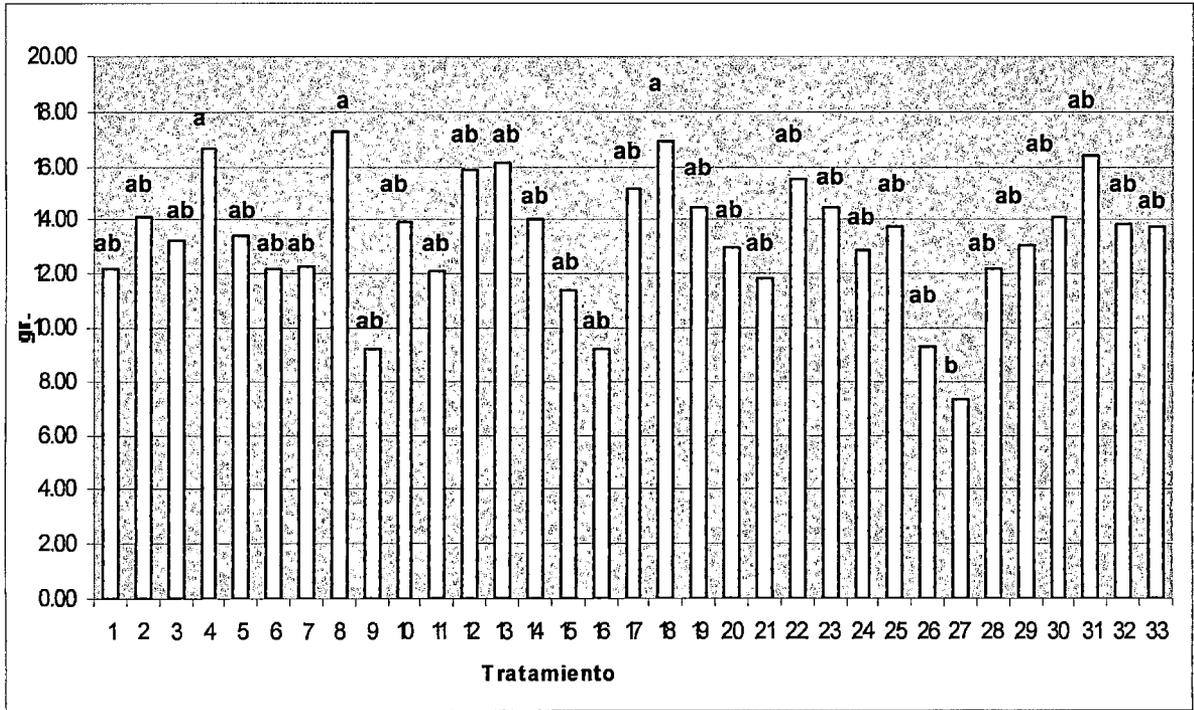
Fuente de elaboración propia

Gráfico 4. Área foliar de la planta



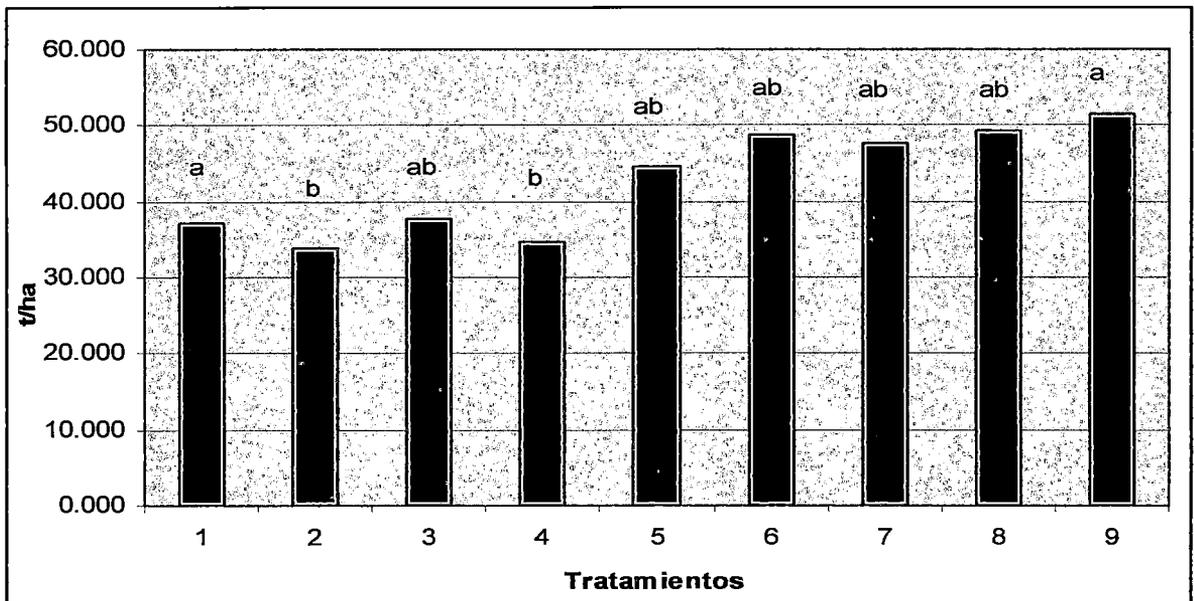
Fuente de elaboración propia

Gráfico 5. Peso seco total de la planta



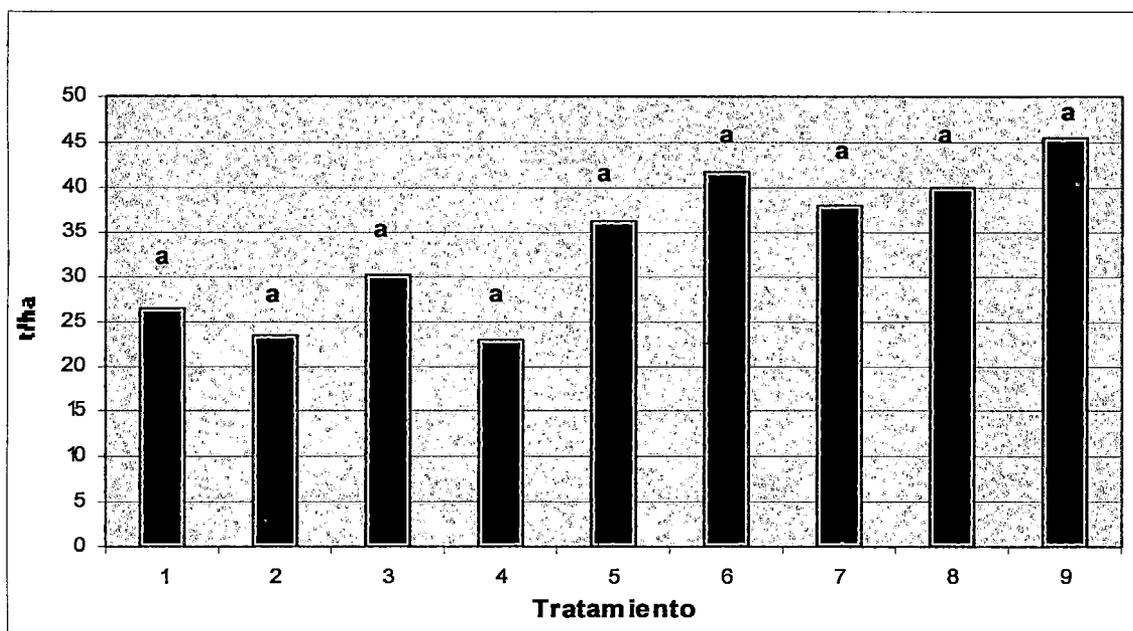
Fuente de elaboración propia

Gráfico 6. Rendimiento total en Campo



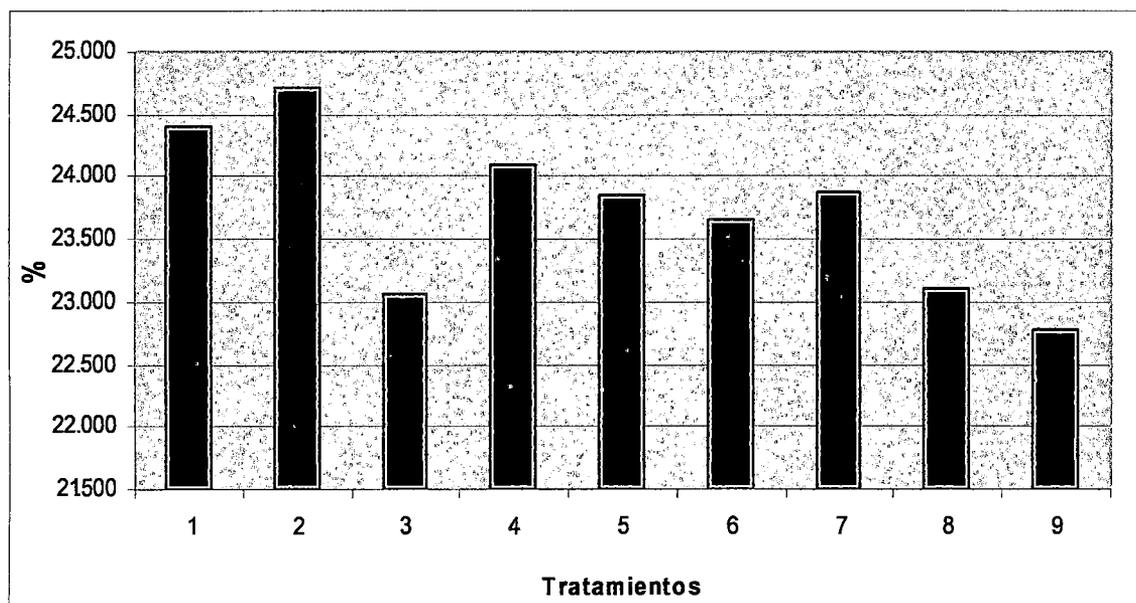
Fuente de elaboración propia

Gráfico 7. Rendimiento Comercial en Campo



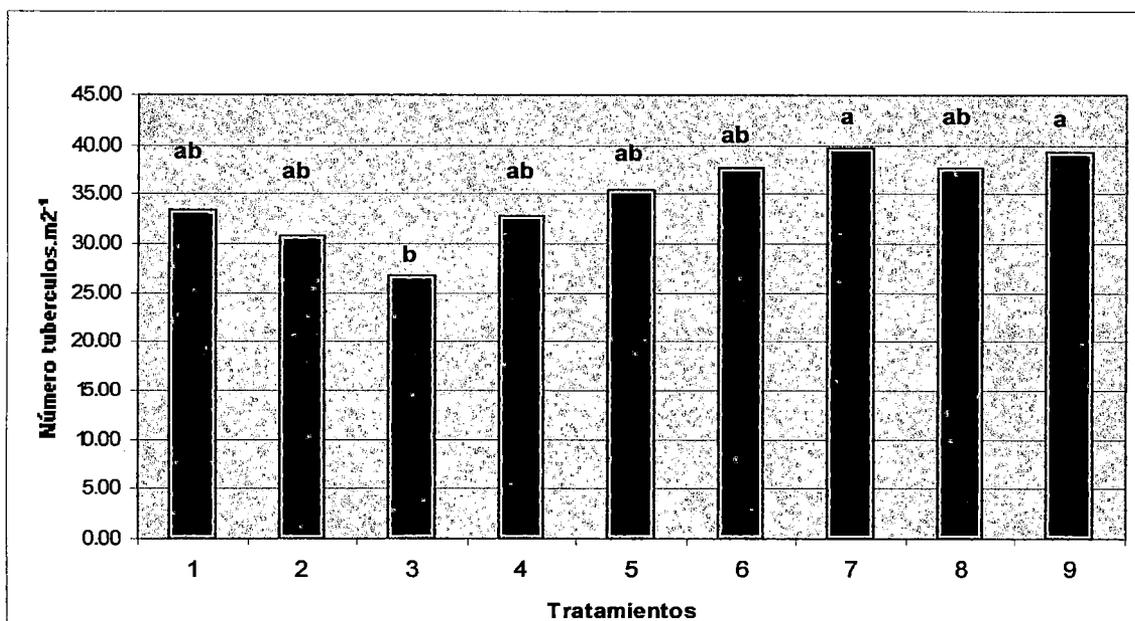
Fuente de elaboración propia

Gráfico 8. Materia seca del tubérculo en campo



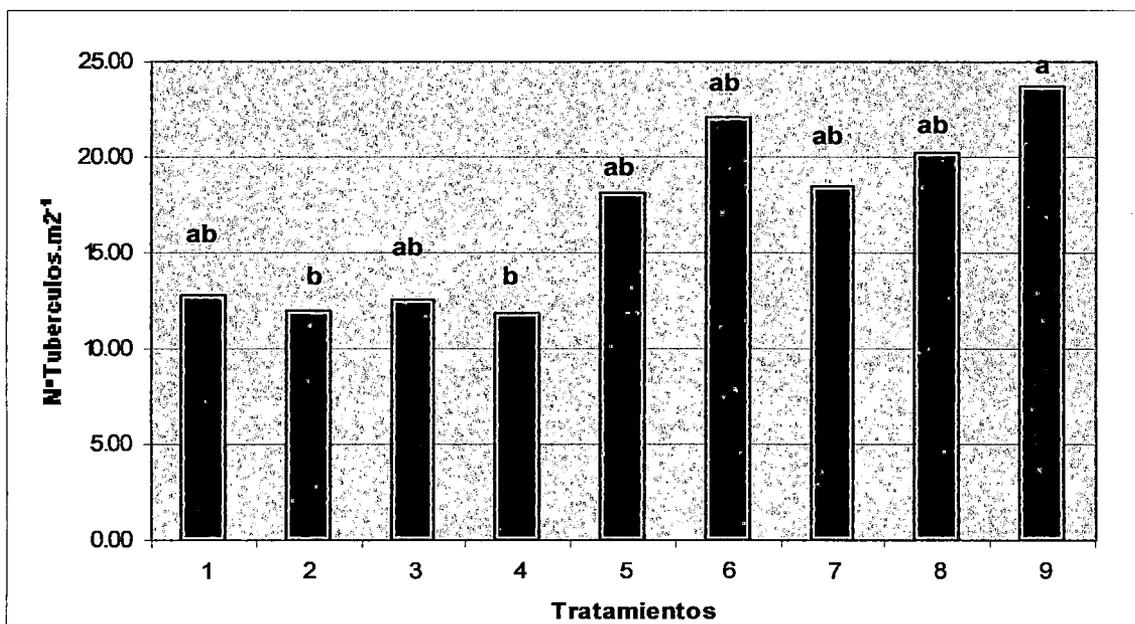
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. Número de tubérculos totales



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Número de tubérculos Comerciales



Fuente: Elaboración propia

APENDICE II.

Fotos



Foto 1^a. Vista de grandes acumulaciones de las macroalgas *Ulva sp.* en la playa San Francisco.



Foto 1^b. Vista de grandes acumulaciones de las macroalgas de *Gracilaria sp.* en la playa Hermosa



Foto 2^a. Vista del Balneario de Ancón



Foto 2^b. Vista de la Bahía de Ancón



Foto 3. Playa Hermosa



Foto 4. Playa San Francisco



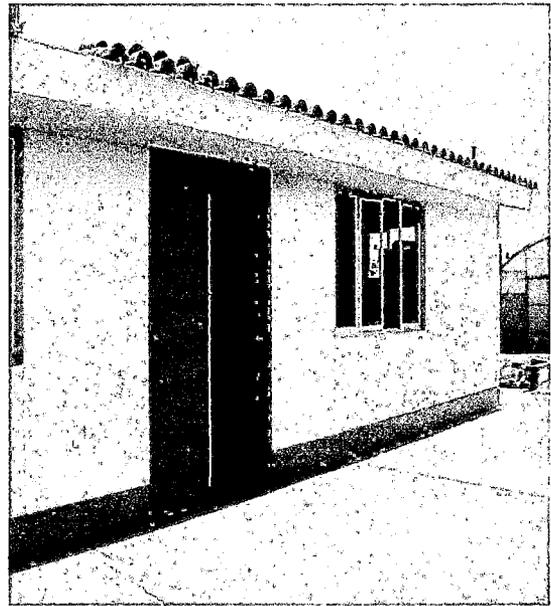
Foto 5^a . Vista de los campos del centro de Producción de semilla del CIP de Huancayo



Foto 5^b . Vista de lugar de almacenamiento del centro de Producción de semilla del CIP de Huancayo



(a)



(b)

Foto 6. Lugar de procesamiento de los tubérculos cosechado en invernadero fue realizado en los laboratorios de la División de Mejoramiento del Cultivos y Germoplasma CIP de Lima. (a) Vista por dentro y (b) fuera

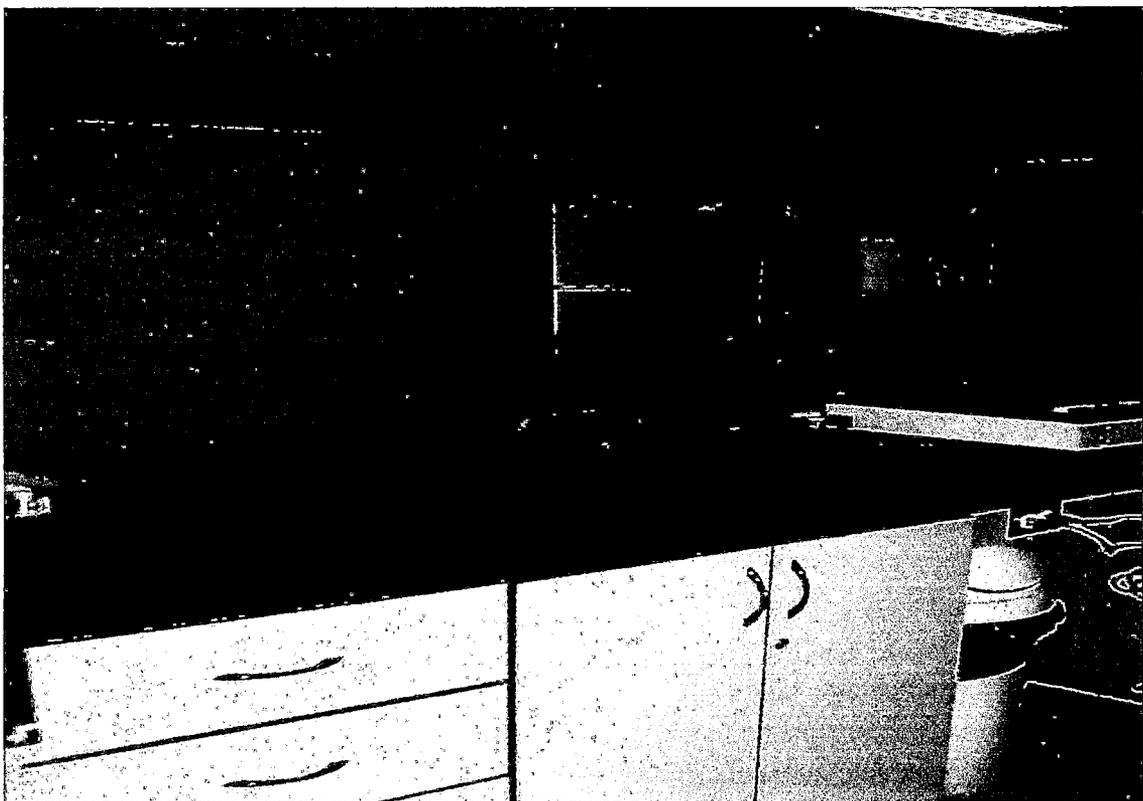


Foto 7. Lugar de procesamiento de los tubérculos cosechado en campo fue realizado en el laboratorio de Micología de la División de Manejo Integrado de cultivos CIP de Lima



Foto 8^a. Recolección de algas (*Ulva sp* y *Gracilaria sp.*) varadas en la playa San Francisco



Foto 8^b. Recolección de algas (*Ulva sp* y *Gracilaria sp.*) varadas en la playa Hermosa



Foto 9^a. El primer lavado de las algas se realizo con el agua de mar

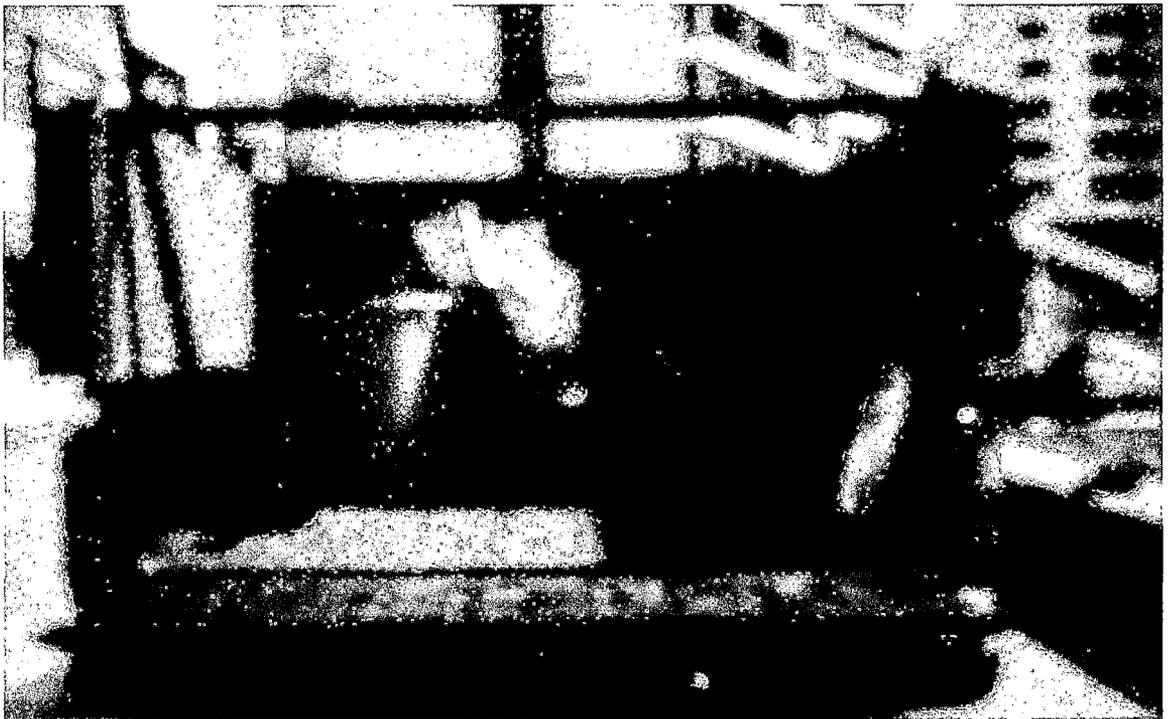


Foto 9^b. Transporte de las algas *Ulva* y *Gracilaria* sp.

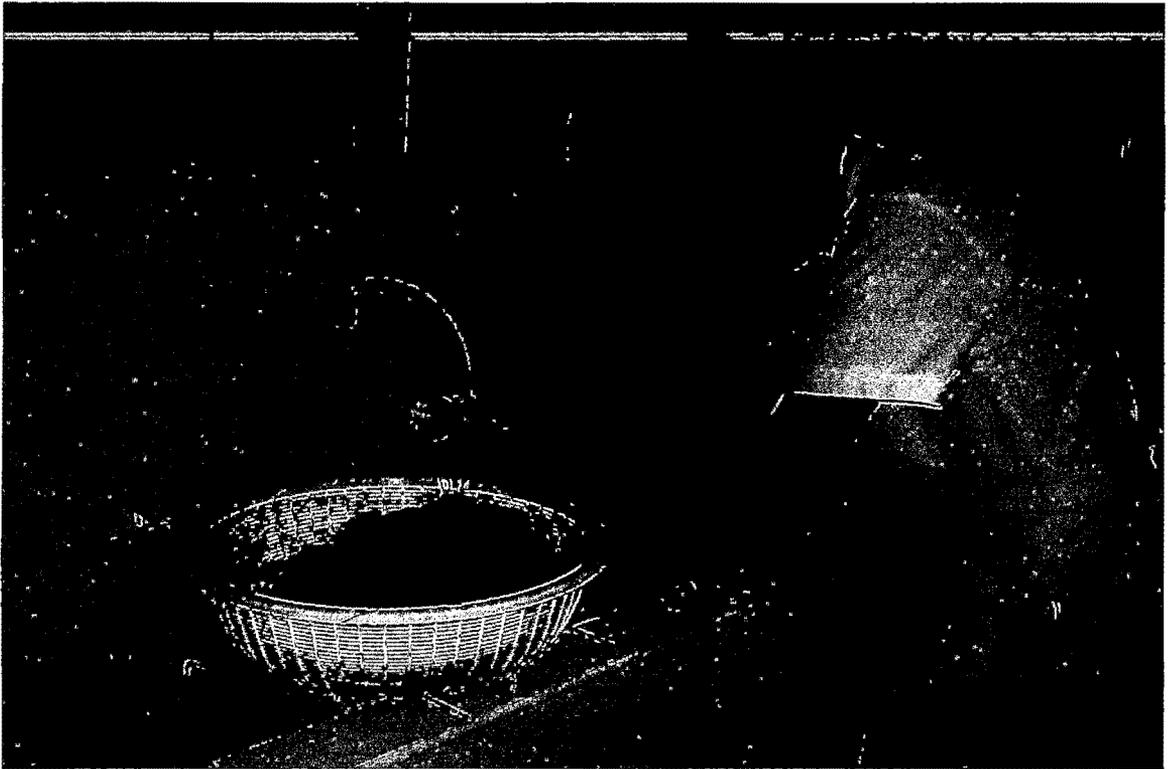


Foto 9°. Segundo lavado de algas con agua potable



Foto 10. Secado de las algas por exposición de rayos solares

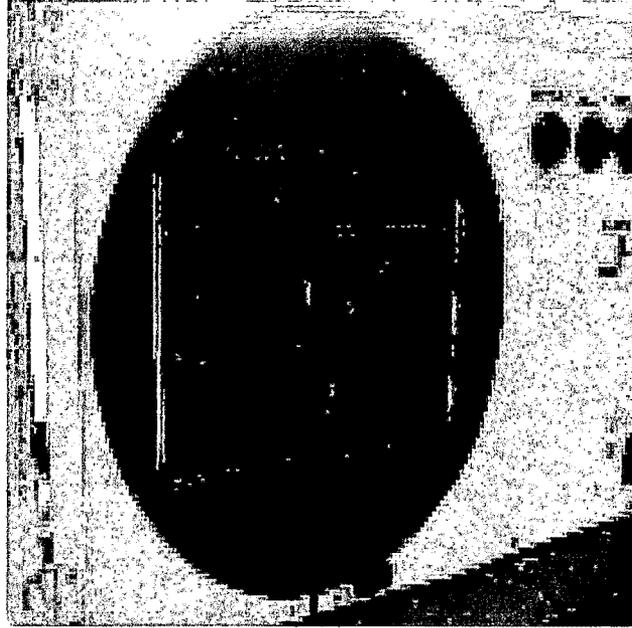


Foto 11. Secado de las aigas por uso de Estufa a 80° C



Foto 12. Vista del Campo N° 1 del CIP cede Lima.



(a)



(b)

Foto 13. Crecimiento de los brotes de las semillas de papa de variedad Canchan en la Cámara de Brotamiento del CIP. (a) Cámara de brotamiento por dentro y (b) Cámara de brotamiento por fuera

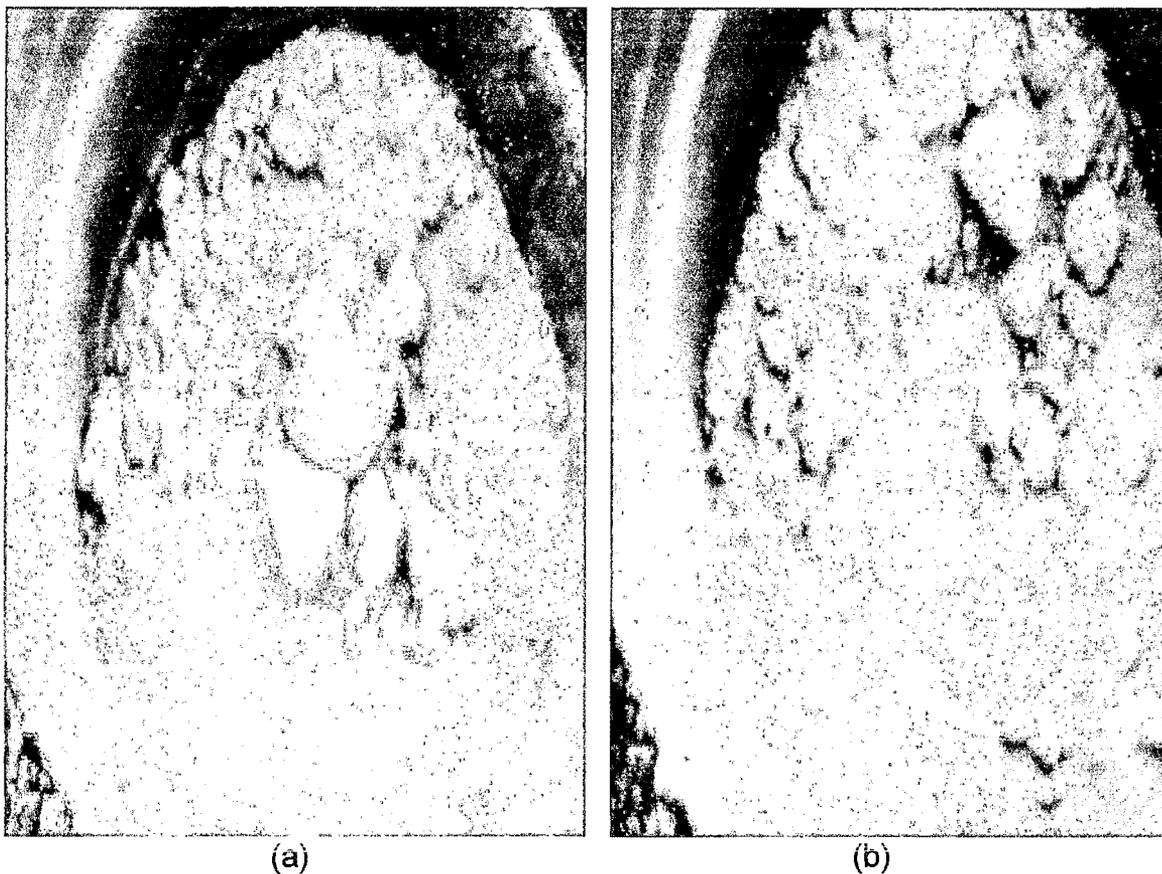


Foto 14. Siembra de Invernadero del CIP cede Lima. (a) Colocación de semilla y (b) tapado de semilla

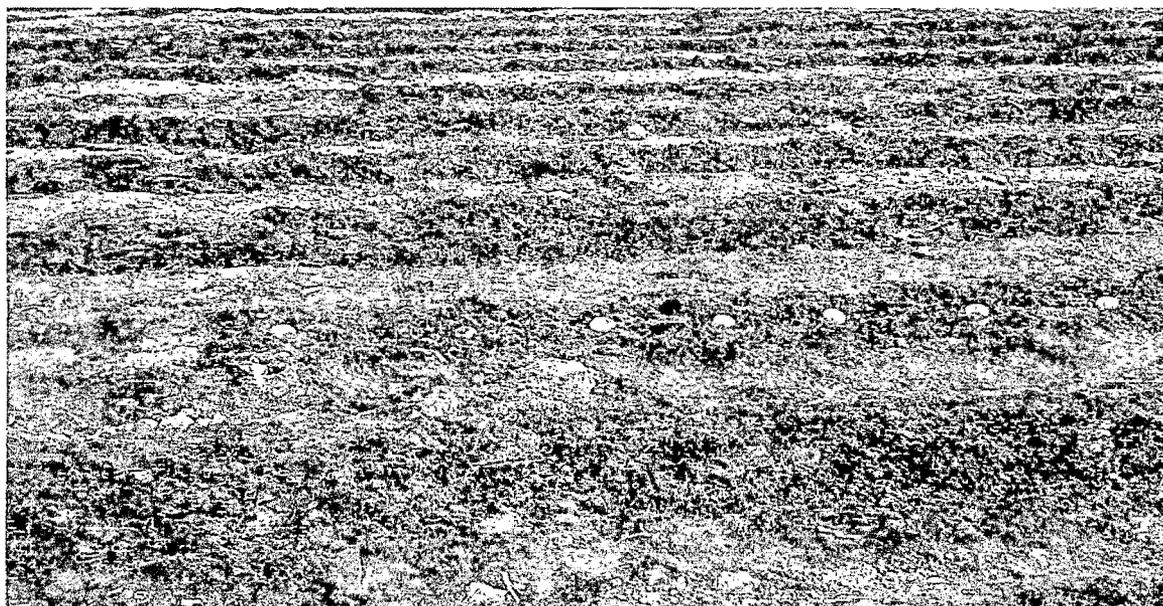


Foto 15. Siembra en Campo N° 1 del CIP cede Lima en la mezcla uniforme del suelo y el fertilizante adicionado



Foto 16. Tapado de las semillas de papa de variedad Canchan en campo

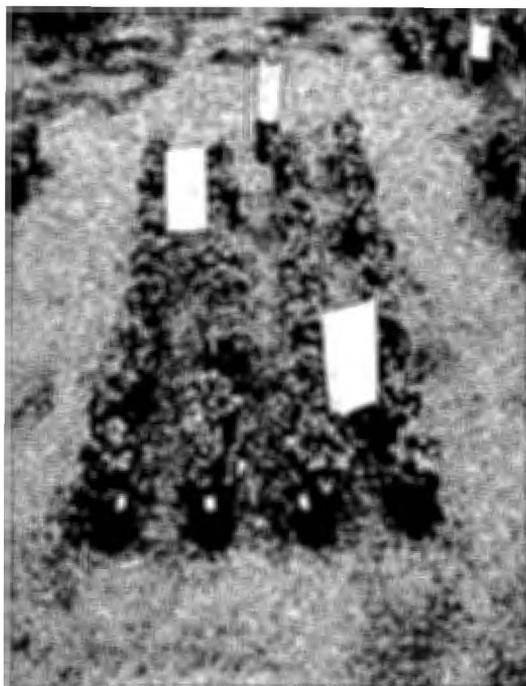


Foto 17. Manejo de cultivo en Invernadero durante el crecimiento de la plantas del cultivo de papa variedad Canchan

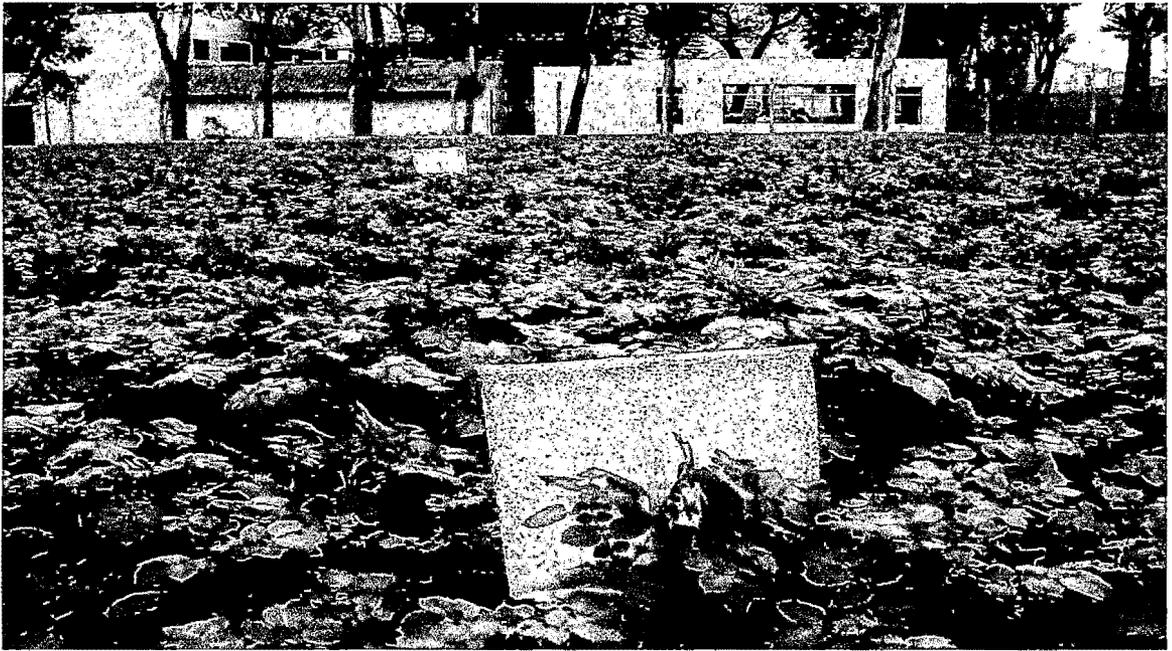
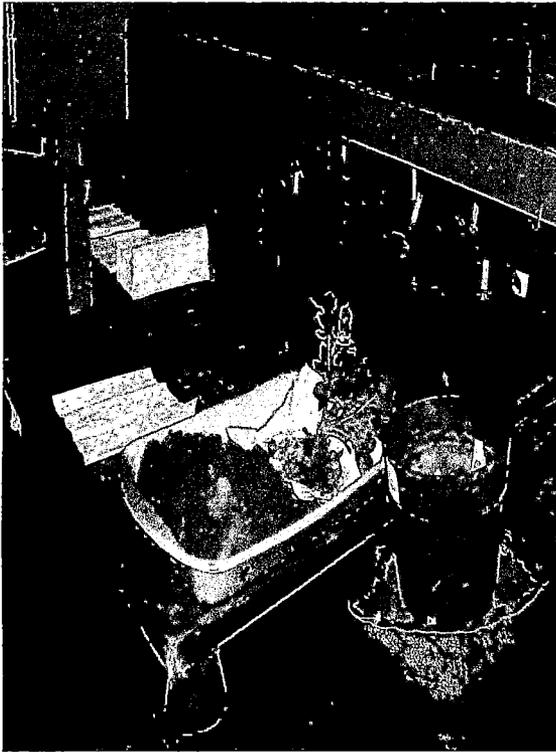


Foto 18. Manejo de Cultivo en Campo durante el crecimiento de la plantas del cultivo de papa variedad Canchan



(a)



(b)



(c)

Foto 19. Cosecha de Invernadero. (a) Vaciado de maceta, (b) Sacado de tubérculo y (c) conteo tubérculo.



(a)

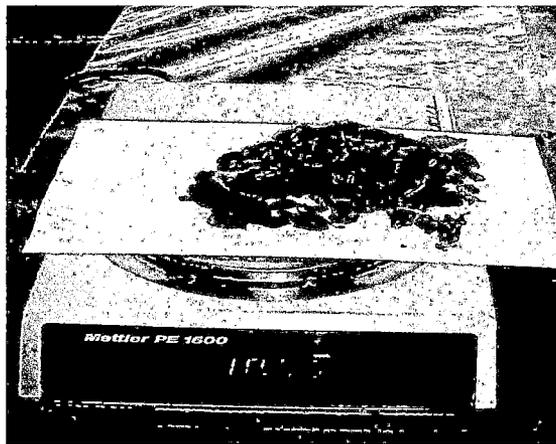


(b)

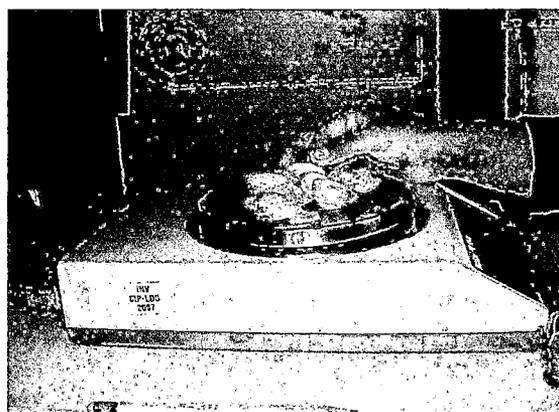
Foto 20. Cosecha en Campo. (a) Sacado del tubérculo con lampa, (b) Sacado completamente en todas las parcelas



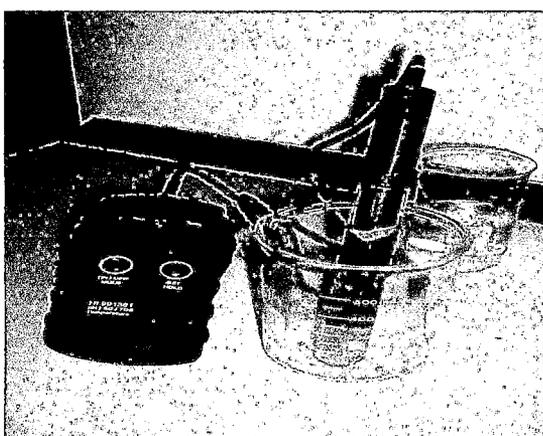
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Foto 21. Procesamiento y Determinación del ^(a) peso del Tallo de la planta, ^(b) peso Hoja, ^(c) peso del tubérculo, ^(d) conductividad y ^(e) salinidad del suelo después de la cosecha de Invernadero.



(a)



(b)

Foto 22. Determinación del ^(a) Rendimiento total y comercial y ^(b) número de tubérculos

ANEXOS

ANEXOS I.

Tablas

Tabla 1. Datos Meteorológicos Registrados del Centro Internacional de la Papa (CIP) La Molina, Lima, Perú

Año	2007	
Mes	Julio	Setiembre
Temperatura Mín. (°C)	13.6	13.21
Temperatura Máx. (°C)	14.18	15.03
Precipitación (mm)	0	0
Humedad Relativa (%)	85 - 96	28 - 96
Velocidad de viento (m/s)	0.68	0.69
Radiación Solar	135.46	383.41

Fuente realizado por RIU. Unidad de Información Informática. CIP.
Noviembre 2007

Tabla 2. Ubicación Geográfica de la Bahía de Ancón

Ubicación Política	Región: Lima Provincia: Lima Distrito: Ancón
Ubicación Geográfica	Longitudes Oeste : 11°34'21" y 11°49'30" Latitudes Sur : 77°00'12" y 77°12'04"
Extención Territorial	298.64 Km ²
Clima	Tropical
(*)Temperatura:	22 ° C - 32° C

Fuente de Municipalidad de Ancón, (*) Senamhi, Junio 2007

Tabla 3. Ubicación de las Playas Hermosa y San Francisco.

Ubicación Política	Región: Lima Provincia: Lima Distrito: Ancón
Ubicación Geográfica:	
San Francisco:	11°46'42" LS 77°11' LW
Hermosa:	11°46'30" LS 77°11' LW
Clima	Tropical
(*)Temperatura:	22 ° C - 32° C

Fuente de Municipalidad de Ancón, (*) Senamhi, Junio 2007

Tabla 4. Ubicación de Producción de Guano del CIP – Huancayo

Ubicación Política	Departamento: Junín Provincia: Huancayo Distrito: La Victoria
Ubicación Geográfica	LAT: 12° 01' 45" S LONG: 75° 14' 39" W ELEV: 3231 m
Temperatura (Max. y Min.)	5.1° C – 20.5° C
Precipitación	400 mm.

Fuente realizado por RIU. Unidad de Información Informática. CIP.
Noviembre 2007

Tabla 5. Ubicación de Producción de Semilla del CIP – Huancayo

Ubicación Política	Departamento: Junín Provincia: Huancayo Distrito: Santa Ana
Ubicación Geográfica	LAT: 12°00'00" S LONG: 75° 13'05" W ELEV: 3,260 msnm.
Temperatura (Max. y Min.)	6 - 18°C
Precipitación	800 mm.

Fuente realizado por RIU. Unidad de Información Informática. CIP.
Noviembre 2007

Tabla 6. Ubicación del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina

Ubicación Política	Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: La Molina
Ubicación Geográfica	LAT: 12°05'16" S LONG: 76°57'00" W ELEV: 238 m.s.n.m
Temperatura (Media)	15.2 °C
Precipitación	0.08 mm
Humedad Relativa	90%

Fuente de Aldon (2008)