UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Tesis Previa a la Obtención del Título de: INGENIERO AGROPECUARIO

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE Azospirillum sp., Y
EVALUACIÓN DE SU CAPACIDAD PARA SUPLIR LAS NECESIDADES DE
NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE MAÍZ, (Zea mays) L.
SEMIHIDROPÓNICO CON DOS SUSTRATOS DIFERENTES BAJO
INVERNADERO. QUITO - CAYAMBE – ECUADOR – 2011

AUTOR: ALEX RAMIRO REYES CAMPAÑA.

DIRECTOR: ING. VALDANO TAFUR

CAYAMBE - 2011

	desarrollados, s del presente t						es y
				Cayam	be, M	Iayo 16 del	2011
						Reyes Cam	
						·	•

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida, a mis padres y hermanos por ser el eje fundamental para poder culminar mi preparación profesional, a todas esas personas que creyeron en Mí y contribuyeron con su apoyo incondicional.

A mi compañera de vida por ser mi apoyo y mi inspiración...María Sol.

A esos ángeles que habitan en la tierra y el cielo y que llenan nuestras vidas de Amor y Esperanza y viven felices en nuestros corazones por vernos invencibles...

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermanos por ser el eje fundamental en el transcurso de mis estudios y en la culminación de mi carrera ya que con su apoyo incondicional supieron guiarme.

A la Ing. Rosita Espinoza Directora de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Cayambe periodo 2009 – 2010.

Al Ing. Janss Beltrán Director de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Cayambe periodo 2010 – 2011.

Al Ing. Valdano Tafur y a la Ing. Laura Huachi quienes me han guiado con sus conocimientos y apoyo incondicional para obtener del presente trabajo.

A todos los catedráticos de la Universidad Politécnica Salesiana que estuvieron presentes en toda mi vida universitaria quienes me supieron colaborar con sus conocimientos, experiencias profesionales.

A mis compañeros por su amistad y colaboración en todo el proceso de formación personal y profesional.

A todos y todas muchas gracias...

INDICE

CONTENIDO

		PÁG
1.	INTRODUCCIÓN	11
2.	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo general	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	MARCO TEÓRICO	16
3.1	Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal	16
3.2	Azospirillum sp.	16
3.2.1	Generalidades Azospirillum sp.	16
3.2.2	Identificación	17
3.2.2.1	Metabolismo de <i>Azospirillum sp.</i>	18
3.2.2.2	Requerimientos nutricionales de Azospirillum sp.	19
3.2.2.3	Efectos de factores físico-químicos sobre Azospirillum sp	19
3.2.3	Nutrición y cultivo de microorganismos	20
3.2.3.1	Nutrición microbiana	20
3.2.3.2	Medio de cultivo	20
3.2.3.3	Inoculantes	20
3.2.3.4	Crecimiento de poblaciones	21
3.2.3.5	Curva de crecimiento	21
3.2.3.6	Recuento de células viables	22
3.2.3.6.1	Dilución de las suspensiones celulares antes de la siembra en placa	22
3.2.3.6.2	Medidas indirectas de crecimiento microbiano: turbidez	22
3.2.4	Metabolismo del Nitrógeno.	22
3.2.5	Hábitat del género Azospirillum	23
3.2.6	Factores que inciden en la eficiencia de Azospirillum	24
3.3	Taxonomía v morfología de maíz. (Zea mays) L.	26

3.3.1	Taxonomía	26
3.3.2	Morfología	27
3.3.2.1	Tallo	27
3.3.2.2	Inflorescencia	27
3.3.2.3	Hojas	27
3.3.2.4	Raíces	28
3.3.3	Ciclo vegetativo del maíz (Zea mays) L.	28
3.3.3.1	Germinación	28
3.3.3.2	Crecimiento	32
3.3.3.3	Temperatura	32
3.3.3.4	Humedad	33
3.4	Forraje verde semihidropónico (FVSH)	34
3.5	Hidroponía	34
3.5.1	Semihidroponía	35
3.6	Invernadero	36
3.7	El suelo	37
3.7.1	Capa edáfica	37
3.7.2	Factores del crecimiento de las plantas	37
3.7.3	Fertilidad del suelo	37
3.7.4	Propiedades químicas de los suelos	38
3.7.5	Capacidad de Intercambio catiónico y porcentaje de saturación de bases	39
3.7.5.1	Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.)	39
3.7.6	pH	39
3.7.6.1	Significación del pH del suelo	39
3.7.6.2	Relación entre la disponibilidad de nutrientes y el pH	40
3.7.7	Salinidad	40
3.7.8	Materia orgánica	41
3.8	Sustrato comercial Klasmann TS1	44
3.8.1	Propiedades Químicas	45
3.8.2	Propiedades Físicas	45
3.8.3	Ventajas de la turba rubia de Klasmann – Deilmann	46

3.8.4	Contenido de humedad óptimo	46
3.8.5	Porosidad elevada	46
3.8.6	Constantes químicas invariables	47
3.9	Abonos	47
3.9.1	Unidades fertilizantes	47
3.9.2	Clasificación de un abono	48
3.9.2.1	Por su estado físico	48
3.9.2.2	Por su naturaleza	49
3.9.2.3	Por su formulación	49
3.9.3	Abonos químicos	50
3.9.3.1	Macroelementos	50
3.9.3.1.1	Nitrógeno	.50
3.9.3.1.1.	1 Ciclo de Nitrógeno	.51
3.9.3.1.2	Nitrato de amonio	.52
3.9.3.1.2.	1 Aplicaciones	.53
3.10	La capilaridad de los líquidos	53
4.	UBICACIÓN	54
4.1	Ubicación política territorial del ensayo de campo	54
4.2	Ubicación geográfica del ensayo de campo	54
4.3	Condiciones Climáticas del ensayo de campo	54
4.4	Ubicación política territorial del ensayo de laboratorio	55
4.5	Ubicación geográfica del ensayo de laboratorio	55
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	56
5.1	Materiales	56
5.1.1	Materiales de Laboratorio	56
5.1.2	Materiales de Campo	58
5.2	Metodología	59
5.2.1	Metodología de Laboratorio	59
5.2.1.1	Recolección de muestras	59
5.2.1.2	Aislamiento y purificación de Azospirillum sp.	60
5.2.1.3	Identificación con pruebas bioquímicas, morfológicas y Gram	60

5.2.1.4	Conservación de aislamiento	62
5.2.1.5	Curva de crecimiento de Azospirillum sp. en un medio de referencia Dyggs	62
5.2.1.6	Preparación de inóculos de los aislados	63
5.2.1.7	Determinación cuantitativa bacteriana de los sustratos que fueron usados	63
5.2.1.8	Inoculación de la semilla de maíz, (Zea mays) L.	63
5.2.1.9	Reaislamiento de Azospirillum sp. en el suelo.	63
5.2.1.10	Reaislamiento de Azospirillum sp., en las raíces	64
5.2.1.11	Análisis foliar de nitrógeno	64
5.2.2	Metodología de Campo	64
5.2.2.1	Invernadero	64
5.2.2.2	Instalación del ensayo	64
5.2.3	Diseño experimental	68
5.2.3.1	Tratamientos	68
5.2.3.2	Unidad experimental y parcela neta	69
5.2.3.2.1	Superficie total del ensayo	69
5.2.3.3	Variables y métodos de evaluación	69
5.2.3.3.1	Días a la Germinación	70
5.2.3.3.2	Altura de planta	70
5.2.3.3.3	Longitud de las raíces	70
5.2.3.3.4	Materia Seca de las Raíces	70
5.2.3.3.5	Materia Seca de las Hojas	70
5.2.3.3.6	Determinación de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en un gramo de sustratos	
5.2.3.3.7	Determinación de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en un gramo raí	
5.2.3.4	Prueba de Significación	.71
5.2.3.5	Croquis del ensayo	71
5.2.3.6	Análisis Económico	71
6	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	.72
6.1	Población y muestra.	.72
6.2	Técnicas de evaluación	72

7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
7.1	Aislamiento, identificación y purificación	74
7.1.1	Tinción Gram	74
7.2	Medio de referencia (Medio Dyggs) para la bacteria Azospirillum sp	77
7.3	Días a la Germinación	78
7.4	Altura de planta	80
7.5	Longitud de raíz	83
7.6	Altura de planta y largo de raíz	85
7.7	Peso de Materia Verde por Tratamiento	86
7.8	Materia Seca de las hojas por Tratamiento	88
7.9	Materia Seca de las raíces por Tratamiento	91
7.10	Materia Seca hojas y Materia Seca raíz	93
7.11	Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en el sustrato	94
7.12	Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en la raíz	95
7.13	Contenido porcentual de Nitrógeno	97
7.14	Contenido de Agua en los sustratos Klassman TS1 y Ripio	101
7.15	Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en Klassman TS1	102
7.16	Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en ripio	103
7.17	Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en las raíces del cultivo de ma (Zea mays) L. en los sustratos Klassman TS1 y ripio	
7.18	Curva de crecimiento de la bacteria Azospirillum sp.	104
7.19	Análisis Costo Beneficio	108
7.20	Reaislamiento de Azospirillum sp., al final del ensayo	111
7.21	Palatabilidad	112
8	CONCLUSIONES	113
9	RECOMENDACIONES	114
10	RESUMEN	115
11	SUMMARY	117
12	BIBLIOGRAFÍA	119
12.1	Bibliografía electrónica	124

13	ANEXOS	125
13.1	Fotografías de la investigación	125
13.2	Datos generados en la investigación	151
13.3	Fichas de recolección de muestra de suelo y raíz	165
13.4	Informes de laboratorio	171

1. INTRODUCCIÓN

En esta nueva era de la agricultura netamente química se ha vuelto necesaria la implementación de buscar nuevas alternativas tecnológicas que detengan el impacto a la salud de quienes conforman parte del ecosistema para poder llegar a una agricultura sostenible y mediática con resultados óptimos.

Con estos antecedentes esta investigación se basa en el desarrollo de una nueva biotecnología con un impacto mínimo para el ecosistema y así mismo para la salud humana, permitiendo incrementar la calidad de los nutrimentos y de esta manera se obtengan mejores rendimientos de los cultivos dentro de las tecnologías más amigables con la naturaleza.

En los últimos años la fertilización química se ha incrementado con la finalidad de asegurar la productividad y el rendimiento de los cultivos, pero cabe recordar que es prácticamente imposible usar fertilizantes químicos sin dañar el medio ambiente. Este uso indiscriminado de químicos ha ocasionado resultados desastrosos en los suelos que antes eran fértiles, por lo cual, agricultores hoy en día ya están sufriendo la peor erosión del suelo de la historia sin contar con los daños que estos químicos producen a la salud de quienes los manipulan.

Cuando llegamos a entender estos acontecimientos, sabemos que es tiempo de buscar y desarrollar nuevas formas de manejo de suelos que al mismo tiempo no sean costosas y que permitan mejorar la calidad de los cultivos.

Hoy en día la aplicación de conocimientos se vuelve indispensable en las prácticas agrícolas. El primer paso es una adecuada comprensión de lo que está sucediendo a nuestro alrededor y así dar un tratamiento más inteligente al suelo, del cual se está abusando cruelmente. Lo fundamental es que se mantenga al suelo en condiciones fértiles así estos se estén usando continuamente en la producción de cosechas.

En condiciones naturales existe un equilibrio en el cual el suelo tiene la capacidad para sustentar el crecimiento vegetal hasta donde este lo pueda nutrir. Estos recursos nutrimentales se mantienen en un nivel prácticamente constante gracias a los ciclos que devuelven gradualmente toda la materia orgánica al suelo, la cual se está transformando constantemente gracias a la acción combinada de plantas, animales y microorganismos que viven en él. Si disminuye la provisión de cualquiera de estos factores críticos, como fauna y flora (macro y micro) del suelo se ajustarían a un lento cambio cíclico y el suelo empezaría a erosionarse.

Los terrenos fértiles que se encuentren bajo cultivos intensivos, deben ser renovados constantemente y esta idea se debe tener presente en el momento de realizar cosechas continuas en un mismo suelo, es decir, los elementos importantes que constituyen ese suelo deben ser continuamente renovado, de una manera orgánica y natural con tratamientos adecuados a las necesidades del suelo o cuando el suelo está ya muy afectado por las malas prácticas agrícolas se puede sustituir con otras técnicas las cuales ahorren espacio y energía. Estas nuevas técnicas hoy en día traen muchas ventajas para los agricultores y el suelo, especialmente los cultivos hidropónicos que permiten eliminar el laboreo, ya que no se necesita del suelo si no camas artificiales compuestas de un sustrato y agua con los nutrientes necesarios, mientras tanto los suelos que están prácticamente muertos se les puede dar el tratamiento adecuado para que renueven su vida útil.

Los cultivos hidropónicos son una "ciencia joven", hace apenas 40 años se ha empezado a utilizarse la hidroponía para cultivos intensivos y es tan versátil que puede adaptarse a diversas situaciones, desde cultivos al aire libre y en invernadero, puede usarse satisfactoriamente en países del Tercer Mundo para proveer una producción intensiva de alimentos en áreas limitadas.

El Forraje Verde Hidropónico, es el resultado de un proceso de germinación de plantas que puedan ofrecer los nutrientes necesarios a los animales de granja como cuyes, vacas,

caballos, ovinos, conejos...estas plantas con los requerimientos nutricionales para estos animales.

Este es un nuevo concepto de producción, ya que gracias a la hidroponía como ya se recalcó en un inicio no requiere grandes extensiones de tierra, además estos cultivos hidropónicos no necesitan periodos largos de producción ni formas de conservación y almacenamiento; haciendo de estos la combinación perfecta entre recursos, técnica y tiempo para realizar una evaluación de la actividad de *Azospirillum sp.*, en la planta de maíz, (*Zea mays*) *L.*, para el forraje verde.

Los microorganismos a pesar de su pequeño tamaño, son capaces de participar en los ciclos más importantes que intervienen en la fertilidad del suelo, una de sus principales funciones es suministrar nutrientes como el nitrógeno. El nitrógeno se hace disponible a las plantas principalmente por la acción de bacterias diazótrofas que habitan en el suelo, especialmente en la rizósfera y tienen la capacidad de transformar el nitrógeno atmosférico en amonio o nitratos que pueden ser usados por las plantas o fijarlo directamente en las raíces. Las bacterias del género Azospirillum sp., tienen este atributo de fijar nitrógeno en las raíces de las plantas y que al ser inoculadas en la rizósfera, hace que se incremente la densidad y longitud de los pelos radicales, dándoles a las raíces mayor capacidad para la captación de agua y nutrientes del suelo, esto permite a la planta mantener sustancias esenciales en tallos y hojas y así se muestra un mejor desarrollo de las plantas donde estas están ejerciendo su acción. Son por estas razones, que al realizar una evaluación de Azospirillum sp., en un cultivo semihidropónico, al cual, se lo puede mantener bajo condiciones controladas se tendría la certeza de que los resultados obtenidos son por acción de Azospirillum sp., sobre la planta y no de otros tipos de microorganismos que suelen encontrarse en la rizósfera del suelo; así se podrá garantizar la funcionalidad de este diazótrofo sobre la planta tanto en este medio como en un suelo de condiciones relativamente fértiles.

Gracias a la combinación de la investigación de la funcionalidad de los microorganismos benéficos en la agricultura y con técnicas saludables para los cultivos se puede llegar a suplir fertilizantes químicos dañinos para el medio ambiente y al mismo tiempo disminuir costos en la fertilización.

Estas técnicas de cultivos hidropónicos e inoculación de microorganismos pueden llegar a constituirse, como una alternativa con mejor proyección al optimizar la calidad de los suelos y generar cultivos intensivos en las comunidades de agricultores que quieran mejorar su entorno, su forma de trabajo y el medio ambiente; por eso se hace necesario que se conozca la verdadera funcionalidad de los inoculantes biológicos para conocer sus limitaciones y así mismo sacar su máximo provecho para brindar al ambiente una agroecología de calidad y mayor estabilidad.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Aislar e identificar cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluar su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero

2.2 Objetivos específicos

- Aislar, identificar y purificar Azospirillum sp. a través del medio NfB (nitrogen fixation biological, fijación biológica de nitrógeno) selectivo más las pruebas bioquímicas respectivas para diazótrofos a partir de muestras de suelo y raíces para aplicarlas en el cultivo semihidropónico de maíz, (Zea mays) L.
- Evaluar el inoculante de referencia Dyggs para realizar las inoculaciones en los diferentes tratamientos.
- Determinar la calidad de los sustratos que se van a utilizar en el ensayo mediante técnicas de laboratorio químicas y microbiológicas para establecer los parámetros de desarrollo del cultivo de maíz, (Zea mays) L.
- Evaluar el desarrollo de un cultivo de maíz, (Zea mays) L. y su producto final entre los dos tipos de sustratos más la inoculación de Azospirillum sp. mediante la determinación cuantitativa del crecimiento del maíz, (Zea mays) L. para establecer la capacidad de la bacteria para intervenir en el crecimiento vegetal.
- Determinar si Azospirillum sp. puede ser utilizado para sustituir parcialmente la fertilización nitrogenada sintética mediante la comparación paralela de la inoculación con Azospirillum sp. en el cultivo semihidropónico de maíz, (Zea mays)
 L.
- Palatabilidad del FVSH (forraje verde semihidropónico), a animales menores en este caso cuyes de granja, para demostrar su aceptación como alimento alternativo altamente nutritivo.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal

"Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Son un grupo de bacterias que habitan la raíz estimulando significativamente el crecimiento de las plantas. Azospirillum sp., pertenece a este grupo bacteriano capaz de promover el crecimiento de la planta no solo por fijar N atmosférico si no por la producción de fitohormonas"

3.2 Azospirillum sp.

3.2.1 Generalidades *Azospirillum sp.*

"El género *Azospirillum sp.* se caracteriza por: bacilos gruesos, ligeramente curveados o rectos, y a menudo con extremos puntiagudos; Gram negativos en cultivos jóvenes, pudiendo ser Gram variables en cultivos envejecidos. Presentan gránulos intracelulares de poli-β-hidroxibutirato especialmente en cultivos libres de N".

"El género *Azospirillum sp.*, pertenece a la subclase alfa de las proteobacterias de la familia Rhodospirillaceae, siendo *A. lipoferum* la especie tipo.

FIGURA 1. Colonización de las raíces en gramíneas por bacterias del género *Azospirillum sp*.



Fuente: Mercedes García, et al., 1980

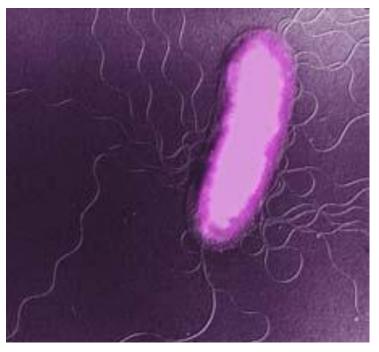
¹ HOLT, J.; Krieg, N.; Sneath, P.; Staley, J. y Williams, S. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9 ^{na} Edición. Williams & Wilkins. Baltimore, USA. pp. 39, 40, 43, 47, 56.

3.2.2 Identificación

Características útiles en la identificación rutinaria son:

Forma vibroide, pleomorfismo y movilidad en espiral, se pueden observar gránulos de poli-\beta-hidroxibutirato (PHB) observándose al microscopio las células jóvenes con abundantes gránulos refringentes.²

FIGURA 2 Generalidades Género *Azospirillum sp.* Morfología celular de *Azospirillum*



Fuente: García,(web.umr.edu/~microbio/BIO221_1999/Flag.jpg)

"En cultivos semisólidos y sólidos con más de 24 horas de incubación se presentan frecuentemente células refringentes con forma ovoide y de paredes gruesas similares a quistes. Características típicas para identificación del género *Azospirillum*".

² OKON, Y. & R. ITZIGSOHN. Poly-b-hydroxybutyrate metabolism in *Azospirillum brasilense and the ecological role of PHB in the rhizosphere*, 1992. FEMS Microbiol. Rev. 103: p. 131-140.

TABLA 1: Criterios utilizados para la identificación del género *Azospirillum sp*.

Prueba	Resultado
Forma Celular	Bacilos ligeramente
Forma Cennar	curveados o rectos
Tinción de Gram	-
Presencia de gránulos de poli-	
β- hidroxibutirato	+

Fuente: Bergey's Manual of Determinative Bacterminative, 1994

3.2.2.1 Metabolismo de *Azospirillum sp*.

Las especies de *Azospirillum sp.*, difieren en su capacidad para usar compuestos como fuentes de Carbono y Nitrógeno. TABLA 2. Usando para su crecimiento unos pocos monosacáridos, disacáridos, alcoholes polihidroxilados, y principalmente ácidos orgánicos como málico y succínico y algunos aminoácidos Tiene un metabolismo carbonado y nitrogenado muy versátil adaptándose mejor en el entorno rizosférico. Como fuentes nitrogenadas, *Azospirillum sp.*, puede utilizar un amplio rango de sustratos como: amonio, nitrato, nitrito, aminoácidos y nitrógeno molecular. En condiciones de estrés se puede enquistar, recubriéndose de una capa de polisacáridos y produciendo gránulos de β-hidroxibutirato como reserva de fuente carbonada. ³

³ BASHAN, Y. *Interactions of Azospirillum spp. in soils*, 1999. Review. Biol Fertil Soils 29: p. 246-256.

TABLA 2. Características Bioquímicas de las especies de *Azospirillum sp*.

Phenotypic feature	A. doebereinerae sp. vov.	A. lipoferum	A. Iargimobile	A. brasilensı	A. halopraeferen	A. irak <i>e</i> nse	A. amazonense
Carbon utilization with API50							
CHE and API20 NE (aerobic):							
N-A cetylglucosamine	_	+	+	_	ND	+	d
D-Glucose	d	+	+	d	_	+	+
Glycerol	+	+	+	+	+	_	_
p-Mannitol	+	+	+	_	+	_	_
D-Ribose	_	+	+	-	+	d	+
D-Sorbitol	+	+	+	-	-	-	_
Sucrose	_	_	ND	_	_	+	+
Acid from (API50, anaerobic):							
D-Glucose	d	+	+	-	-	-	-
D-Fructose	+	+	+	_	+	_	_
Biotin requirement	_	+	_	-	+	-	-
Optimal temperature for growth (°C)	30	37	28	37	41	33	35
Polymorphic cells	+	+	+	_	+	+	+

Fuente: Bergey's Manual of Determinative Bacterminative, 1994

3.2.2.2 Requerimientos nutricionales de Azospirillum sp.

"Están determinados por el tipo de metabolismo celular y condiciones del cultivo. Para la producción de células bacterianas de *Azospirillum sp.* se debe tener una relación C/N mínima para que pueda iniciar su metabolismo".⁵

3.2.2.3 Efectos de factores físico-químicos sobre Azospirillum sp.

Cuando las bacterias se siembran en un medio óptimo y en condiciones adecuadas, sucede un incremento en el número de células en cortos periodos. Puede alcanzarse la población máxima en 24 h; para determinar

[&]quot;La respuesta quimiotáctica a diferentes fuentes de carbono es variable dependiendo de la especie de *Azospirillum sp.*, e incluso es específica".⁴

⁴ REINHOLD, B.; T. HUREK & I. FENDRIK. *Strain-specific chemotaxis of Azospirillum spp.*, 1985. J. Bacteriol. 162: p. 190-195.

⁵ BROCK, T.D.; SMITH, D. & MADIGAN, Michael. *Microbiología*. México D.F, 1982.10ma.: Prentice hispanoamericana.

el desarrollo se debe medir cuantitativamente la población de células al tiempo de sembrar y nuevamente después de la incubación.

- pH: Azospirillum sp., tiene un crecimiento óptimo en un rango de pH de 6,5 -7,0.
- Temperatura: la óptima de crecimiento cercana a los 30 °C, excepto para *Azospirillum largimobile* que presenta una temperatura de 28 °C y *Azospirillum halopraeferens* 41° C.
- Aireación: Crece mejor en medios microaerofílicos. Oxígeno afecta la nitrogenasa.

3.2.3 Nutrición y cultivo de microorganismos

3.2.3.1 Nutrición microbiana

En esencia la nutrición microbiana consiste en suministrar a las células los ingredientes químicos que necesitan para hacer monómeros. Estos compuestos químicos son los nutrientes. Diferentes organismos necesitan diferentes tipos de nutrientes y a menudo los requerimientos son específicos.

3.2.3.2 Medio de cultivo

Los medios de cultivo son las soluciones nutritivas que se usan en el laboratorio para el cultivo de los microorganismos.

3.2.3.3 Inoculantes

Los inoculantes son productos desarrollados para contener los nutrimentos necesarios que necesitan las bacterias para que contenga una alta concentración bacteriana. Se puede inocular con bacterias en forma directa sobre el suelo o aplicarlas sobre la semilla antes de la siembra.

⁶ PEOPLES, M. & CRASWELL, E. *Biological nitrogen fixation; investments expectations and actual contributions to agriculture*, 1992. Plant and Soil. 141: p. 13 – 39.

3.2.3.4 Crecimiento de poblaciones

Es un incremento del número de células bacterianas o un incremento de la masa celular. La velocidad de crecimiento el cambio de células por unidad de tiempo. El intervalo para la formación de dos células a partir de una supone una generación, y el tiempo transcurrido para que esto ocurra se llama tiempo de generación. ⁷

3.2.3.5 Curva de crecimiento

En un sistema cerrado o monofásico, se obtiene una curva de crecimiento típica como la que se indica en la FIGURA 3. Esta curva de crecimiento puede dividirse en distinta fases llamadas: fase de latencia, fase exponencial, fase estacionaria y fase de muerte.

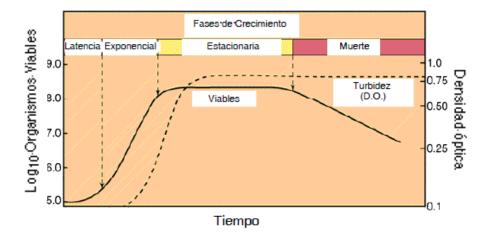


FIGURA 3: Curva de crecimiento microbiano.

Fuente: Biología de los Microorganismos de Brock. 1982

-

⁷ BROCK, T.D.; SMITH, D. & MADIGAN, Michael. *Microbiología*. Op Cit. p 145

3.2.3.6 Recuento de células viables

Usualmente el método para determinar células viables se basa en contar el número de células de la muestra que es capaz de formar colonias sobre un medio sólido adecuado. Puede ser sembrado a profundidad o en extensión. En este procedimiento se supone que cada célula viable puede formar una colonia.

3.2.3.6.1 Dilución de las suspensiones celulares antes de la siembra en placa

En los métodos de recuento en placa tanto en extensión como vertido se debe tener en cuenta que el número de colonias no sea demasiado grande ni muy bajo, el número de colonias por placa debe oscilar entre 30 y 300. Para obtener el número de colonias casi siempre se diluye la muestra. Lo más frecuente es realizar diluciones decimales de la muestra. 8

3.2.3.6.2 Medidas indirectas de crecimiento microbiano: turbidez

Un método muy rápido y útil de obtener estimaciones del número de células son las medidas de turbidez. Una suspensión celular aparece turbia a la vista porque las células dispersan la luz que atraviesa la suspensión. Cuantas más células estén presentes mayor será la luz dispersada y mayor la turbidez. La turbidez puede medirse en fotómetro o espectrofotómetro.

3.2.4 Metabolismo del Nitrógeno.

La fijación de nitrógeno es el principal mecanismo por el cual *Azospirillum* afecta el crecimiento de las plantas. En los últimos años, pocos estudios han focalizado el ciclo del nitrógeno dentro de las células, y los genes involucrados. Aparentemente, la habilidad de las cepas de Azospirillum

⁸ BROCK, T.D.; SMITH, D. & MADIGAN, Michael. Microbiología. Op Cit. p 147

suelen mantenerse en forma natural, mejorando su capacidad para expresar una actividad excepcional de la nitrogenasa. La eficiencia de la fijación de nitrógeno y la desnitrificación puede ser regulada a través de la concentración de oxígeno, nitratos y molibdeno.

Sin embargo, bajo condiciones de fijación de nitrógeno, la tasa de respiración no parecía ser un limitante para el crecimiento vegetal. Además posee la capacidad de adaptarse a bajas temperaturas y a concentraciones bajas de oxígeno, dependiendo de la capacidad de la bacteria para usar eficientemente los nitritos y nitratos.⁹

La fijación de nitrógeno por *Azospirillum*, fue el primer mecanismo sugerido para promover el crecimiento de las plantas. La mayoría de las evidencias registradas durante las tres décadas anteriores sobre este mecanismo de acción ha generado controversia. Algunos experimentos en invernadero y campo han de mostrado repetidamente que es mínima la transferencia de nitrógeno fijado por *Azospirillum*; sin embargo, no se descarta su capacidad de fijar nitrógeno.¹⁰

"Todas las cepas colonizan la superficie y la parte interna de la raíz, estimulando el crecimiento vegetal, incrementando en un 80% del nitrógeno fijado en el suelo y la planta". ¹¹

3.2.5 Hábitat del género *Azospirillum*

"Las especies de *Azospirillum* son habitantes regulares del ambiente externo de las raíces (rizósfera) y de las hojas (phyllosphere) existiendo como flora epífita no patógena.

⁹ TSGOU, v., Kefalogianni, i., Sini, k., Aggeli, g. 2003. *Metabolic activities in Azospirillum grown in the presence of NH4. Biotechnology*. pp. 574 a 578.

¹⁰ KENNEDY, R., Chellapilai, D. 1998. Synergistic effect of VMA, Azospirillum and phosphobacteria on growth response and nutrient uptake of shoal tree species. pp. 308 a 312.

¹¹ SAUBIDET, M., Fatta, N., Barneix, A. 2002. *The effect of inoculation with Azospirillum brasilense on growth and nitrogen utilization by wheat plants. Plant Soil.* p. 215 a 222.

Algunas especies existen en grandes cantidades en la rizósfera de las plantas superiores, en crecimiento asociativo con estas, beneficiándolas con el nitrógeno fijado". 12

Azospirillum muestra una amplia distribución geográfica alrededor del mundo. Son más abundantes en las regiones tropicales, pero también se les encuentra en las regiones templadas, frías y desérticas. El pH del suelo juega un papel importante en la presencia de las especies del género Azospirillum. Las especies de A. brasilense y A. lipoferum se encuentran en mayor abundancia en suelos con valores de pH cercanos a la neutralidad. A pH bajo 5 se les encuentra en forma esporádica, y su aislamiento no se logra de suelos con pH menor a 4.5. Algunos factores abióticos tales como porcentaje de arcilla, contenido de materia orgánica, capacidad de retención de agua y contenido de nitrógeno afectan positivamente la sobrevivencia de A. brasilense, en tanto que el tamaño de las partículas de arena y especialmente la alta concentración de carbonato de calcio afectan negativamente la sobrevivencia de esta especie en ausencia de plantas. 13

3.2.6 Factores que inciden en la eficiencia de *Azospirillum*

Entre los factores que más inciden en la adaptabilidad y eficiencia de *Azospirillum* a la rizósfera tenemos:

Temperatura, su mayor crecimiento ocurre entre 32 y 36 °C y disminuye de forma pronunciada por debajo de 30 °C.

¹³ CABALLERO, J. 2001. Estudio de la distribución y la diversidad genética de algunas especies de diazótrofos. México DF, MX. snt. p. 2

¹² MORTIMER, P., Stolp, H., Truper, H., Balows, A., Schlegel, H. 1981. *The Prokariotes. A handbook on habitats, isolation, and identification of bacteria*. New York, US. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Vol. 1, pp. 796 a 808.

pH, con un punto óptimo entre 6,8 y 7,0; por debajo de pH 5 no es posible lograr su aislamiento.

Suministro de Carbono, los microorganismos deben de tener acceso a abundantes fuentes de Carbono para su crecimiento y la producción de energía, sobre todo en el caso de los fijadores de Nitrógeno, ya que la fijación de una molécula de N2 requiere aproximadamente 16 moléculas de ATP, por lo que los organismos deben utilizar considerables cantidades de sustratos.¹⁴

Humedad, la falta o exceso de humedad limita la vida microbiana en el suelo y, como es natural, también en la zona rizosférica. El exceso influye sobre todo en la capacidad de aireación y es más perjudicial que la falta de humedad, ya que algunos de los organismos rizosféricos son capaces de formar quistes (*Azospirillum*) que les permiten sobrevivir durante largos períodos a la desecación. ¹⁵

Aireación ejerce un efecto muy marcado, sobre el desarrollo de la mayoría de los diazótrofos, en comparación con otros microorganismos no fijadores. A pesar de esto, *Azospirillum* funciona mejor a concentraciones reducidas de Oxígeno, debido a la sensibilidad del complejo nitrogenasa al Oxígeno molecular, el cual inactiva de forma irreversible a la enzima.¹⁶

"Alto contenido de arcilla, materia orgánica y buena capacidad de retención de agua afectan positivamente la presencia de *Azospirillum* en el suelo, mientras que alto

¹⁴ MARTÍNEZ, R., Lopéz, M., Alvarez, B., Zambrano, C., SÁNCHEZ, J. 2008. *La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales*. Ed. CIARA, Caracas. 166p.

¹⁵ MORENO, J., López, G., Vela, R. 1986. Survival of Azotobacter spp in dry soils. Appl. Environm. Microbial., 51: 123-125

¹⁶ ZUBERER, D. 1990. *Soil rhizosphere aspects of N2-fixing plant-microbe associations. En the Rhizosphere*, John Wiley and sons Ed., Nueva York. pp. 317-352.

contenido de partículas arenosas y elevada concentración de Carbonato de Calcio afectan negativamente su supervivencia".¹⁷

La cantidad y tipo de secreciones de las raíces de cada especie vegetal, presentan exudados de diversas sustancias (azúcares, fenoles, vitaminas, aminoácidos, ácidos orgánicos y grasos, nucleótidos, esteroides, etc.), algunas de las cuales pueden ayudar al establecimiento de las bacterias en la zona rizosférica, mientras que otras pueden actuar como repelentes. Así, por ejemplo, en el caso del maíz, (*Zea mays*) *L.*, los exudados que predominan son azúcares (65 %), ácidos orgánicos (33 %) y aminoácidos (2 %), aunque la diversidad es amplia y se han encontrado en este cultivo más de 10 tipos de ácidos orgánicos y 4 tipos de azúcares.¹⁸

3.3 Taxonomía y morfología de maíz, (Zea mays) L.

3.3.1 Taxonomía

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Liliopsida

SUBCLASE: Commelinidae

ORDEN: Poales

FAMILIA: Poaceae

SUBFAMILIA: Panicoideae

TRIBU: Andropogoneae

¹⁷ MARTÍNEZ, R., Toledo, N., Arguelles, C. 1999. *Introducción al conocimiento de los biofertilizantes*. Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, México. 43p.

¹⁸ KRAFFCZYK, I., Tolldeiner, G., Beringer, H. 1984. *Soluble roots exudates of maize: in fluence of potassium supply and rhyzosphere microorganism.* Soil Biol. Biochem, 16: 315-322.

GÉNERO: Zea

ESPECIE: (Zea mays) L.

3.3.2 Morfología

El maíz, (Zea mays) L., pertenece a la familia de las gramíneas.

3.3.2.1 Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

3.3.2.2 Inflorescencia

El maíz, ($Zea\ mays$) L es de inflorescencia monoica con inflorescencias estaminada y pistilada.

En cuanto a la inflorescencia estaminada presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen.

3.3.2.3 Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

3.3.2.4 Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas, raíces secundarias o adventicias ¹⁹

3.3.3 Ciclo vegetativo del maíz (Zea mays) L.

3.3.3.1 Germinación

Comprende el período que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, cuya duración aproximada es de 6 a 8 días.

Primera hoja
Prefoliación arrollada

Coleóptilo
Primera raíz
adventicia

GRÁFICO 1: Germinación del maíz (Zea mays) L.

Fuente: ROUTCHENKO W.Causes of germination. 1972

28

¹⁹ AROCENA, Fausto. *La introducción del maíz: Gonzalo de Percaztegui*. Op Cit. P. 356.

GRÁFICO 2: Partes de la germinación de maíz (Zea mays) L.



Fuente: ROUTCHENKO W.Causes of germination. 1972

Germinación y plántula de monocotiledóneas maíz (Zea mays) L.

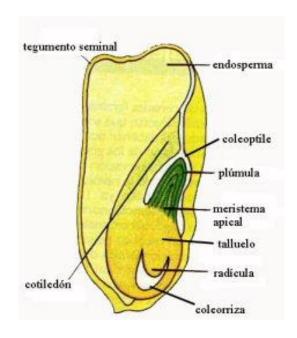
En primer lugar el fruto de maíz (Zea mays) L. se hincha como consecuencia de la absorción de agua lo que genera un ablandamiento del pericarpio (cobertura del fruto) y de los tejidos internos. En este momento la coleorriza se rasga permitiendo que asome la radícula hacia el exterior.

Luego, el coleoptilo se abre paso hacia la superficie a través de la tierra protegiendo a la plúmula en su interior. En el caso del maíz,(Zea mays) L. el cotiledón permanece siempre bajo tierra.²⁰

29

²⁰ ROUTCHENKO W. et Soyer, J. P. 1972. Sur les causes de la germination sur plante des grains inmatures de mais. Données complementeires. Ann. Agron. 23 (4): 445-459.

GRÁFICO 3: partes de la semilla de maíz (Zea mays) L.

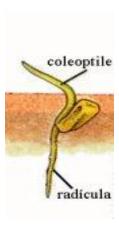


Fuente: ROUTCHENKO W.Causes of germination. 1972

La radícula cambia su anatomía y se transforma en la raíz primaria.

El coleóptilo se rasga permitiendo que asomen las primeras hojas.

GRÁFICO 4: Germinación y plántula de monocotiledóneas de maíz (*Zea mays*) *L*.

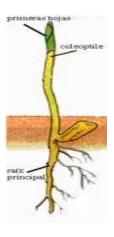


Fuente: ROUTCHENKO W.Causes of germination. 1972

A los siete días aproximadamente la raíz primaria deja de crecer, se seca y muere. Comienzan a aparecer entonces otras raíces a nivel del nudo cotiledonal llamadas raíces adventicias.

Las primeras hojas se expanden y comienzan a fotosintetizar pero permanecen envolviendo al meristema apical (desde donde se desarrollará el resto de la planta).

GRÁFICO 5: Primera hoja, partes de la germinación de maíz (Zea mays) L.



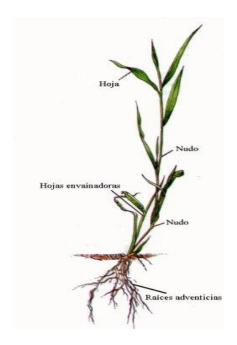
Fuente: ROUTCHENKO W.Causes of germination. 1972

A partir del meristema apical se desarrollan nuevas hojas envainadoras las cuales marcarán diferentes sitios de localización de los nudos. Estos nuevos nudos difieren del nudo cotiledonal.²¹

_

²¹ ROUTCHENKO W. et Soyer, J. P. 1972. Op Cit p 460.

GRÁFICO 6: Hojas envainadoras partes de la planta de maíz (*Zea mays*) *L*.



Fuente: ROUTCHENKO W.Causes of germination. 1972

3.3.3.2 Crecimiento

Una vez nacido el maíz, (*Zea mays*) *L*. aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales. A los 15-20 días siguientes a la nacencia, la planta debe tener ya cinco o seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas.

3.3.3.3 Temperatura

Para la siembra del maíz, (*Zea mays*) *L*. es necesaria una temperatura media del suelo de 10 °C, y que ella vaya en aumento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18 °C como mínimo. Por otra parte, el hecho de que deba madurar antes de los fríos hace que tenga que recibir bastante calor. De todo esto se deduce que es planta de países cálidos, con temperatura relativamente elevada durante toda su vegetación.

La temperatura más favorable para la germinación, se encuentra próxima a los 15 °C.

En la fase de crecimiento, la temperatura ideal se encuentra comprendida entre 24 y 30 °C. Por encima de los 30 °C se encuentran problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces.

Las noches cálidas no son beneficiosas para el maíz, (*Zea mays*) *L*. pues es la respiración muy activa y la planta utiliza importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día.

Si las temperaturas son excesivas durante la emisión de polen y el alargamiento de los estilos puede producirse problemas.

Si sobrevienen heladas antes de la maduración sin que haya producido todavía la total transformación de los azúcares del grano en almidón, se interrumpe el proceso de forma irreversible, quedando el grano blando y con un secado mucho más difícil, ya que, cuando cesa la helada, los últimos procesos vitales de la planta se centran en un transporte de humedad al grano.

3.3.3.4 Humedad

Las fuertes necesidades de agua del maíz (Zea mays) L. condicionan también el área del cultivo. Las mayores necesidades corresponden a la época de la floración, comenzando 15 ó 20 días antes de ésta, período crítico de necesidades de agua.

3.4 Forraje verde semihidropónico (FVSH)

El forraje verde semihidropónico (FVSH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El forraje verde semihidropónico (FVSH) o "green fodder semihydroponics" en un pasto o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal.²²

En la práctica, el forraje verde semihidropónico (FVSH) consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en invernaderos que permiten su producción incluso en épocas de sequía u otras condiciones climáticas adversas, para no detener, ni depender la alimentación de los animales, de las variaciones estacionales y poder mantener el engorde de los animales para producción de carnes e incluso de leche. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, trigo, maíz y sorgo.²³

3.5 Hidroponía

La hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola. La palabra hidroponía proviene del griego, *hydro* = agua y *ponos* = trabajo.

Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta. Y pueden crecer en una solución mineral únicamente o bien en un medio inerte como arena lavada, grava o perlita.²⁴

_

las Plantas. Universidad de la Columbia Británica, Vancouver, 2001, Editorial Mundi Prensa

²² ARANO Carlos R. Libro: *Forraje Verde Hidropónico y otras técnicas de cultivos sin tierra*. Edición Propia. Buenos Aires Argentina.

²³ TARRILLO Olivas Hugo. 1999. Tesis: "Utilización del Forraje Verde Hidropónico de Cebada, Alfalfa en pellets y en heno, como forrajes en la alimentación de terneros Holstein en Lactación". Lima Perú. ²⁴ RESH, Howard M. Cultivos Hidropónicos, Nuevas técnicas de Producción. Departamento de Ciencia de

El cultivo sin suelo es justamente un conjunto de técnicas recomendables cuando no hay suelos con aptitudes agrícolas disponibles. El esquema consiste en: una fuente de agua que impulsa por bombeo agua a través del sistema, recipientes con soluciones madre -nutrientes concentrados-, cabezales de riego y canales construidos donde están los sustratos, las plantas, los conductos para aplicación del fertiriego y el recibidor del efluente.

Cuando los nutrientes minerales de la tierra se disuelven en agua, las raíces de la planta son capaces de absorberlos. Cuando los nutrientes minerales son introducidos dentro del suministro de agua de la planta, ya no se requiere el suelo para que la planta prospere. Casi cualquier planta terrestre puede crecer con hidroponía, pero algunas pueden hacerlo mejor que otras. La hidroponía es también una técnica estándar en la investigación biológica, en la educación y un popular pasatiempo.

Hoy en día esta actividad está alcanzando un gran auge en los países donde las condiciones para la agricultura resultan adversas, combinando la hidroponía con un buen manejo del invernadero se llegan a obtener rendimientos muy superiores a los que se obtienen en cultivos a cielo abierto.

Es una forma sencilla, limpia y de bajo costo, para producir vegetales de rápido crecimiento y generalmente ricos en elementos nutritivos. Con esta técnica de agricultura a pequeña escala se utilizan los recursos que las personas tienen a mano, como materiales de desecho, espacios sin utilizar, tiempo libre.²⁵

3.5.1 Semihidroponía

Un cultivo semihidropónico es la técnica en donde se emplea un sustrato que tenga la capacidad de retener agua para optimizar al máximo las funciones que por naturaleza cumple en su medio, mismos que están formados por diversos componentes de origen

²⁵ MARFÁ Pagés, Oriol, *Recirculación en plantas ornamentales en contenedor. Recirculación en cultivos sin suelo*, coord. por Oriol Marfá i Pagés, 2000, ISBN 84-87729-32-0, págs. 111-118

orgánico o inorgánico, de origen natural o artificial, para proporcionar las condiciones adecuadas de acuerdo al tipo de cultivo; el conocimiento de los componentes del sustrato así como su impacto sobre las características físicas y químicas es fundamental para el proceso productivo. Ello permite conservar e incrementar la fertilidad del sustrato con una alta calidad, el cual proporciona el anclaje del sistema radicular, donde la planta se desarrolle y nutra correctamente, de esta manera pueda asegurarse un ahorro de agua que es la función principal del sistema hidropónico, con la obtención de material vegetativo altamente nutritivo para la alimentación de los animales de granja.²⁶

3.6 Invernadero

Es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima y, con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas.

Todo proyecto de selección de invernaderos inicia con la selección del lugar y la infraestructura a instalar, necesario para darle al cultivo las condiciones adecuadas de desarrollo, por todo esto se debe considerar la topografía y climatología de la zona.

Las ventajas del empleo de invernaderos son:

- Precocidad en los frutos
- Aumento de la calidad y rendimiento
- Producción fuera de época
- Ahorro de agua y fertilizantes
- Mejora del control de plagas y enfermedades
- Posibilidad de obtener más de un cultivo al año.²⁷

²⁶ EVANS, M.R. and M. Gachukia. 2004. Fresh parboiled rice hulls serve as an alternative to perlite in greenhouse crop substrates. HortScience.

²⁷ ALBAN A. 2008. *Módulo de Cultivos en Ambientes Controlados*. p 3.

3.7 El suelo

3.7.1 Capa edáfica

El suelo es un conjunto de cuerpos naturales de la superficie terrestre que contienen materia viva, capaz de soportar el crecimiento de las plantas. Por arriba, termina donde empieza la atmósfera o el agua superficial. Por abajo, acaba en el alcance más extremo de las plantas arraigadas más profundamente. El suelo varía a lo largo del paisaje: en un área puede estar formado por partes de plantas descompuestas y en otro sitio puede ser, en su mayoría arena.²⁸

3.7.2 Factores del crecimiento de las plantas

Básicamente, las plantas que crecen en la tierra dependen del suelo para obtener agua y elementos nutrientes. Además, el suelo debe proporcionar una ambiente en el cual puedan funcionar las raíces. Ello requiere espacios porosos para que se extiendan. Debe haber oxigeno disponible para la respiración de las raíces y el bióxido de carbono que se produce debe difundirse en vez acumularse en el suelo.²⁹

3.7.3 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo es la capacidad del mismo para suministrar nutrientes al crecimiento de la planta. El suelo es un almacén de nutrientes de plantas guardados de muchas formas, algunas están muy disponibles para las plantas, otras no tanto. El concepto de fertilidad del suelo incluye no sólo la cantidad de nutrientes que contiene el suelo sino también cómo están de bien protegidos con respecto a la lixiviación, su disponibilidad, y con qué facilidad funcionan las raíces. Un punto de partida para el examen de la fertilidad del suelo es definir el término "nutriente de planta"

Los nutrientes de la planta son elementos esenciales necesarios para el crecimiento de las mismas. Las plantas absorben, por lo menos, noventa elementos diferentes. Algunos

²⁸ PLASTER. Edward. *La Ciencia del Suelo y su Manejo*. 2000 Editorial Paraninfo. p 16

²⁹ FOTH. Hendry D. *Fundamentos de la Ciencia del Suelo*. Campañia editorial Contienental. p 27.

no son necesarios para las plantas pero sí lo son para los animales que comen esas plantas. Así pues, las plantas contienen muchos elementos que no son necesarios para su crecimiento. Las reglas normalmente aceptadas (aunque no las únicas) para la determinación de si un elemento es esencial o no, son las siguientes:

- Una carencia del elemento detiene el crecimiento completo o la reproducción de la planta
- El elemento está directamente implicado en la nutrición de la planta, no meramente "ocupando lugar" en los tejidos de la misma
- Una escasez del elemento puede ser corregida sólo mediante el suministro de ese elemento

Basada en estas reglas, la mayoría de los científicos han definido dieciséis o posiblemente diecisiete elementos esenciales: Carbono, Hidrogeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Boro, Cobre, Cloro, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Zinc y Níquel...³⁰

3.7.4 Propiedades químicas de los suelos

Entre las propiedades químicas del suelo se encuentran:

- Capacidad de intercambio catiónico
- Porcentaje de saturación de Bases
- Reacción o pH del suelo
- Floculación y dispersión
- Salinidad

-

³⁰ PLASTER. Edward. Op.Cit. p 148.

3.7.5 Capacidad de Intercambio catiónico y porcentaje de saturación de bases

Las dos propiedades principales de la capacidad de intercambio de iones consisten en su capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y el porcentaje de saturación de bases (%SB).

3.7.5.1 Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.)

Número total de cargas negativas disponibles (sitios de intercambio) para atraer cationes al suelo. Es la habilidad de un suelo a retener e intercambiar cationes en superficie negativamente cargada (cmol/kg=meq/100g.)

3.7.6 pH

El pH de una solución es su grado de acidez o alcalinidad, y se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. Los suelos no se comportan como soluciones simples, por lo tanto, no es posible definir exactamente el pH del suelo, pero para muchos propósitos puede considerarse similar a la descripción anterior. Normalmente, el pH del suelo varía entre 3 y 9[...]. Generalmente, los valores de pH cercanos a la neutralidad se originan por la presencia de grandes cantidades de calcio intercambiable y cierta cantidad de magnesio, a veces complementada con los carbonatos libres, el pH es un factor de gran importancia para el desarrollo de las plantas.³¹

3.7.6.1 Significación del pH del suelo

Los efectos principales del pH del suelo son los biológicos. Algunos organismos tienen una tolerancia bastante pequeña a la variación del pH, pero otros pueden tolerar una amplia gama de variación. Diversos estudios han demostrado que la concentración actuales de H⁺ y OH no son muy importantes excepto en las circunstancias más

³¹ FITZPATRICK. E.A. *Introducción a la ciencia de los suelos*. Editorial trillas. Primera edición en español 1996. p 126.

extremas. Tienen mucha mayor importancia las condiciones asociadas con ciertos valores del pH.

3.7.6.2 Relación entre la disponibilidad de nutrientes y el pH

Tal vez la influencia más grande del pH en el desarrollo de las plantas se efectúa por la disponibilidad de nutrientes, se mostró que el pH estaba relacionado con el porcentaje de saturación de bases. Cuando la saturación de bases es menor de 100%, un incremento en el pH va asociado con un aumento de las cantidades de calcio y de magnesio en la solución de suelo, ya que de ordinario el calcio y el magnesio son las bases intercambiables dominantes. Se han efectuado muchos estudios para relacionar el incremento del crecimiento de las plantas con el aumento del porcentaje de calcio en las mismas y con el incremento del pH o del porcentaje de saturación de bases. ³²

3.7.7 Salinidad

La salinidad se refiere a la concentración excesiva de sales en el suelo, afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas y cultivos

Generalmente la salinidad se representa en aquellas zonas de escasa precipitación donde la evaporación del agua es elevada

La salinidad de los suelos tiene su origen básicamente en:

El ascenso capilar del agua a través del perfil hasta la superficie, evaporándose ésta y acumulándose las sales disueltas en la superficie del suelo.

Otro factor que influye en la salinización en la mala calidad de las aguas de riego, que pueden contener excesiva cantidad de sales disueltas que se van depositando y acumulando en el suelo.

Los principales cationes que dan origen a la salinidad son:

40

³² FOTH. Hendry D. Op. Cit. p 211

Sodio, Calcio, Magnesio, Potasio. 33

3.7.8 Materia orgánica

Hasta el momento no se ha establecido la naturaleza exacta de la materia orgánica en los suelos. Por lo tanto, en los análisis rutinarios sólo se determinan las cantidades totales de carbono y nitrógeno.

El porcentaje de carbono generalmente se multiplica por el factor de conversión 1.72 para obtener la cantidad total de materia orgánica presente. La relación carbononitrógeno (relación C/N) se calcula y se usa como una medida de humificación; varía entre ocho y más de 100. La cifra mayor corresponde a la capa fresca y a la turba; la cifra menor corresponde a muchos horizontes superficiales que contienen una mezcla de minerales y materia orgánica humificada.

La cantidad de materia orgánica se puede estimar en forma aproximada al quemar suelo seco y determinar la diferencia en la pérdida de peso. Esta técnica es aplicable a la mayoría de los suelos, excepto los que contienen carbonatos, ya que éstos se descomponen al quemarse.

La cantidad total de materia orgánica presente en el suelo varía entre menos del 1% y más del 90%. La última cifra corresponde al material relativamente inalterado de la capa superficial y a la turba. Por lo general, los horizontes superiores contienen menos del 15% de materia orgánica y en grandes áreas contienen menos de 2 %, aun cuando el suministro de la capa superficial sea abundante, como en ciertas áreas tropicales húmedas.

La materia vegetal se compone principalmente de carbohidratos, proteínas y grasas, con cantidades menores de lignina, ceras y resinas. Los carbohidratos están compuestos de azúcares, almidón, hemicelulosa y celulosa, y la flora y la fauna del suelo los utilizan como fuente de energía. Las proteínas se descomponen en aminoácidos para formar los

-

³³ HUACHI Laura. Op. Cit. p 109

tejidos corporales y para una serie de transformaciones del nitrógeno; estos procesos causan una disminución en la relación C/N. las grasas, ceras, resinas y ligninas se descomponen lentamente, por lo que permanecen en el suelo durante algún tiempo.

Durante el cultivo se pierde rápidamente la materia orgánica; en zonas tropicales húmedas puede haber pérdidas hasta del 50% y del 4 al 2% en 10 años. Probablemente las pérdidas más cuantiosas ocurren en algunas turbas amorfas, donde después de largos períodos de cultivo el nivel de la superficie desciende entre uno a dos metros. En suelos minerales, la pérdida no es tan dramática gracias a la acumulación de residuos vegetales y a las raíces muertas de los cultivos. Además, existe materia orgánica "protegida", que se encuentra fuertemente unida a las arcillas y entre los poros, lo que dificulta el acceso de las bacterias. Este tipo de materia orgánica es muy antigua, probablemente de hace miles de años.³⁴

La materia orgánica descompuesta, bien mezclada con el material mineral en los horizontes superficiales, constituye el humus. Aún no se conoce con exactitud la naturaleza del humus, pero generalmente se define como el producto de la descomposición vegetal y de la síntesis microbiana.

El humus está compuesto por cadenas largas de polímeros heterogéneos, formados por la interacción de polifenoles, aminoácidos, polisacáridos y otras sustancias. Las dos primeras son los principales productos de la descomposición vegetal, mientras que los polisacáridos son productos de la síntesis microbiana.

El humus tiene rasgos únicos que son determinantes para las características de los horizontes superiores. En primer término, el humus es capaz de absorber grandes cantidades de agua, con lo aumenta la capacidad de retención de líquido del suelo y, por lo tanto, incremente las posibilidades de buenas cosechas. En un suelo arenoso, limoso, con 5 de materia orgánica, la capacidad de retención de agua aumenta el 50% y en un arcilloso limoso, 30%. Al igual que las arcillas, el humus tiene una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC); es considerablemente mayor que la de aquéllas:

_

³⁴ FITZPATRICK. E.A. Op. Cit. p 122

3000 mEq/100g, aproximadamente y, por consiguiente, aumenta en forma significativa la capacidad de retención de cationes del suelo.

El humus puede ser dispersado o floculado, dependiendo de la naturaleza de los cationes presentes, e influyen en la consistencia del suelo y, consecuentemente, en su manejo.

El comportamiento del humus es semejante al de las arcillas pero diferente en que los microorganismos pueden destruirlo fácilmente. Así, es difícil conservarlo en niveles suficientemente altos en muchos suelos. Como ya se mencionó, otra de las propiedades de la materia orgánica es influir en el color del suelo, así como de abastecerlo, al descomponerse, con los elementos esenciales para el desarrollo de los cultivos.

Algunos compuestos orgánicos, como los polifenoles, forman complejos solubles con algunos metales (como el hierro) y descienden en la solución del suelo. Bajo condiciones naturales, el contenido de humus de un suelo virgen es generalmente mayor al de terrenos cultivados adyacentes, debido a la acumulación de materia orgánica proveniente de la vegetación natural, acompañada de baja actividad biológica y temperaturas más bajas. Quizá la reducción de humus del suelo sea la principal causa del deterioro en cuanto a estructura, disponibilidad de agua y nutrientes, así como de los problemas en el cultivo.

La manera clásica de estudiar la materia orgánica del suelo es tratarlo con hidróxido de sodio diluido (0.1 a 0.5 M), para extraer una parte de la materia; luego, el filtrado se acidifica, lo cual provoca que la materia orgánica se precipite. La parte que permanece en solución se conoce como ácido fúlvico, y la que se precipita, como ácido húmico. Éste se fracciona al tratarlo con etanol, que disuelve la parte del precipitado, el residuo es ácido húmico insoluble.

Aunque las fracciones se denominan con nombres propios, no son homogéneas dado que contienen sustancias en un amplio rango de pesos moleculares. El del ácido fúlvico es menor de 10000 y el del ácido húmico es con frecuencia de 5000, aunque puede alcanzar varios millones.

La importancia y el valor de la materia orgánica ha llevado a usar únicamente abono; es decir, la fertilidad del suelo se mantiene mediante la aplicación de materia orgánica y la exclusión de fertilizantes. A pesar de que la idea en sí es buena, no siempre se obtienen cosechas abundantes.

Los beneficios que se obtienen al utilizar materia orgánica se pueden resumir de la siguiente manera:

- a) mejora y estabiliza la estructura
- b) aumenta la capacidad de retención de agua
- c) aumenta la CIC.
- d) Mejora las condiciones para el crecimiento microbiano
- e) Sirve como reservorio de nutrientes
- f) Disminuye la toxicidad del aluminio
- g) Mejora la capa de cultivo
- h) Absorbe y desactiva pesticidas orgánicos³⁵

3.8 Sustrato comercial Klasmann TS1

Sustrato de cultivo listo para su uso

Sustrato a base de turba rubia de alta calidad listo para su uso, con el pH corregido mediante la adición de CaCo₃, para la producción de planta ornamental tolerante a las sales.

• Libre de gérmenes patógenos y nematodos

_

³⁵ FITZPATRICK. E.A. Op. Cit. p 126.

•	$pH\ corregido,$	no	es	necesario	añadir	cal

- Con agente humectante incorporado
- Fertilización NPK mediante un abono complejo soluble en agua
- Microelementos de liberación controlada.

3.8.1 Propiedades Químicas

$pH\left(CaCl_{2} ight)$	5.5
$pH(H_2O)$	6.0
Fertilización	2.0 kg/m³ de sustrato
Materia orgánica (%ms.)	94-99
Cenizas (%ms.)	1-6
Nitrógeno	280 mg/L de sustrato
$F\'{o}sforo~(P_2O_5)$	320 mg/L de sustrato
$Potasio(K_2O)$	360 mg/L de sustrato
Magnesio	120 mg/L de sustrato

⁺ Todos los elementos menores esenciales, hierro añadido como quelato EDTA.

3.8.2 Propiedades Físicas

No. De receta 420

Estructura TS 1 Estándar 0-25 mm

Densidad en seco (g/l)	70-100
Volumen en poros (% en volumen)	90-95
Capacidad hídrica (% en volumen)	75-80
Capacidad de aire (% en volumen)	10-15
Contracción (%)	20-25

3.8.3 Ventajas de la turba rubia de Klasmann – Deilmann

Un método de extracción extremadamente cuidadoso garantiza las múltiples ventajas de los productos a base de la Turba Rubia de Klasmann – Deilmann.

Corte limpio y poco polvo: gracias a una extracción mediante la que se abre sólo ligeramente la superficie de la turbera, con la que se mantiene la estructura. La turba se extrae con cierto grado de humedad y se seca lentamente. Su estructura queda protegida durante el proceso posterior gracias a su contenido de agua. En consecuencia se produce menos polvo en el producto terminado.

3.8.4 Contenido de humedad óptimo

De 50 a 60%. Por lo que el producto no tiene ninguna resistencia a la humectación, la absorción de agua se efectúa rápida y completamente. La turba utilizada para la elaboración de los Sustratos Klasmann TS 1 se trabaja con mayor facilidad en los procesos de mezcla y la sinergia con los aditivos como la cal y los fertilizantes es constante y segura.

3.8.5 Porosidad elevada

Con buena aireación y humectación, ya que en los tamizados medios y gruesos la elevada capacidad de aireación está en un primer plano.

3.8.6 Constantes químicas invariables

En particular, valores de pH estables y contenido de sales.³⁶

3.9 Abonos

El abono, o acto de abonar las plantas es un sistema mediante el cual el hombre modifica las concentraciones de iones del suelo de forma natural, con la finalidad de aumentar la producción de sus cosechas. Esta modificación suele ser, evidentemente, en forma de incremento positivo, y los productos que se utiliza varían desde el estiércol natural hasta los abonos de mezcla o síntesis química, pasando por la importación de minerales ricos en nutrientes de otros lugares.

Las plantas se alimentan de elementos químicos o de sus compuestos. Estos elementos deben ser tomados en forma de iones o, lo que es lo mismo, disueltos en el agua del suelo para poder ser absorbidos por la planta.

3.9.1 Unidades fertilizantes

Un abono contiene elementos fertilizantes o, lo que es el mismo, contiene sustancias químicas capaces de transformarse, al entrar en contacto con las fases líquida del suelo, en iones. Estos iones deben ser aptos para que las plantas los absorban y se nutran.

Los abonos pueden contener todos los elementos, macroelementos: nitrógeno, fósforo y potasio; elementos secundarios: azufre, calcio y magnesio; microelementos: hierro, magnesio, cobre, cinc, boro, molibdeno y cloro. Solamente parte de ellos o, a menudo, sólo uno de ellos.³⁷

³⁷ BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA, Idea books S.A. España – Barcelona p 74

³⁶ EDIFARM. Vademécum Florícola. Quinta Edición. p 628.

3.9.2 Clasificación de un abono

Los fertilizantes pueden clasificarse de diferentes maneras. Un criterio puede ser su contenido en nutrientes; otro, la naturaleza mineral u orgánica de sus componentes. Para los abonos manufacturados, es muy importante el proceso de fabricación, el cual da lugar a distintos tipos de abonos.

3.9.2.1 Por su estado físico

Podemos clasificar los abonos según el estado físico en el que se presentan en el mercado. Así tenemos abonos sólidos, líquidos y gaseosos.

Los abonos sólidos presentan distintas formulaciones, algunos tienen sólo un compuesto, otros dos, tres o incluso más. Esta especialmente diseñados para su aplicación en profundidad o superficie en el suelo. Suelen ser granulados más o menos finos, y sus métodos de aplicación varían desde la incorporación al suelo con maquinaria (en profundidad), o a mano (sobre la superficie). A veces, estos granulados se venden como abono solubles para que el agricultor los disuelva para el abonado de fertirrigación.

Los abonados líquidos son disoluciones relativamente estables de iones nutricionales. Se pueden distinguir dos tipos según la disolución sea verdadera o coloidal. Existen infinidad de formulaciones, pero las más frecuentes son las compuestas tres macroelementos N-P-K a menudo se acondicionan microelementos. Su uso suele estar destinado a las aplicaciones foliares y a la fertirrigación.

Los abonos gaseosos suelen tener su forma más característica en las botellas de dióxido de carbono. En un recinto cerrado, tal como un invernadero puede modificarse la concentración en el aire de CO_2 , pues se pueden considerar el invernadero como un recinto cerrado con atmósfera controlada. Si se tiene los aparatos de medición y dosificación adecuados, el incremento de la concentración de dióxido de carbono se traduce en un invernadero se le denomina abonado de carbónico y se suministra normalmente en bombonas de gas CO_2 .

3.9.2.2 Por su naturaleza

Por su naturaleza, los abonos pueden ser orgánicos siendo el más conocido el estiércol, aunque existen otros como las turba, el compost que se emplea en jardinerías y otros comerciales, el abono de pescado, melaza...

También los minerales naturales, debido a su meteorización, liberan elementos (principalmente aniones) que son nutritivos para las plantas. Algunos lugares del planeta son especialmente ricos en minerales repletos nutrientes, como es el caso de las minas de nitrato sódico de Chile, las minas de sulfatos de minerales de cloruros de potasa como la silvina.

Los abonos de síntesis química son formulados a partir de minerales naturales fertilizantes, modificaciones primarias de éstos, subproductos de la industria del carbón o de substancias orgánicas. Todos estos elemento, mezclados física o químicamente entre ellos, dan lugar a los abonos de síntesis química o física, cuya utilización está en auge desde la segunda mitad del siglo pasado. Este incremento en su producción, comercialización y utilización se debe principalmente, a la gran explotación de las minas naturales de antaño y a la consiguiente escasez de los minerales naturales fertilizantes.

3.9.2.3 Por su formulación

Los abonos pueden clasificarse en función de los elementos nutritivos que contengan. Pueden ser simples o binarios cuando contiene dos elementos fertilizantes y ternarios cuando comprenden tres o más elementos fertilizantes. Dentro de los ternarios encontramos los compuestos y los complejos. Tanto los unos como los otros tienen como mínimo los tres elementos N-P-K y, a menudo, contienen también otros elementos fertilizantes, como elementos secundarios o microelementos.

Muchos de los abonos que contienen un solo nutriente, y algunos de los que llevan dos, consisten en un solo producto químico. En estos casos el compuesto se indica en el envase. ³⁸

3.9.3 Abonos químicos

Los tres elementos principales de la composición de los vegetales, el carbono, el oxígeno y el hidrógeno, no deben preocuparnos, puesto que se encuentran en grandes cantidades en el suelo, en el agua y en la atmósfera y la planta no tiene dificultades para conseguirlas. Por lo que se refiere al nitrógeno, fósforo y potasio, son los tres elementos básicos o macroelementos.

3.9.3.1 Macroelementos

3.9.3.1.1 Nitrógeno

De todos los elementos necesarios para la nutrición vegetal, el nitrógeno es el único que no se encuentra en la roca madre. Lo encontramos en la naturaleza en dos estados: en estado gaseoso en la atmósfera representando las cuatro quintas partes de la misma, y en estado combinado, mineral u orgánico. El nitrógeno en estado orgánico no es aprovechable por la planta, pues las plantas no se alimentan de seres vivos y el nitrógeno es la unidad formativa de las proteínas de los seres vivos. Sólo la forma mineral del nitrógeno es absorbida por la planta.

Al nitrógeno se le considera el responsable de la parte verde de la planta, cuyo crecimiento, hojas vigorosas y follaje están íntimamente relacionados con el nitrógeno. A menudo la planta presenta un intenso color verde si dispone de suficiente nitrógeno pues que éste, juntamente con el magnesio, es el constituyente de la clorofila.

El agricultor deberá tener precaución con el abonado de nitrógeno. Un exceso de éste o una aportación en exclusiva pueden provocar un aumento de la parte verde en detrimento de una producción determinada. Así, si abonamos exclusivamente un vegetal

³⁸ BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA. Op Cit. p 78

con nitrógeno, obtenemos plantas muy vigorosas pero con una producción tardía y pobre.

3.9.3.1.1.1 Ciclo de Nitrógeno

En el suelo, en la planta, en los organismos vivos y en la atmósfera, y todas las interrelaciones posibles. Por un lado, tenemos la fijación del nitrógeno libre de la atmósfera N₂ e incorporado al suelo por dos vía, la primera por la acción de las bacterias simbióticas aerobias estrechamente unidas a las raíces de las leguminosas. Estas bacterias reciben el nombre de *rhizobium sp.* y mantienen una relación simbiótica con las leguminosas: por un lado, le proporcionan a la planta parte del nitrógeno fijado de la atmósfera y por otro lado, reciben de ella, substancias orgánicas elaboradas, producto de la fotosíntesis de la planta.

Sobre el nitrógeno procedente de la materia orgánica incorporada al suelo (excrementos, seres muertos, partes de seres vivos...) actúan los microorganismos que lo degradan. Entonces el nitrógeno pasa por varias fases hasta que se mineraliza. Su estudio y determinación son muy complejos. Bastará decir que las proteínas (materia orgánica nitrogenada) se transforman en nitrógeno amoniacal (NH₄), éste en grupos aminados (NH₂), los cuales dan lugar a amoníaco y sales amoniacales (NH₃), y éstos finalmente, se transforman en nitrito (NO₂) primero y en nitrato (NO₃) después.

Las aportaciones de nitrógeno al suelo agrícola proviene de los restos de materia orgánica de animales y vegetales, de las fijaciones de bacterias como el azotobacter y el rhizobium y de las aportaciones de los agricultores al abonar. Estas aportaciones de nitrógeno sufren una rápida degradación debido a los microorganismos. La forma resultante de nitrógeno inorgánico (NO₃) es extremadamente soluble, se pierde con facilidad por lixiviación o lavado del suelo, y fluye hacia el mar a través de la capa freática. Pequeñas

partes del nitrógeno inorgánico se evaporan juntamente con el agua del mar y vuelven a su estado inicial de nitrógeno libre en la atmósfera.

Ciclo del Nitrógeno N2 Denitrification Fábricas de fertilizantes fijación (lightning) nódulos bacterianos bacterias fijadoras de N Plantas **Animales** nitratación (bacterias) descomposición NO₂ y residuos bacterias NH_4 nitrificantes descomponedores

FIGURA 4: Ciclo del Nitrógeno

Fuente: BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA. Ciclos Biogeoquímicos. 1999

3.9.3.1.2 Nitrato de amonio

El nitrato de amonio o nitrato amónico es una sal formada por iones de nitrato y de amonio. Su fórmula es NH_4NO_3 .

Se trata de un compuesto incoloro e higroscópico, altamente soluble en el agua.

Es explosivo y autodetonante en ausencia de agua o aplicación de calor o fuego. Es usado como abono y ocasionalmente como explosivo.

El nitrato de amonio se utiliza sobre todo como fertilizante por su buen contenido en nitrógeno. El nitrato es aprovechado directamente por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo a nitrito o nitrato y sirve de abono de más larga duración.³⁹

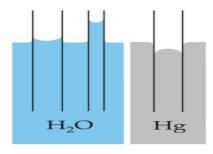
3.10 La capilaridad de los líquidos

La capilaridad es una propiedad de los líquidos que depende de su tensión superficial (la cual, a su vez, depende de la cohesión o fuerza intermolecular del líquido), que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar

Cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la fuerza intermolecular (o cohesión intermolecular) entre sus moléculas es menor a la adhesión del líquido con el material del tubo (es decir, es un líquido que moja). El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo. Éste es el caso del agua, y ésta propiedad es la que regula parcialmente su ascenso dentro de las plantas, sin gastar energía para vencer la gravedad.

Sin embargo, cuando la cohesión entre las moléculas de un líquido es más potente que la adhesión al capilar (como el caso del mercurio), la tensión superficial hace que el líquido descienda a un nivel inferior, y su superficie es convexa.⁴⁰

FIGURA 5: Efectos de capilaridad.



Fuente: GILBERT W. "Fenómenos superficiales".2002

⁴⁰ GILBERT W. 2002 Castellan, Ed. Pearson, Pag: 433, Tema 18 "Fenómenos superficiales".

³⁹BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA.1999 Op Cit. p 83

4. UBICACIÓN

El estudio de campo se llevó a cabo en un invernadero que fue construido en la Ciudad de Cayambe y la parte de Laboratorio se trabajó en el Laboratorio de Microbiología Agrícola de la Escuela de Bioanálisis de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y en el Laboratorio de Microbiología Agraria y Veterinaria Organic. Lab. S.A., ubicados en la ciudad de Quito.

4.1 Ubicación política territorial del ensayo de campo

País: Ecuador.

Provincia: Pichincha.

Cantón: Cayambe.

Parroquia Cayambe

Barrio El Sigzal

4.2 Ubicación geográfica del ensayo de campo

Latitud Norte: 0004730 N

Longitud Oriental: 17817476 E

Altitud: 2804 m.s.n.m.

4.3 Condiciones Climáticas del ensayo de campo

Clima: Frío, seco

Precipitación: 1540 mm

Vientos: 11 km/h

Heladas: Esporádicas

Heliofonía: 11 horas diarias

4.4 Ubicación política territorial del ensayo de laboratorio

País: Ecuador.

Provincia: Pichincha.

Cantón: Quito.

4.5 Ubicación geográfica del ensayo de laboratorio

Latitud Norte: 9983505 N

Longitud Oriental: 17779754 E

Altitud: 2825 m.s.n.m.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Materiales de Laboratorio

- 1 Aguja de disección con mango ajustable
- 2 Asas calibradas doble uso pk-10
- 1 Pinza de acero. Inoxidable
- 1 Asa de nicrone con mango ajustable
- 50 Tubos tapa rosca de 10 ml.
- 100 Cajas monopetri estériles desechables
- 1 Tubos ependorf 1,5ml funda x 500
- 1 Puntas amarillas funda x 1000 unidades
- 1 Puntas azules funda x 500 unidades
- 1 Autoclave
- 1 Paquete de fundas ziploc
- 1 Cooler + Hielo
- 15 Botellas de cristal
- 1 Pipeta automática de 100ul-1000ul
- 1 Espectrofotómetro
- 1 Mechero Bunsen
- 1 Desinfectante

- 1 Balanza analítica 3 dígitos
- 1 Reverbero
- 1 Congeladora a -20°C
- 1 Vela
- 1 Paquete de fundas para autoclave de 100 g

Reactivos

- 1 Cloruro de calcio
- 1 Solución de microelementos
- 1 Glicerina 100 ml
- 1 Azul de bromotimol
- 1 K₂HPO₄ 500 gr Himedia
- 1 MgSO₄.7H₂O 250 gr Scharlau
- 1 Sulfato Ferroso 500gr Himedia
- 1 Biotina-D 10gr Himedia
- 1 Agar Agar 500gr Himedia
- 1 Glucosa 500 gr Himedia
- Peptona bacto 500gr Difco
- 1 Extracto de levadura 500gr Difco
- 1 Ácido Glutámico 500gr Himedia
- 1 Ácido Málico 500gr Himedia
- 1 Kit de tinción Gram x litro

- 1 Hipoclorito de sodio al 2% 180 ml
- 1 Peróxido de Hidrógeno
- Discos comerciales con 0,9 mg de P-8
- aminodimetilanilina.
- 1 Frasco de 100 ml de Sudán B
- 1 Frasco de 100 ml de Xilol
- 8 Tubos de caldo nutritivo
- 1 Frasco de miel

Materiales de Vidrio

- 1 Pipeta serológica de 1 ml
- 1 Pipeta serológica de 10 ml
- 1 Matraz Erlenmeyer de 100ml.
- 15 Frascos de vidrio con tapa
- 1 Porta objetos una caja 50

5.1.2 Materiales de Campo

- Palos redondos de 3 m de largo
- Plástico de invernadero
- Clavos
- Martillo
- Pico

- Palas
- Barra
- Alambre de amarre
- Botellas de plástico de 3 L
- Tijeras
- Lápiz
- Marcador
- Regla de 30 cm
- Regadera
- Vaso de plástico
- Balanza
- Sustratos

5.2 Metodología

- 5.2.1 Metodología de Laboratorio
- 5.2.1.1 Recolección de muestras

Se recolectó 2 muestras de suelo y 2 de raíces de maíz, (Zea mays) L por cada sector, los cuales fueron en la parte occidente del Parque Nacional Cayambe – Coca en la Provincia de Pichincha., en el sector de Cayambe, Barrio el Sigzal y San Pablo del Lago en la Provincia de Imbabura en el sector del mirador, muestras que fueron transportadas en un cooler, el mismo día al laboratorio para ser procesadas al día siguiente.

De igual forma se procedió a la georeferención, los puntos donde se tomó las muestras de suelo, plantas y sus raíces para poder aislar las bacterias. Junto con la

georeferenciación se levantó una ficha con todos los datos que fueron posibles (sitio, temperatura promedio, cultivo).

5.2.1.2 Aislamiento y purificación de *Azospirillum sp*.

Se aisló *Azospirillum sp.* de las muestras de suelo y raíz recolectadas en el medio selectivo NfB sólido y semisólido con azul de bromotimol para diazótrofos, este medio tiene la característica de estar libre de N por lo tanto permite el crecimiento de bacterias que captan el N atmosférico. Se usarán para identificar al género *Azospirillum sp.*, tinción de gránulos B hidroxibutirato, forma celular y Tinción de Gram.

5.2.1.3 Identificación con pruebas bioquímicas, morfológicas y Gram.

Se utilizó pruebas de identificación morfológicas de tinción, para determinar la especie de *Azospirillum sp.*, descritas en la TABLA 1.

Tinción de gránulos de poli-β-hidroxibutirato (PHB)

Para esta prueba se utilizaron cultivos de 24 y 48 horas incubados a 35 °C en NfB semisólido.

La tinción de gránulos de PHB se realizó siguiendo el procedimiento propuesto por Bradshaw (1976), el cual se describe a continuación:

- 1. Se Preparó un frotis del velo en un portaobjetos limpio. Se secó al aire y fijado a la llama.
- 2. Se cubrió el portaobjetos con negro Sudán B y se dejó reaccionar por 10 minutos. Se eliminó el exceso de colorante y seco colocando una tira de papel secante sobre el frotis hasta que todo el colorante se absorba. Se procedió a lavar cuidadosamente.

3. Se lavó el frotis con unas gotas de xilol para eliminar el exceso de colorante y volver a secar con papel secante.

4. Se contra tiñó con safranina acuosa al 5% m/v durante 15 segundos. Y se Lavó inmediatamente con agua de tubo y se dejó secar al aire.

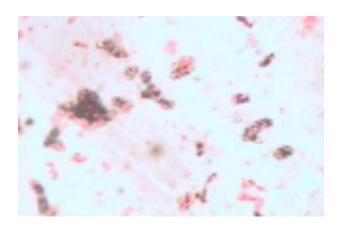
5. En el microscopio y con el objetivo de inmersión examinó la preparación para detectar las partículas, las cuales aparecieron de color azul-negro en contraste con el rojo del citoplasma.

Disolución negro sudán B

Negro Sudan B 0,3 g

Etanol (95 %) 75 ml

Se Disolvió el negro Sudan B en el etanol y se agregó 25 ml de agua destilada y mezcló bien.



Fuente: La Investigación Elaborado por: El Autor

FIGURA 6: Tinción de gránulos de poli- β -hidroxibutirato en un cultivo de 24 horas, cultivada en NfB semisólido a 35 °C.



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 7: Tinción de gránulos de poli-β-hidroxibutirato en un cultivo de 48 horas, cultivada en NfB semisólido a 35 °C.

5.2.1.4 Conservación de aislamiento

Se realizó sembrando los aislamientos purificados en caldo de cultivo Dyggs agregando glicerol y se dispuso 1 ml en frascos de 1,5 ml y almacenados en el congelador a -20°C

5.2.1.5 Curva de crecimiento de Azospirillum sp. en un medio de referencia Dyggs

Se realizó determinación de Densidad Óptica (DO) en espectrofotómetro a diferentes horas

Se realizó la formulación de un medio de cultivo alternativo para la propagación de la bacteria a través de la curva de crecimiento bacteriano en el medio Dyggs de referencia. Se utilizó el método Densidad Óptica (DO) con el espectofotometro y se realizó recuentos.

5.2.1.6 Preparación de inóculos de los aislados

Con el medio que alcanzó la concentración adecuada de $1x10^9$ a $1x10^{10}$ UFC, se realizaron los inóculos para su propagación en semillas y en el sustrato con dilución que puedan llegar en la parte de campo a $1x10^7$ UFC en un ml.

5.2.1.7 Determinación cuantitativa bacteriana de los sustratos que fueron usados

Se utilizó el método de determinación cuantitativa sembrando a profundidad y con diluciones lo que nos ayudó a determinar las unidades formadoras de colonia por gramo de sustrato

5.2.1.8 Inoculación de la semilla de maíz, (Zea mays) L.

Se realizó la inoculación de *Azospirillum sp.*, con miel 60 ml en las semillas de maíz, (*Zea mays*) *L.* para luego ser sembradas en la fase de campo

5.2.1.9 Reaislamiento de *Azospirillum sp.* en el suelo.

Se realizó un reaislamiento del suelo para poder verificar que existió presencia de la bacteria *Azospirillum sp*, con el medio selectivo NfB sólido y semisólido con azul de bromotimol para diazótrofos, este medio tiene la característica de estar libre de N por lo tanto permite el crecimiento de bacterias que captan el N atmosférico.

5.2.1.10 Reaislamiento de Azospirillum sp., en las raíces

Se realizó un reaislamiento de las raíces para poder verificar que existió presencia de la bacteria *Azospirillum sp.*, con el medio selectivo NfB sólido y semisólido con azul de bromotimol para diazótrofos, este medio tiene la característica de estar libre de N por lo tanto permite el crecimiento de bacterias que captan el Nitrógeno atmosférico.

5.2.1.11 Análisis foliar de nitrógeno

Se mandó al Lobaratorio de Ciencias Químicas de la Universidad Central realizó un análisis foliar por tratamiento al final del ensayo para poder determinar la cantidad de Nitrógeno en porcentaje presente en cada tratamiento. Quienes usaron el método MAL - 04, 39.1.19 Método oficial AOAC 981.10.

5.2.2 Metodología de Campo

5.2.2.1 Invernadero

Se realizó la construcción del invernadero en una superficie de 4 metros de ancho por 10 de largo dando como superficie total 40m^2 , en donde posteriormente se realizó la instalación del ensayo.

5.2.2.2 Instalación del ensayo

Siembra

Los materiales empleados son ambientalmente seguros. A continuación se muestra la fabricación del sistema de cultivo semihidropónico, llamado así porque utiliza tanto el sustrato agua como el sustrato suelo para el crecimiento del cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.* Los materiales que se utilizaron fueron: una botella descartable de bebida gaseosa de

3 litros de capacidad, sustrato inerte, agua limpia, tijeras, un clavo mediano, un marcador, una regla y un martillo

Primer paso: se medió con la regla 17 cm desde la base de la botella, se hizo una marca respectiva y luego se cortó la botella, de tal manera que quedaron en dos partes. Quedando una parte de 17 cm que fue la base y el resto nos queda de 19 cm de manera que sea fácil el momento que se instaló el sistema







Elaborado por: Alex Reyes. 2011

FOTO 1: Elaboración de un sistema semihidropónico con botellas de gaseosa.

Segundo paso: A la tapa de la bebida gaseosa, se le realizó unos pequeños orificios con el clavo y luego se tapa la boca de la botella, esto permitirá que el sustrato esté en contacto permanente con el agua y de esta manera el sustrato estará siempre húmedo (gracias al fenómeno de capilaridad), así el cultivo permaneció húmedo todo el tiempo, con lo que hay una ganancia generosa de tiempo.





Elaborado por: Alex Reyes. 2011

FOTO 2: Elaboración de un sistema semihidropónico con botellas de gaseosa.

Tercer paso: En la parte superior de la botella (parte que tiene la boca de la botella se invirtió), se colocó el sustrato inerte, ahí se desarrolló el cultivo.



Elaborado por: Alex Reyes. 2011

FOTO 3: Elaboración de un sistema semihidropónico con botellas de gaseosa.

Cuarto paso: A la parte inferior de la botella (base) se le colocó agua hasta una altura considerable, luego se colocó el depósito donde previamente estaba el sustrato, de tal manera que la boca de la botella estaba en contacto con el agua a través de los orificios de la tapa.



Elaborado por: Alex Reyes. 2011

FOTO 4: Elaboración de un sistema semihidropónico con botellas de gaseosa.

Quinto paso: Se procedió a sembrar semillas de maíz, (*Zea mays*) *L*, con número de 10 semillas por envase para poder efectuar la evaluación correspondiente al final del ensayo.

Luego se colocó en el invernadero según esta descrito en el croquis del ensayo.



FOTO 5: Elaboración de sistema semihidropónico con botellas de gaseosa.

5.2.3 Diseño experimental

En esta investigación se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 6 tratamientos y 3 repeticiones.

5.2.3.1 Tratamientos

TABLA 3: Tratamientos para el desarrollo de Forraje Verde Semihidropónico en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L*.

T1	Sustrato comercial inerte (Klassman TS1) 100%	H ₂ O destilada	
T2	Sustrato comercial inerte (Klassman TS1) 100%	H ₂ O destilada + Azospirillum sp	
Т3	Sustrato comercial inerte (Klassman TS1) 100%	H ₂ O destilada + Nitrato de Amonio	
T4	Ripio inerte 100%	H ₂ O destilada	
T5	Ripio inerte 100%	H_2O destilada + Azospirillum sp.	
T6	Ripio inerte 100%	H ₂ O destilada + Nitrato de Amonio	

Elaborado por: Alex Reyes. 2011

En Cuba se han utilizado biofertilizantes a base de esta bacteria que permiten la sustitución del 25% del fertilizante nitrogenado en arroz⁴¹, de esta manera podríamos determinar que la bacteria podría ayudar de igual manera en el crecimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) *L.* 90 kg/ha de Nitrógeno.

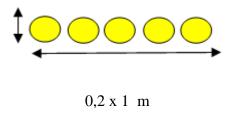
⁴¹ THE LATIN AMERICAN ALLIANCE. 1997. Los biofertilizantes en la agricultura cubana. http://www.latinsynergy.org/microorganismoscuba2.htm

La aplicación del nitrato de amonio fue específica a los requerimientos de fertilización de una ha de maíz, (*Zea mays*) *L*. que corresponde a 25 kg/50.000 planta/ha y dando resultado 25 g de nitrato de amonio en 50 plantas que fue nuestro tratamiento.⁴²

5.2.3.2 Unidad experimental y parcela neta

La unidad experimental constó de 5 botellas de 3 litros con 10 semillas de maíz, (*Zea mays*) *L*. dando como resultado 50 plantas por tratamiento que fueron colocados con los dos sustratos inertes, la aplicación de *Azospirillum sp.*, y el fertilizantes nitrogenado, para ser evaluadas.

FIGURA 7: Diagrama correspondiente a una unidad experimental y parcela neta.



Elaborado por: Alex Reyes. 2011

5.2.3.2.1 Superficie total del ensayo

Se utilizó 10 metros de largo por 4 metros de ancho con un total de $40~\text{m}^2$ de invernadero, el espacio a ser utilizado por unidad experimental fue de $1~\text{m}^2$ y para caminos un espacio de 0.5~m.

5.2.3.3 Variables y métodos de evaluación

Las variables que se evaluaron para responder a los objetivos de la investigación fueron:

⁴² CAAMAÑO, A. y R. Melgar, 1998. Fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en maíz de alta productividad. Est. Exp. Ag. Pergaminito Rev. Tecnología Agropecuaria V II N° 5 PP 11-14.

5.2.3.3.1 Días a la Germinación

Esta variable fue medida con el número de plantas a los 30 días a la germinación

5.2.3.3.2 Altura de planta

Esta variable se midió a los 30 días y se tomó desde la base de la planta hasta el ápice de la hoja más alta y se expresó en centímetros.

5.2.3.3.3 Longitud de las raíces

Esta variable se midió a los 30 días y se tomó 5 raíces al azar del tratamiento y se expresó en centímetros de longitud de raíz

5.2.3.3.4 Materia Seca de las Raíces

Esta variable se midió a los 30 días y se una alícuota de 100 gr todas tomó todas las raíces de las plantas del tratamiento y se expresó en kg Materia Seca de las raíces por tratamiento

5.2.3.3.5 Materia Seca de las Hojas

Esta variable se midió a los 30 días y se tomó una alícuota de 100 g todas las hojas de las plantas del tratamiento y se expresó en kg Materia Seca de las hojas por tratamiento

5.2.3.3.6 Determinación de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en un gramo de sustratos

Se realizó un conteo bacteriano total de los sustratos al finalizar el ensayo, para poder determinar si aumentaron o disminuyeron las bacterias. El método aplicado fue de diluciones seriadas, determinación cuantitativa sembrando a profundidad.

5.2.3.3.7 Determinación de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en un gramo raíces

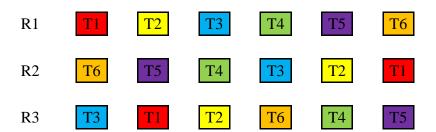
Se realizó un conteo bacteriano total de las raíces al finalizar el ensayo, para poder determinar si aumentaron o disminuyeron las bacterias. El método aplicado fue de diluciones seriadas, determinación cuantitativa sembrando a profundidad.

5.2.3.4 Prueba de Significación

Para esta investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Análisis funcional: Tukey al 5%.

5.2.3.5 Croquis del ensayo

FIGURA 8: Establecimiento de los 6 tratamientos con 3 repeticiones.



4 X 10 m y para caminos de 0,5 m

Elaborado por: Alex Reyes. 2011

5.2.3.6 Análisis Económico

Se realizó un análisis de costo/beneficio comparativo, entres los resultados obtenidos al finalizar la investigación, de manera que se pudo determinar qué tipo de sustrato fue el más beneficioso y económico, con el cual se obtuvo mejores resultados al momento de cultivar maíz, (Zea mays) L., semihidropónico, aplicando Azospirillum sp., en

comparación a la fertilización nitrogenada para la obtención de forraje verde para animales de granja.

6 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

6.1 Población y muestra.

Se probó 2 sustratos, para la obtención de forraje verde semihidropónico en el cultivo de maíz (*Zea mays*) *L*. con 3 repeticiones. La población para las evaluaciones fueron 5 botellas/tratamiento con el número de plantas germinadas a los 30 días.

Cada parcela fue delimitada y tuvo su letrero con el nombre del tratamiento para evitar error alguno tanto en la aplicación del tratamiento, como también al momento de la toma los datos de las variables.

Se elaboró un cronograma de actividades de manera que no afectaron en lo absoluto a las unidades experimentales.

6.2 Técnicas de evaluación

- Se determinó el crecimiento microbiano con el método de Curva de crecimiento microbiano.
- Una vez que se concluyó el período determinado para la germinación a los 30 días se procedió a cortar y pesar la materia verde de las raíces y hojas
- Materia verde: alícuota pesada en gramos de toda la parcela y peso en kg de Materia Verde
- Materia seca: en gramos ingresada en funda de papel a la estufa con temperaturas de 105 °C por 48 horas.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capitulo se describen los experimentos diseñados para el aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, utilizados en este trabajo de investigación de la siguiente forma:

A partir de las muestras de suelo y raíces tomadas de los diferentes puntos de muestreo demarcados por el sistema de información geográfica se realizó el mapa en el que se observó claramente los puntos donde fueron recolectadas y aisladas cada una de las cepas en la zona de Cayambe, Oyacachi, y San Pablo.



Fuente: Google Earth. 2002

MAPA 1: Ubicación de las zonas de muestreo para el "Aislamiento e

identificación de cepas de Azospirillum sp., y evaluación de su

capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de

maíz, (Zea mays) L., semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo

invernadero. Quito - Cayambe - Ecuador -2011"

El muestreo se localizó en el norte de la Provincia de Pichincha y en el sur de la

Provincia de Imbabura, determinando un rango de altitud entre 2780 y 3221 msnm. Los

muestreos de suelo y raíces se realizaron a una profundidad máxima de 20 cm en lugares

donde existía laboreo del suelo y presentaba vegetación normal.

7.1 Aislamiento, identificación y purificación

Parte Experimental de Laboratorio

7.1.1 Tinción Gram

Es la tinción diferencial más comúnmente empleada en bacteriología. Permite la

separación de bacterias en dos grandes grupos: bacterias gram-positivas y gram-

negativas, atendiendo a su distinta composición de la pared celular.

Reactivos:

Colorante cristal violeta

Solución A: Cristal violeta, 20g

Etanol (95%), 200ml

Solución B: Oxalato amónico, 8g

Agua destilada, 800ml

74

Solución de lugol

Iodo resublimado, 1g

IK, 2g

Agua destilada hasta 300 ml

Solución de safranina

Solución de safranina en etanol (95%), 10ml

Agua destilada, 90ml

Preparación:

Se preparó una extensión de células sobre un porta y se la fijó a la llama de un mechero Bunsen. Se tiñó la extensión con la solución de cristal violeta durante 2 minutos, el exceso de colorante se retiró con agua destilada y se aplicó durante 1 minuto la solución de lugol (ésta fija el colorante a la bacteria). Se lavó con agua destilada y se decoloró con alcohol 96%. Se lavó con agua destilada cuando el alcohol no elimine más colorante y se aplicó el colorante de contraste (safranina) durante 30 segundos. Se lavó con agua destilada, se secó y se observó al microscopio.

Las células a observar fueron de un cultivo joven ya que la reacción de gram puede variar según envejece un cultivo. Las bacterias gram-positivas aparecen de color violeta, mientras que las gram-negativas se tiñen de rosa.

FIGURA 9: Morfología celular *Azospirillum sp.* Observada mediante el microscópio óptico Olympuscx41 con el objetivo de 100x

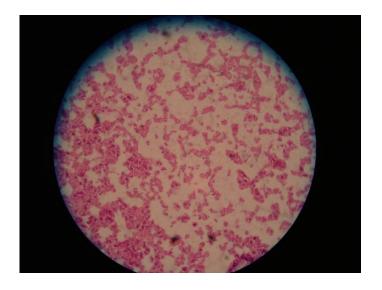
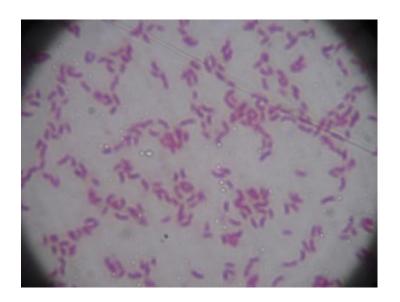


FIGURA 10: Morfología celular *Azospirillum sp.* observada mediante el microscópio óptico Olympuscx41 con el objetivo de 100x

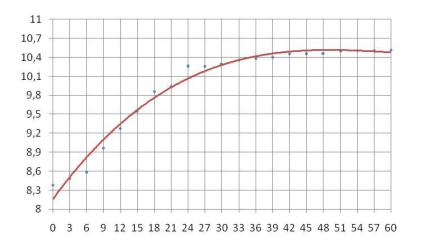


7.2 Medio de referencia (Medio Dyggs) para la bacteria Azospirillum sp.

La curva muestra detalladamente los valores obtenidos en la fermentación en un tiempo de 60 horas, con una temperatura de $30 \pm 2^{\circ}$ C, se observa un incremento de dos exponentes respecto a la concentración inicial en el medio de cultivo convencional.

La curva de crecimiento de *Azospirillum sp.*, en el medio de cultivo de referencia (FIGURA 11) inició en 8,3 Log UFC/ml, presentando un crecimiento exponencial hasta las 24 horas con un valor de 10,25 Log UFC/ml, seguido de una fase de descenso entre la hora 24 y 33 para finalmente alcanzar una fase estacionaria desde la hora 39 en adelante donde permanece constante la concentración celular.

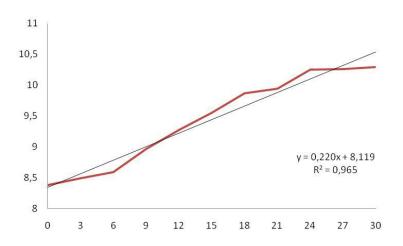
FIGURA 11: Cinética de crecimiento para *Azospirillum sp.*, en función del tiempo en el medio de cultivo de referencia.



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

En primer lugar, se realizó la linealización de la curva de crecimiento aplicando el método de mínimos cuadrados para obtener la recta de regresión desde la hora 0 hasta la hora 30 (ver FIGURA 12) debido a que en este intervalo de tiempo finaliza la fase exponencial y se presenta el mayor valor del estadístico R2.

FIGURA 12: Linealización de la curva de crecimiento para *Azospirillum sp.*, en el medio de cultivo de referencia.



Parte experimental de Campo

7.3 Días a la Germinación

CUADRO 1: ADEVA para la variable Días a la germinación para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Variable	Germinación		
CV:	9,67% Confiable		

FV	SC	gl	CM
Repetición	253,78	2	126,89 ns
Tratamiento	427,78	5	85,56 ns
Error E.	476,89	10	47,69
Total	1158,45	17	

CUADRO 1.1: Ranqueo para la variable porcentaje de Días a la germinación en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Tratamientos	Promedios	Rango
3	78,00	A
2	76,00	A
1	73,33	A
6	70,67	A
5	65,33	A
4	65,30	A

En el CUADRO 1, encontramos el ADEVA para la variable Días a la germinación y se determina que no existe significancia estadística para los tratamientos aplicados de manera que estos son iguales presentándose un solo rango (A).

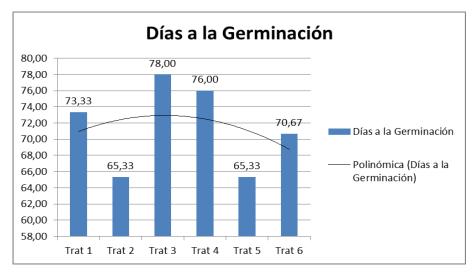
Pero el CUADRO 1.1 nos indica una denotada diferencia entre los tratamientos, de manera que se establece diferencias entre los tratamientos, resultando como el mejor tratamiento el T3 (Sustrato comercial inerte (Klassman TS1) 100%+ H₂O destilada + Nitrato de Amonio) con un porcentaje de germinación del 78% y con el menor porcentaje de germinación al T4 (Ripio inerte 100% + H₂O destilada) con un porcentaje de 65,30% y cabe mencionar este resultado se torna muy interesante desde el punto de vista estadístico.

El CV (Coeficiente de Variación) de 9,67 % da confiabilidad a los resultados.

Estos valores pueden deberse a que la viabilidad de la semilla junto con la acción de las cepas de *Azospirillum sp.*, son quienes han determinado el porcentaje de germinación, debido a que la adaptación de *Azospirillum* al futuro ambiente rizosférico probablemente

se inicia con la germinación de la semilla, la cual exuda infinidad de compuestos orgánicos que forman parte fundamental de la espermósfera (Bashan, Y. 1997).

Otros factores que influyen en el porcentaje de emergencia de plántulas, son: la calidad de semilla en relación a la viabilidad y vigor; humedad del suelo; temperatura; la cantidad y calidad de luz solar; profundidad de siembra y entre otros (Monar, C. 2010. Entrevista personal).



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

GRÁFICO 7: Variable porcentaje de Días a la germinación para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.4 Altura de planta

CUADRO 2: ADEVA para la variable altura de planta a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador - 2011"

Variable	Altura de planta		
CV:	10,96% Confiable		

FV	SC	gl	CM
Repetición	52,11	2	26,06
Tratamiento	4656,36	5	931,27
Error E.	166,90	10	16,69
Total	4875,37	17	

CUADRO 2.1: Ranqueo para la variable altura de planta a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Tratamientos	Promedios	Rar	ngo
3	57,33	A	
2	52,00	A	
1	50,27	A	
6	23,13		В
5	21,73		В
4	19,27		В

Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

En el CUADRO 2, encontramos el ADEVA para la variable altura de planta y se determina que existe significancia estadística para los tratamientos aplicados, de manera que estos no son iguales presentándose dos rangos (A-B).

En consideración el CUADRO 2.1 nos indica una denotada diferencia entre los tratamientos, de manera que se establece diferencias entre los tratamientos, resultando

como el mejor tratamiento el T3 (Sustrato comercial inerte (Klassman TS1) 100%+ H_2O destilada + Nitrato de Amonio) con una media de 57,33 cm de altura. Y el tratamiento con menor altura de planta tenemos al T4 (Ripio inerte 100% + H_2O destilada) con 19, 27 cm de altura. Cabe mencionar este resultado se torna muy interesante desde el punto de vista estadístico.

El CV (Coeficiente de Variación) de 10,96 % da confiabilidad a los resultados.

Al influir la inoculación de *Azospirillum* en el incremento de la población local, altura y rendimiento del cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L* se la puede considerar como una tecnología complementaria para el desarrollo y producción del cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L* en esta zona agroecológica.

A los tratamientos que se fertilizó con Nitrógeno inorgánico obtuvieron el mayor porcentaje promedio de altura de planta con la contribución de nitrógeno mineral que influyó directamente en el incremento del tamaño del maíz, (Zea mays) L., y con respecto a la bacteria Azospirillum sp., mediante la producción de hormonas vegetales (AIA), ayudaron a la elongación de la raíz respectivamente, con fijación de nitrógeno; y en relación a los tratamientos testigos (Piccoli, P. 1997).

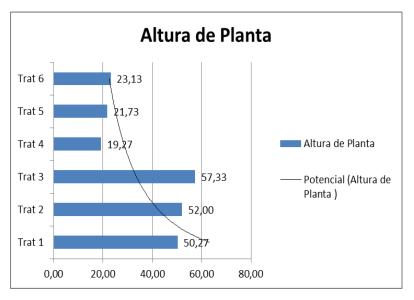


GRÁFICO 8: Variable altura de planta a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.5 Longitud de raíz

CUADRO 3: ADEVA para la variable longitud de raíz a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador - 2011"

Variable	Longitud de raíz		
CV:	6,16% Confiable		

FV	SC	gl	CM
Repetición	18,01	2	9,01
Tratamiento	1693,17	5	338,63
Error E.	32,01	10	3,20
Total	1743,19	17	

CUADRO 3.1: Ranqueo para la variable longitud de raíz a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Tratamientos	Promedios	Rango)
3	41,53	A		
2	38,80	A	В	
1	35,33		В	
6	21,27			С
5	19,27			C
4	18,20			C

En el CUADRO 3, encontramos el ADEVA para la variable longitud de raíz y se determina que existe significancia estadística para los tratamientos aplicados de manera que estos no son iguales presentándose tres rangos (A-B-C).

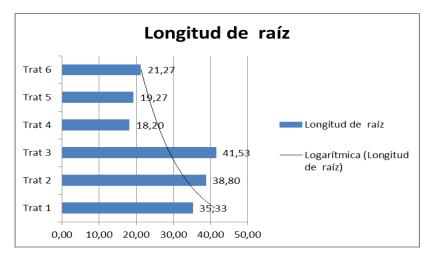
En consideración el CUADRO 3.1 nos indica una denotada diferencia entre los tratamientos, de manera que se establece diferencias entre los tratamientos, resultando como el mejor tratamiento el T3 (Sustrato comercial inerte (Klassman TS1) 100%+ H₂O destilada + Nitrato de Amonio) con una media de 41,53 cm de longitud de raíz y como al de menor longitud al T4 (Ripio inerte 100% + H₂O destilada) con una longitud de 18,20 cm. Cabe mencionar este resultado se torna muy interesante desde el punto de vista estadístico.

El CV (Coeficiente de Variación) de 6,16 % da confiabilidad a los resultados.

Estos valores pueden deberse a que *Azospirillum sp.* es conocida principalmente por la habilidad de producir hormonas vegetales (Auxinas, citocininas, giberelinas, así como aminoácidos y poliaminas) destacándose dentro de las auxinas el Ácido Indol acético (AIA), el cual, es el responsable de promover el crecimiento vegetal debido a que actúa en la elongación y multiplicación celular, así se puede corroborar el efecto de la bacteria *Azospirillum* como fijadora de nitrógeno y por ende interviene en el incremento del tamaño de las plantas versus el testigo (Novo, R. 2002).

Los efectos hormonales que Azospirillum produce en la rizósfera o en el interior de las raíces, favorecen el crecimiento radicular de las plantas así como también la absorción

de agua y nutrientes, repercutiendo positivamente en la producción vegetal (Okon, Y. et. al. 1998).



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

GRÁFICO 9: Variable longitud de raíz a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.6 Altura de planta y largo de raíz

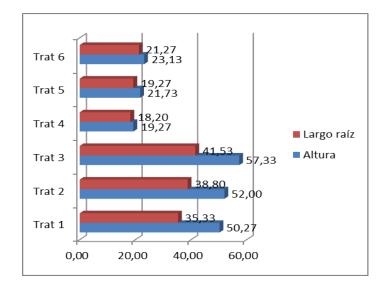


GRÁFICO 10: Variables altura de planta y largo de raíz a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.7 Peso de Materia Verde por Tratamiento

CUADRO 4: ADEVA para la variable peso de Materia Verde por Tratamiento para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Variable	Peso		
CV:	14,17% Confiable		

FV	SC	gl	CM
Repetición	31130,33	2	15565,17
Tratamiento	1207777,17	5	241555,43
Error E.	50651,00	10	5065,1
Total	1289558,5	17	

CUADRO 4.1: Ranqueo para la variable peso de Materia Verde por Tratamiento para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Tratamientos	Promedios	Rango		
3	871,33	A		
2	705,33	A	В	
1	667,33		В	
6	356,00			C
5	243,33			C
4	178,67			C

En el CUADRO 4, encontramos el ADEVA para la variable peso de Materia Verde por Tratamiento y se determina que existe significancia estadística para los tratamientos aplicados de manera que estos no son iguales presentándose tres rangos (A-B-C).

En consideración el CUADRO 4.1 nos indica una denotada diferencia entre los tratamientos, de manera que se establece diferencias entre los tratamientos, resultando como el mejor tratamiento el T3 (Sustrato comercial inerte Klassman TS1 100%+ H₂O destilada + Nitrato de Amonio) con un peso de 871,33 g y como el tratamiento con el menor peso al T4 (Ripio inerte 100% + H₂O destilada) con valor de 178,67 g de materia verde. Cabe mencionar este resultado se torna muy interesante desde el punto de vista estadístico.

El CV (Coeficiente de Variación) de 14,17 % da confiabilidad a los resultados.

En este caso, la eficiencia de la fertilización inorgánica es altamente dependiente del comportamiento químico del fertilizante inorgánico en los sustratos, especialmente de las formas de N derivadas de su transformación química, y de las condiciones de clima reinantes en el medio. Se puede decir, que todos los fertilizantes inorgánicos nitrogenados son apropiados para este cultivo, siempre que se incorporen o sean enterrados en los sustratos (Urquiaga, S. 2000).

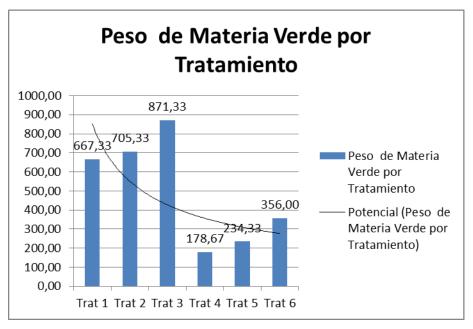


GRÁFICO 11: Variable peso de Materia Verde Por Tratamiento en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.8 Materia Seca de las hojas por Tratamiento

CUADRO 5: ADEVA para la variable Materia Seca hojas a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Variable	MS hojas	
CV:	11,83%	Confiable

FV	SC	gl	CM
Repetición	9,48	2	4,74
Tratamiento	471,63	5	94,33
Error E.	52,02	10	5,20
Total	533,13	17	

CUADRO 5.1: Ranqueo para la variable Materia Seca hojas a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Tratamientos	Promedios	Rango			
5	27,84	A			
4	23,48	A	В		
6	20,02		В	С	
1	16,48			C	
2	14,39			C	D
3	13,45				D

Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

En el CUADRO 5, encontramos el ADEVA para la variable Materia Seca hojas y se determina que existe significancia estadística para los tratamientos aplicados de manera que estos no son iguales presentándose cuatro rangos (A-B-C-D).

En consideración el CUADRO 5.1 nos indica una denotada diferencia entre los tratamientos, de manera que se establece diferencias entre los tratamientos, resultando como el mejor tratamiento el T5 (Ripio inerte 100% + *Azospirillum sp.*+ H₂O destilada) con peso de 27,84 g. denotamos este valor por que en el ripio las raíces del maíz, (*Zea*

mays) L., se alargan y crecen más buscando humedad y como el crecimiento de las hojas es directamente proporcional a las raíces, sabiendo que el ripio el porcentaje de humedad es muy bajo y como tratamiento con cantidad de materia seca en las hojas es el T3 (Sustrato comercial inerte Klassman TS1 100%+ H₂O destilada + Nitrato de Amonio) con un valor de 13,45 g denotando este valor al tejido principal de planta que es más grande por la aportación del Nitrógeno inorgánico y a que sea mayor el porcentaje de humedad. Cabe mencionar este resultado se torna muy interesante desde el punto de vista estadístico.

El CV (Coeficiente de Variación) de 11,83 % da confiabilidad a los resultados.

La inoculación con Azospirillum incrementa la producción de materia seca, sin embargo este efecto puede ser benéfico en algunos casos o no significativo en otros (Saito y Graciolli, 1981).

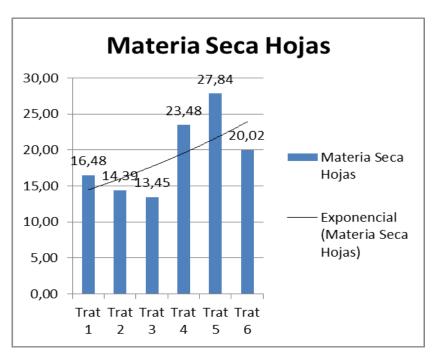


GRÁFICO 12: Variable Materia Seca hojas a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en

el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.9 Materia Seca de las raíces por Tratamiento

CUADRO 6: ADEVA para la variable Materia Seca raíz a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Variable	Materia Seca raíz	
CV:	14,92%	Confiable

FV	SC	gl	CM
Repetición	29,49	2	14,74
Tratamiento	388,91	5	77,78
Error E.	53,55	10	5,36
Total	471,95	17	

Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

CUADRO 6.1: Ranqueo para la variable Materia Seca raíz a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Tratamientos	Promedios	Rar	ngo
5	20,88	A	
4	19,82	A	
6	19,67	A	
1	11,49		В
2	11,01		В
3	10,17		В

En el CUADRO 6, encontramos el ADEVA para la Materia Seca raíz y se determina que existe significancia estadística para los tratamientos aplicados de manera que estos no son iguales presentándose dos rangos (A-B).

En consideración el CUADRO 6.1 nos indica una denotada diferencia entre los tratamientos, de manera que se establece diferencias entre los tratamientos, resultando como el mejor tratamiento el T5 (Ripio inerte 100% + *Azospirillum sp.*+ H₂O destilada) con peso de 20,88 g. las raíces se alargan y crecen más buscando humedad y como el crecimiento de las raíces, sabiendo que el ripio el porcentaje de humedad es muy bajo y como tratamiento con el menor de pero de materia seca en las raíces, con al tratamiento con el menor valor al T3 (Sustrato comercial inerte Klassman TS1 100%+ H₂O destilada + Nitrato de Amonio) con un valor de 10,17 g denotando este valor al tejido principal de planta que es más grande por la aportación del Nitrógeno inorgánico y a que sea mayor el porcentaje de humedad. Cabe mencionar este resultado se torna muy interesante desde el punto de vista estadístico.

El CV (Coeficiente de Variación) de 14,92 % da confiabilidad a los resultados.

La inoculación con Azospirillum incrementa la producción de materia seca, sin embargo este efecto puede ser benéfico en algunos casos o no significativo en otros (Saito y Graciolli, 1981).

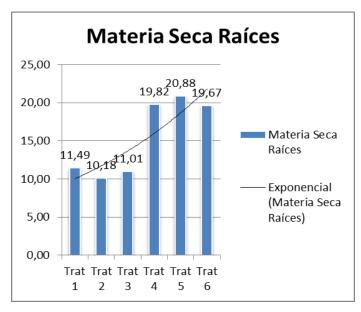


GRÁFICO 13: Variable Materia Seca raíz a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.10 Materia Seca hojas y Materia Seca raíz

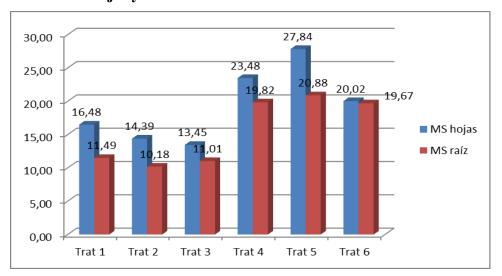


GRÁFICO 14: Variables Materia Seca hojas y Materia Seca raíces a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.11 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en el sustrato

CUADRO 7: ADEVA para la variable Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en el sustrato a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Variable	UFC sustrato		
CV:	0,000000054 % Confiable		

FV	SC	gl	CM
Repetición	0	2	0
Tratamiento	1454365125000	5	290873025000
Error E.	0	10	0
Total	1454365125000	17	

Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

CUADRO 7.1: Ranqueo para la variable Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en el sustrato a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Tratamientos	Promedios	Rar	ngo
4	1863500	A	
5	1863500	A	
6	1863500	A	
1	1295000		В
2	1295000		В
3	1295000		В

En el CUADRO 7, encontramos el ADEVA para la Unidades Formadoras de Colonia (UFC) sustrato y se determina que existe significancia estadística para los tratamientos aplicados de manera que estos no son iguales presentándose dos rangos (A-B). Cabe mencionar este resultado se torna muy interesante desde el punto de vista estadístico.

El CV (Coeficiente de Variación) de 0,000000054 % da confiabilidad a los resultados.

La inoculación con Azospirillum a diferentes tiempos no tienen una influencia significativa en el rendimiento aéreo y radicular de maíz, (*Zea mays*) *L*; sin embargo, a diferentes dosis (1 y 3 ml) y concentraciones (de 10⁴ a 10⁸ UFC cml ⁻¹) los resultados difieren (Hernandez et al., 1996).

7.12 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en la raíz

CUADRO 8: ADEVA para la variable Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en la raíz a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Variable	UFC raíz		
CV:	0,00000001 % Confiable		

FV	SC	gl	CM
Repetición	0	2	0
Tratamiento	32865352200000000	5	6573070440000000
Error E.	0	10	0
Total	32865352200000000	17	

CUADRO 8.1: Ranqueo para la variable Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en la raíz a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Tratamientos	Promedios	Ran	ıgo
3	166800000	A	
2	166800000	A	
1	166800000	A	
6	81340000		В
5	81340000		В
4	81340000		В

Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

En el CUADRO 8, encontramos el ADEVA para la Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en la raíz y se determina que existe significancia estadística para los tratamientos aplicados de manera que estos no son iguales presentándose dos rangos (A-B). Cabe mencionar este resultado se torna muy interesante desde el punto de vista estadístico.

El CV (Coeficiente de Variación) de 0,00000001 % da confiabilidad a los resultados.

La inoculación con Azospirillum a diferentes tiempos no tienen una influencia significativa en el rendimiento aéreo y radicular de maíz, (*Zea mays*) *L*; sin embargo, a diferentes dosis (1 y 3 ml) y concentraciones (de 10⁴ a 10⁸ uf cml ⁻¹) los resultados difieren (Hernandez et al., 1996).

7.13 Contenido porcentual de Nitrógeno

CUADRO 9: ADEVA para la variable contenido porcentual de Nitrógeno en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador - 2011"

Variable	Nitrógeno				
CV:	0,0000012 %	Confiable			

FV	SC	gl	CM
Repetición	0	2	0
Tratamiento	17,98	5	3,6
Error E.	0	10	0
Total	17,98	17	

Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

CUADRO 9.1: Ranqueo para la variable contenido porcentual de Nitrógeno en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador - 2011"

Tratamientos	Promedios	Rango					
3	3,87	A					
6	1,48		В				
2	1,45			С			
5	1,22				D		
1	1,08					Е	
4	0,95						F

En el CUADRO 9, encontramos el ADEVA para la variable Materia Seca hojas y se determina que existe significancia estadística para los tratamientos aplicados de manera que estos no son iguales presentándose seis rangos (A-B-C-D-E-F).

En consideración el CUADRO 9.1 nos indica una denotada diferencia entre los tratamientos, de manera que se establece diferencias entre los tratamientos, resultando como el mejor tratamiento el T3 (Sustrato comercial inerte (Klassman TS1) 100% + H₂O destilada + Nitrato de Amonio) con un porcentaje del 3,87% de Nitrógeno y como tratamiento con menor porcentaje de Nitrógeno al tratamiento T4 (Ripio inerte 100% + H₂O destilada) con porcentaje de 0.95 % de Nitrógeno. Cabe mencionar este resultado se torna muy interesante desde el punto de vista estadístico.

El CV (Coeficiente de Variación) de 0,0000012 % da confiabilidad a los resultados.

Determinando que la bacteria en este caso *Azospirillum sp.*, llega a suplir parcialmente necesidades de Nitrógeno para la obtención de Forraje Verde semihidropónico bajo invernadero llegando al 9,56% de crecimiento utilizando el sustrato comercial Klassman TS1 y al 6,18 % de crecimiento utilizando ripio inerte y llegando a crecer el 72,09% utilizando Nitrato de Amonio con el sustrato comercial Klassman TS1 en diferencia del 13,70 % utilizando Nitrato de Amonio + el ripio inerte. Denotando la hipótesis H1 La inoculación de *Azospirillum sp.*, puede sustituir parcialmente los fertilizantes nitrogenados.

Estos resultados concuerdan con estudios realizados, donde la inoculación con Azospirillum, además de mejorar el crecimiento de las plantas, se observan incrementos

en el contenido de nitrógeno total de las plantas inoculadas respecto a las no inoculadas. Además el AIA producido por las bacterias puede modificar el contenido de fitohormonas de las plantas conduciendo a la estimulación del crecimiento de las mismas (Thuler, D. et. al. 2003).

Estos resultados, se atribuyen a que las plantas fertilizadas con el 100 %, por lo que, son más sensibles a la desecación y estrés por falta de agua, repercutiendo de esta manera la absorción de nitrógeno (Ramírez, M. 2004).

En lo que se refiere a la influencia de *Azospirillum* sobre la absorción de N por las plantas, se debe destacar que poseen la enzima nitrato-reductasa. Esta enzima es responsable por la reducción del nitrato a nitrito, favoreciendo la absorción y asimilación del N-NO₃ del suelo por las plantas. Aumentando significativamente el crecimiento vegetal, la acumulación de Nitrógeno, y principalmente la eficiencia de la fertilización inorgánica (Urquiaga, S. 2000).

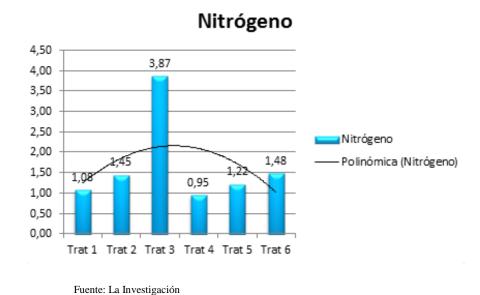


GRÁFICO 15: Variable contenido de Nitrógeno a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con

Elaborado por: Alex Reyes

dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador - 2011"

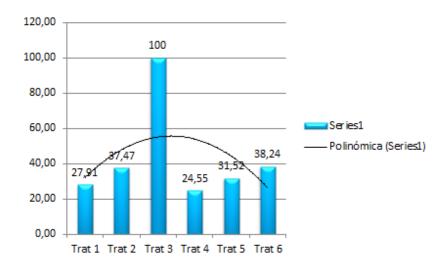
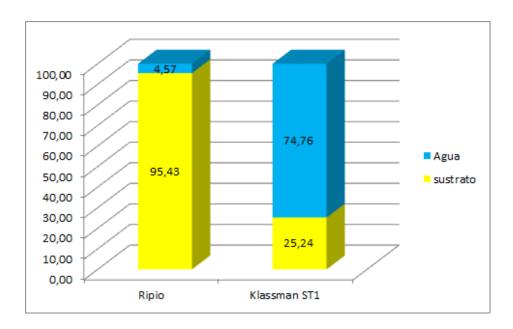


GRÁFICO 16: Variable contenido de Nitrógeno en porcentaje a los 30 días de sembrado en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.14 Contenido de Agua en los sustratos Klassman TS1 y Ripio



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

GRÁFICO 17: Contenido de agua en los sustratos para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

En el GRÁFICO 17 La retención de agua es más eficiente en el sustrato comercial Klassman TS1 con el 74,76% en comparación a la retención obtenida con el ripio que es del 4, 57%, determinando así que el crecimiento porcentual y comparativo de los tratamientos utilizados en la experimentación se debe relativamente al porcentaje de retención de agua efectiva.

7.15 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en Klassman TS1

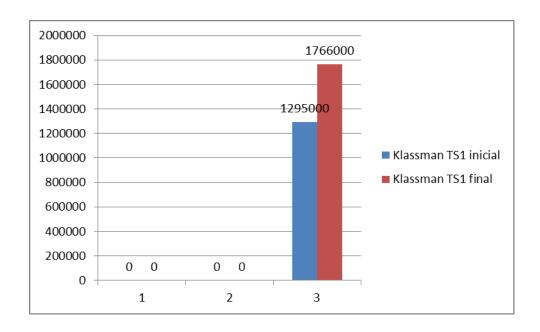
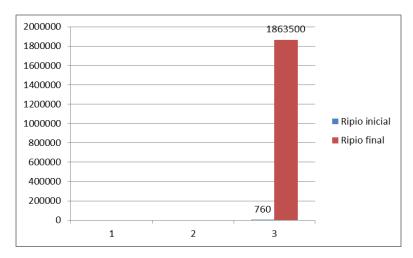


GRÁFICO 18: Unidades Formadoras de Colonia del sustrato Klassman TS1 inicial y final para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.16 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en ripio



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

GRÁFICO 19: Unidades Formadoras de Colonia (UFC) del ripio inicial y final para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador - 2011"

7.17 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en las raíces del cultivo de maíz, (Zea mays) L. en los sustratos Klassman TS1 y ripio

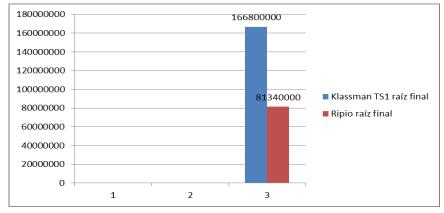


GRÁFICO 20: Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en los sustratos Klassman TS1 y ripio en las raíces del cultivo de maíz, (Zea mays) L. para el "Aislamiento e identificación de cepas de Azospirillum sp., y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (Zea mays) L., semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador - 2011"

7.18 Curva de crecimiento de la bacteria Azospirillum sp.

CUADRO 10: Datos generales obtenidos en el laboratorio de la curva de crecimiento de la bacteria *Azospirillum sp.*, para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

TABLA DE DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO								
Tiempo transcurrido	pm/am	Tiempo	pН	DO				
2:30	pm	0	7	0,320				
3:00	pm	1	7	0,469				
3:30	pm	2	7	0,551				
4:30	pm	3	7	0,768				
5:30	pm	4	7	1,168				
6:30	pm	5	7	1,464				
9:30	am	6	8	1,880				
10:30	am	7	8	1,919				
11:30	am	8	8	1,954				

Diluido 1:2 Diluido 1:2

Diluido 1:2

CUADRO 11: Datos generales obtenidos en el laboratorio de la curva de crecimiento de la bacteria *Azospirillum sp.*, para el medio Dyggs para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	TABLA DE DATOS DEL INOCULANTE DYGGS CON LA BACTERIA Azospirillum sp.								
Hora de Toma del Inoculante	Tiempo transcurrido (min)	Т	DO	Dilución	Fórmulas=(Abs- 0,9631)/0,0008	UFC/ml *millón (Resultado de la Fórmula)	Población Microbiana Total: UFC/ml *millón	Tiempo de generación en UFC*millón/ ml 30 min/1hora	Log 10 UFC/ml*millón
2:30	0	0	0,320	No dilución	S=(Abs-0,9631)/0,0008	385	385	X	2,586
3:00	30	1	0,469	No dilución	S=(Abs-0,9631)/0,0008	565	565	179	2,752
3:30	60	2	0,551	No dilución	S=(Abs-0,9631)/0,0008	663	663	99	2,822
4:30	120	3	0,768	No dilución	S=(Abs-0,9631)/0,0008	925	925	261	2,966
5:30	180	4	1,168	No dilución	S=(Abs-0,9631)/0,0008	1.406	1.406	482	3,148
6:30	240	5	1,464	No dilución	S=(Abs-0,9631)/0,0008	1.762	1.762	356	3,246
9:30	1140	6	1,880	Diluido 1:2	S=(Abs-0,9631)/0,0008	2.263	4.527	94**	3,656
10:30	1200	7	1,919	Diluido 1:2	S=(Abs-0,9631)/0,0008	2.310	4.620	94*	3,665
11:30	1260	8	1,954	Diluido 1:2	S=(Abs-0,9631)/0,0008	2.352	4.705	84*	3,673

CUADRO 12: Datos generales obtenidos en el laboratorio de la curva de crecimiento de la bacteria *Azospirillum sp.*, en la Escala Mc Farland para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

ESCALA Mc FARLAND EN EL LABORATORIO

Escala	DO	UFC*millón/ml
0,5	0,005	150
1	0,267	300
2	0,519	600
3	0,682	900
4	1,061	1200
5	1,402	1500
6	1,535	1800
7	1,695	2100
8	1,842	2400
9	1,939	2700
10	2,092	3000

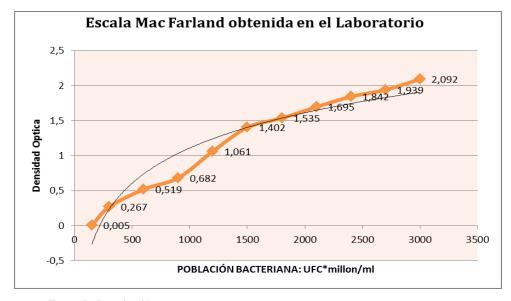


GRÁFICO 21: Datos generales obtenidos en el laboratorio de la curva de crecimiento de la bacteria *Azospirillum sp.*, en la Escala Mc Farland para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

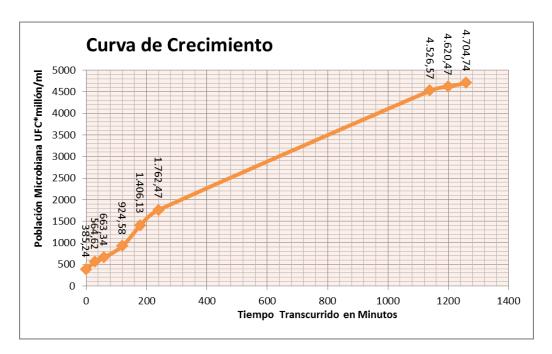


GRÁFICO 22: Población Microbiana Total: UFC/ml, en el medio Dyggs para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador - 2011"

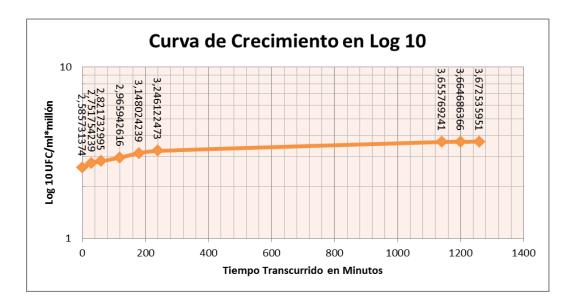


GRÁFICO 23: Log 10 UFC/ml, en el medio Dyggs para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

7.19 Análisis Costo Beneficio

CUADRO 13: Datos generales de los costos específicos para la obtención de Forraje Verde Semihidropónico para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Trat.	Total semillas	Costo del kg maíz	Costo Sin Fertilizante	Costo Azospirillum sp.	Costo Nitrato de amonio	Klassman TS1	Ripio	Costo Botellas	Costo Mano de Obra	Invernadero	Total costo kg
Trat 1	3050	1,220	0	0	0	10,98	0,00	6,1	3,05	1,75	23,10
Trat 2	3475	1,390	0	34,75	0	12,51	0,00	6,95	3,475	1,75	60,83
Trat 3	3725	1,490	0	0	3,73	13,41	0,00	7,45	3,725	1,75	31,55
Trat 4	2150	0,860	0	0	0,00	0,00	4,30	4,3	2,15	1,75	13,36
Trat 5	1800	0,720	0	18,00	0,00	0,00	3,60	3,6	1,8	1,75	29,47
Trat 6	2500	1,000	0	0	2,50	0,00	5,00	5	2,5	1,75	17,75

Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

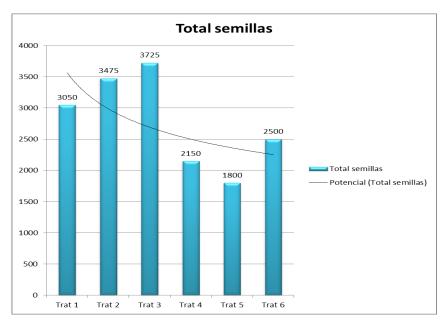


GRÁFICO 24: Número de semillas de maíz, (Zea mays) L, para la obtención de un kg en Materia Seca del Forraje Verde Semihidropónico para el "Aislamiento e identificación de cepas de Azospirillum sp., y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (Zea mays) L., semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

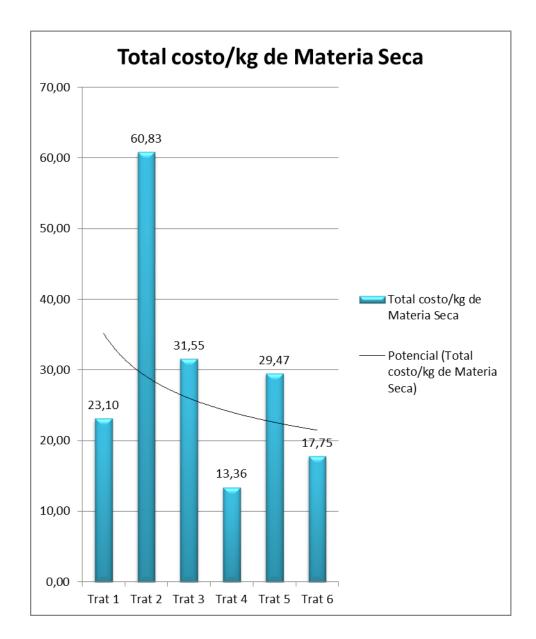


GRÁFICO 25: Análisis de costo beneficio para la obtención de un kg en Materia Seca del Forraje Verde Semihidropónico para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Los costos de producción por kilo de materia seca de forraje verde semihidropónico de son demasiado alto con un valor de 60,83 dólares para el tratamiento T2 (Sustrato comercial inerte Klassman TS1 100% + *Azospirillum sp.*+ H₂O destilada) y 29 dólares para el T5 (Ripio inerte 100% + *Azospirillum sp.*+ H₂O destilada)

7.20 Reaislamiento de Azospirillum sp., al final del ensayo



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 8: Reaislamiento de *Azospirillum sp.* para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

El reaislamiento luego de concluir el experimento se realizó de muestras de los sustratos y raíces en donde se desarrolló el cultivo de maíz, (Zea mays) L semihidropónico bajo invernadero con resultados positivo con el medio de referencia NfB. Como se determina en la FOTO 8. La coloración normal del medio de referencia es de color verde y cuando se encuentra diazótrofos se torna de color azul positivo.

7.21 Palatabilidad

Palatabilidad del forraje verde semihidropónico (FVSH), en animales menores (cuyes de granja)



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 9: Palatabilidad del Forraje Verde Semihidropónico para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

La obtención del forraje verde semihidropónico fue ofrecida en este caso a animales menores cuyes de granja denotando gran acogida en el momento de digerirla.

8 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación nos permiten concluir:

- El biofertilizante a base de cepas de *Azospirillum sp.*, evaluado en campo, presentó una buena adaptabilidad a los sustratos y al cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L*.
- El fertilizante inorgánico, fue el más eficiente en las variables:, altura de planta, longitud de raíz denotando al mejor tratamiento T3 (Sustrato comercial inerte (Klassman TS1) 100%+ H₂O destilada + Nitrato de Amonio) con una media de 57,33 cm de altura, de 41,53 cm de longitud de raíz, peso de 871,33 g correspondientemente. Mientras que el biofertilizante *Azospirillum sp.*, fue el más eficiente en las variables: Materia seca de las hojas y Materia Seca de las raíces denotando como el mejor tratamiento al T5 (Ripio inerte 100% + *Azospirillum sp.*+ H₂O destilada) con un peso de 27,84 g y con un peso de 20,88 g respectivamente.
- Los mejores resultados en cuanto a unidades formadoras de colonias lo obtuvieron y ripio con 1.863.500 Unidades Formadoras de Colonia y Klassman con 1.295.000 Unidades Formadoras de Colonia para Klassman y ripio para ripio
- Con respecto a los Unidades Formadoras de Colonia en las raíz fueron de 166.800.000 Unidades Formadoras de Colonia para Klassman y de 81.340.000 Unidades Formadoras de Colonia para ripio
- Se con concluye que la aplicación del Nitrato de Amonio aportó con el 3,87% en el tratamiento T3 (Sustrato comercial inerte Klassman TS1 100% + H₂O destilada + Nitrato de Amonio) y a la bacteria *Azospirillum sp.*, con 1,45% porcentaje de Nitrógeno en el T2 (Sustrato comercial inerte Klassman TS1 100% + H₂O destilada + *Azospirillum sp.*
- Se determina que los costos de obtención del forraje verde semihidropónico son muy altos con la aplicación de la Bacteria *Azospirillum sp.*, ya que los reactivos en el mercado se encuentran en precios altos y difíciles de encontrar.

9 RECOMENDACIONES

- Evaluar en laboratorio y campo la sensibilidad de *Azospirillum sp.*, a productos como: fungicidas; insecticidas; y fertilizantes orgánicos e inorgánicos que se utilizan para la producción del cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L*.
- Incentivar a los agricultores, por medio de días de campo, capacitación, talleres, a la
 utilización del biofertilizantes como una alternativa complementaria para la
 producción del cultivo de maíz, (Zea mays) L., semihidropónico en la Serranía
 Ecuatoriana.
- Se recomienda la utilización de ripio para la obtención de Materia Seca con excelentes resultados
- Continuar estudios de la interacción y el efecto de cepas nativas sobre la producción y nutrición de diferentes variedades de maíz, (Zea mays) L. de interés económico en el Ecuador que aporten beneficios al sector agrícola dando como resultados la optimización de sistemas hidropónicos y semihidropónico.
- Evaluar las diferentes cepas de Azospirillum sp., aisladas del cultivos de maíz, (Zea mays) L. en el medio de cultivo para determinar su comportamiento y así poderlas implementar en cultivos de interés agrícola.
- Se recomienda medir el nivel de Nitrógeno en las diferentes etapas de crecimiento del forraje verde semihidropónico bajo invernadero para poder determinar la fijación del mismo.

10 RESUMEN

El maíz, (*Zea mays*) *L*. es un cultivo básico en la agricultura ecuatoriana, por lo que la búsqueda de opciones de fertilización nitrogenada de bajo costo y amigables con el ambiente no deja de ser importante. Una de estas opciones es el uso de biofertilizantes, para los cuales se puede utilizar la bacteria fijadora de nitrógeno *Azospirillum sp*.

El objetivo de este trabajo fue el de aislar e identificar cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluar su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en un cultivo semihidropónico de maíz, (*Zea mays*) *L.* bajo invernadero

Las muestras se colectaron en algunos sitios y se aislaron a partir de raíces de maíz, (*Zea mays*) *L.*, utilizando para ello un medio semisólido libre de nitrógeno (NfB) para *Azospirillum sp.*, y luego se identificaron mediante estudios morfológicos y bioquímicos.

En este trabajo se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA)

La inoculación del maíz, (Zea mays) L., con estas cepas no produjo aumentos significativos en los pesos fresco y seco de las plantas, y además se observó una alta variabilidad en cuanto su tamaño.

A pesar de que la alta variabilidad de los datos el efecto de la inoculación, de *Azospirillum sp.*, mostró tendencia a suplir una parte del nitrógeno requerido por las plantas en comparación a la fertilización nitrogenada en este caso se utilizó Nitrato de Amonio como fuente de Nitrógeno (N).

Dándonos como mejor tratamiento para las variables altura de planta, longitud de raíz, peso al Tratamiento T3 (Sustrato comercial inerte (Klassman TS1) 100%+ H₂O destilada + Nitrato de Amonio) con una media de 57,33 cm de altura, de 41,53 cm de longitud de raíz, con un de peso de 871,33 g.

Para las variables Materia Seca hojas y Materia Seca raíz al tratamiento T5 (Ripio inerte 100% + *Azospirillum sp.*+ H₂O destilada) con un peso de 27,84 g y con un peso de 20,88 g respectivamente.

Con respecto a los Unidades Formadoras de Colonia (UFC) sustrato de Klassman TS1 y ripio fueron de 1.295.000 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) para Klassman y de 1.863.500 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) para ripio

Con respecto a las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) raíz de Klassman TS1 y ripio fueron de 166.800.000 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) para Klassman y de 81.340.000 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) para ripio

Concluimos que la bacteria en este caso *Azospirillum sp.*, llega a suplir parcialmente necesidades de Nitrógeno para la obtención de Forraje Verde semihidropónico bajo invernadero llegando al 9,56% de crecimiento utilizando el sustrato comercial Klassman TS1 y al 6,18 % de crecimiento utilizando ripio inerte y llegando a crecer el 72,09% utilizando Nitrato de Amonio con el sustrato comercial Klassman TS1 en diferencia del 13,70 % utilizando Nitrato de Amonio + el ripio inerte. Denotando la hipótesis H1 La inoculación de *Azospirillum sp.*, puede sustituir parcialmente los fertilizantes nitrogenados.

Los costos de producción de kg de Materia Seca de forraje verde semihidropónico es demasiado alto con un valor de 60,83 dólares para el tratamiento T2 (Sustrato comercial inerte Klassman TS1 100% + *Azospirillum sp.*+ H₂O destilada) y 29 dólares para el T5 (Ripio inerte 100% + *Azospirillum sp.*+ H₂O destilada) siendo innecesario esta inversión tan alta. Determinando que la bacteria en este caso *Azospirillum sp.* llega a suplir parcialmente necesidades de Nitrógeno para la obtención de forraje verde semihidropónico bajo invernadero llegando al 9,56% de crecimiento utilizando el sustrato comercial Klassman TS1 y al 6,18 % de crecimiento utilizando ripio inerte.

11 SUMMARY

The corn, (Zea mays) L. is a basic crop in ecuadorian agriculture, which is why the search for environmentally friendly nitrogen fertilization of low cost doesn't cease to be important. One of these options is the use of bio-fertilizers, for which the nitrogen fixing bacteria Azospirillum sp. can be used.

The objective of this work is to isolate and identify *Azospirillum sp.* stumps, and evaluate its capacity to provide the nitrogen's needs in the semi-hydroponic crop, , (*Zea mays*) *L*. within the green house.

The samples were collected in some places and were isolated started at the (*Zea mays*) *L*. corn root, using a semisolid free from nitrogen (NfB) for *Azospirillum sp.*, and were then identified through morphological and biochemical studies.

A random experimental block design (DBCA) was used for this work.

The (*Zea mays*) L. corn inoculation with these stumps didn't significantly increase the fresh and dry weight of the plants. A high variability in size could also be noticed.

Even given the high variability of the data, the effect of the *Azospirillum sp.* inoculation showed a tendency to supply one part of the nitrogen needed by the plants. Compared to the nitrogen fertilization in this case Ammonium Nitrate was used as a source of Nitrogen (N).

Giving the better treatment for height variability in the plant, root length, weight to the treatment T3 (Inert commercial substratum (KLASSMAN TSI) 100% + distilled H_2 O + Ammonium Nitrate) with an average height of 57, 33 cm, root length of 41, 53 cm, with weight of 871, 33 g. the variables leaf dry matter and dry root matter to the treatment T5 (inert gravel 100% + *Azospirillum sp* + distilled H_2 O) with a weight of 27, 84 g and a weight of 20, 88 g respectively.

Regarding the Colony Unit Makers (CUM) Klassman substratum TS1 and gravel were of 1.295.000 maker units of Colony (CUM) for Klassman and 1.863.500 Maker units (CUM) for gravel.

Regarding the Colony Unit Makers (CUM) Klassman root TS1 and gravel were of 166.800.000 Colony Unit Makers (CUM) for Klassman and 81.340.000 Colony Unit Makers (CUM) for gravel.

We concluded that the bacteria in this case *Azospirillum sp.*, partially supplies the needs of nitrogen for obtaining semi hydroponic Green Foliage within a greenhouse reaching 9,56% of growth using the commercial substrate Klassman TS1 and 6,18 % of growth using inert gravel growing 72,09% when using Ammonium Nitrate with the commercial substratum Klassman TS1 differing from 13,70 % when using Ammonium Nitrate + the inert gravel. Denoting the hypothesis H1 The inoculation of *Azospirillum sp.*, can partially replace the nitrogen fertilizers.

The production cost of kg of green Dry semi hydroponic foliage Matter is too high with a value of 60,83 dollars for treatment T2 (commercial inert substratum Klassman TS1 100% + Azospirillum sp.+ distilled H₂O) with such a high investment being unnecessary. Determining that the bacteria in this case Azospirillum sp. partially supplies the nitrogen for the obtaining of semi hydroponic green foliage within a green house reaching 9,56% of growth using the commercial substratum Klassman TS1 and a 6,18% of growth using inert gravel.

12 BIBLIOGRAFÍA

- ALBAN A. Módulo de Cultivos en Ambientes Controlados. 2000
- ARANO Carlos R.1998. Forraje Verde Hidropónico y otras técnicas de cultivos sin tierra. Edición Propia. Buenos Aires Argentina.
- AROCENA, Fausto. La introducción del maíz: Gonzalo de Percaztegui. Revista Internacional de Estudios Vascos. Año 27. Tomo XXIV. Julio-Septiembre 1933. P. 362.
- BAREA Jm, Pozo, Azcon-Aguilar C. 2005. *Microbial cooperation in the rizosphere*. J Expe: Bos 56: 1778-1784
- BARAK, R. et al., Aerotactic response of Azospirillum brasilense, 1982. J. Bacteriol. 152: p. 643-649.
- BASHAN, Y. *Interactions of Azospirillum spp. in soils*, 1999. Review. Biol Fertil Soils 29: p. 246-256.
- BASHAN, Y. 1997. Aplicaciones Biotecnológicas en Ecología Microbiana.
 Cundinamarca, CO. Pontificia Universidad Javeriana Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. p 3.
- BALANDREAU, J. y Knowles, R. 1978. The Rhizosphere. En: Interactions between non-pathogenic soil microorganisms and plants. Editado por Y.R. Dommergues y S.V. Krupa. Elsevier Scientific Publishig Company. Amsterdam, The Netherlands. pp. 249, 250.
- BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA, Idea books S.A. España Barcelona p
 74
- BROCK, T.D.; Smith, D. & Madigan, Michael. *Microbiología*. México D.F, 1982.10ma.: Prentice hispanoamericana.
- CABALLERO, J. 2001. Estudio de la distribución y la diversidad genética de algunas especies de diazótrofos. México DF, MX. snt. p. 2

- CAAMAÑO, A. y R. Melgar, 1998. Fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en maíz de alta productividad. Est. Exp. Ag. Pergaminito Rev. Tecnología Agropecuaria V II Nº 5 PP 11-14.
- DALLA S. et al., Effects of inoculation of Azospirillum sp. in maize seeds under field conditions, 2004. Food, Agriculture and Environment, 2(1): p. 238-242.
- ECKERT, B. et al., Azospirillum doebereinerae sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass Miscanthus, 2001. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 51: p. 17-26.
- ECHEVERRÍA, H. y F. García, 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín Técnico No. 149. EEA INTA Balcarce. Centro Regional Buenos Aires Sur. ISSN 0522-0548.
- EDIFARM. *Vademécum Florícola*. Quinta Edición. p 628.
- EOPLES, M. & Craswell, E. Biological nitrogen fixation; investments
 expectations and actual contributions to agriculture, 1992. Plant and Soil. 141:
 p. 13 39.
- EVANS, M.R. and M. Gachukia. 2004. Fresh parboiled rice hulls serve as an alternative to perlite in greenhouse crop substrates. HortScience.
- FITZPATRICK. E.A. *Introducción a la ciencia de los suelos*. Editorial trillas. Primera edición en español 1996. p 126.
- FOTH. Hendry D. *Fundamentos de la Ciencia del Suelo*. Campañia editorial Contienental. p 27.
- FLORES,M;A, Identificación de los Sistemas de Producción del Cultivo de Maíz Chala en la principal zona productora de la Cuenca Lechera del Sur, Irrigación de Majes, Arequipa, 1998", Tesis para el grado de Magíster Scientiae en Producción Animal. UNALM. Auspiciada. Gloria S.A.

- GARCÍA, F. 2002. Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización para altos rendimientos en la región pampeana Argentina. 4º Conferencia Fertilizantes Cono Sur. British Sulphur. Porto Alegre Brasil 18-20 Noviembre
- HARTMANN, A.; H. FU, & R. H. BURRIS. Influence of amino acids on nitrogen fixation ability and growth of Azospirillum spp., 1988. Appl. Environ. Microbiol. 54: p.87-93.
- HERNÁNDEZ, Y., Sarmiento, M. y O. García. 1996. Influence of Azospirillum inoculation model on grass performance. Cuban Journal of Agricultural Science. 30: 219-226.
- HOFSTEDE, Robert *Proyecto Páramo (Eco Ciencia, Instituto de Montaña, Universidad de Amsterdam).*
- HOLT, J.; Krieg, N.; Sneath, P.; Staley, J. y Williams, S. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9^{na} Edición. Williams & Wilkins. Baltimore, USA. pp. 39, 40, 43, 47, 56.
- HUACHI Laura. Módulo de Suelos 1. 2006. p 71
- KENNEDY, R., Chellapilai, D. 1998. Synergistic effect of VMA, Azospirillum and phosphobacteria on growth response and nutrient uptake of shoal tree species. pp. 308 a 312.
- KRAFFCZYK, I., Tolldeiner, G., Beringer, H. 1984. Soluble roots exudates of maize: in fluence of potassium supply and rhyzosphere microorganism. Soil Biol. Biochem, 16: 315-322.
- LARIA, G. et al., Fijador de Nitrógeno. Azospirillum sp. San Salvador, 2003
- MARFÁ Pagés, Oriol, Recirculación en plantas ornamentales en contenedor.
 Recirculación en cultivos sin suelo, coord. por Oriol Marfá i Pagés, 2000, ISBN 84-87729-32-0, págs. 111-118
- MARTÍNEZ, R., Lopéz, M., Alvarez, B., Zambrano, C., Sánchez, J. 2008. La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. Ed. CIARA, Caracas. 166p.

- MARTÍNEZ, R., Toledo, N., Arguelles, C. 1999. Introducción al conocimiento de los biofertilizantes. Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, México. 43p.
- MARULANDA, C. & Izquierdo, J. 2003. La huerta hidropónica popular. 3ra Edición. FAO. Santiago de Chile. 132 p.
- MORTIMER, P., Stolp, H., Truper, H., Balows, A., Schlegel, H. 1981. The Prokariotes. A handbook on habitats, isolation, and identification of bacteria.
 New York, US. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Vol. 1, pp. 796 a 808.
- MORENO, J., López, G., Vela, R. 1986. Survival of Azotobacter spp in dry soils.
 Appl. Environm. Microbial., 51: 123-125
- NOVO, R. 2002. Memorias curso internacional de microbiología de suelos, los biofertilizantes y la biofertilización. Quito, EC. ASOINCO.
- OKON, Y. & R. Itzigsohn. Poly-b-hydroxybutyrate metabolism in Azospirillum brasilense and the ecological role of PHB in the rhizosphere, 1992. FEMS Microbiol. Rev. 103: p. 131-140.
- OKON, Y., ALBRECHT, L. BURRIS, H. 1998. Methods for growing *Azospirillum lipoferum* and for counting it in pure culture and in association with plants. Appl. Environ. Microbiol. 33: 85-88.
- PICCOLI, P., LUCANGELI, C., ACHNEIDER, G., BOTTINI, R. 1997.
 Hydrolysis of gibberellins to glucoside by *Azospirillum lipoferum* culture in a nitrogen free biotin based chemically defined medium. Plant Growth Regulator.
 p. 179 182.
- PLASTER. Edward. La Ciencia del Suelo y su Manejo. 2000 Editorial Paraninfo.
 p 16
- RAMÍREZ, M. 2004. Desarrollo de un método alternativo de producción de almácigos de tomate con bacterias fijadoras de nitrógeno. Tesis Ingeniería en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología, Carrera de Ingeniería en Biotecnología. Cartago. pp. 66
- REINHOLD, B.; T. Hurek & I. Fendrik. *Strain-specific chemotaxis of Azospirillum spp.*, 1985. J. Bacteriol. 162: p. 190-195.

- RESH, Howard M. Cultivos Hidropónicos, Nuevas técnicas de Producción.
 Departamento de Ciencia de las Plantas. Universidad de la Columbia Británica,
 Vancouver, 2001, Editorial Mundi Prensa
- RODRÍGUEZ-CÁCERES, E. A. *Improved medium for isolation of Azospirillum spp.*, 1982. Applied and Environmental Microbiology, 44: p. 990-991.
- ROUTCHENKO W. et SOYER, J. P. 1972. Sur les causes de la germination sur plante des grains inmatures de mais. Données complementeires. Ann. Agron. 23 (4): 445-459.
- SAITO, S.M.T. y Graciolli, L.A. 1981. Relationships between Azospirillum sp. isolates from maize and sugar cane. En: Associative N₂-Fixation. Volume II. Editado por: P. Vose y A. Ruschel. CRC Press. Florida, U.S.A. pp. 163-168.
- SAUBIDET, M., FATTA, N., BARNEIX, A. 2002. The effect of inoculation with Azospirillum brasilense on growth and nitrogen utilization by wheat plants. Plant Soil. p. 215 a 222.
- TARRILLO Olivas Hugo. 1999. Tesis: "Utilización del Forraje Verde Hidropónico de Cebada, Alfalfa en pellets y en heno, como forrajes en la alimentación de terneros Holstein en Lactación". Lima Perú.
- THULER, D., NADRO, W., BARBOSA, H. 2003. Plant growth regulator and amino acids released by Azospirillum spp. In chemicals defined media. Microbiology. p. 174-178.
- TSGOU, V., Kefalogianni, I., Sini, K., Aggeli, G. 2003. *Metabolic activities in Azospirillum grown in the presence of NH4. Biotechnology. pp.* 574 a 578.
- UMALI-GARCIA, M.; Hubbell, D.H.; Gaskins, M.H. y Dazzo, F.B. 1984.
 Adsorption and mode of entry of Azospirillum brasilense to grass roots. En:
 Associative N2-Fixation. Volume I. Editado por: P. Vose y A. Ruschel. CRC
 Press. Florida, U.S.A. pp. 49-62.
- URQUIAGA, S. 2000. Manejo eficiente de la fertilización Nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre, Rio Grande de Saul, Brasil. pp. 32 a 56

• ZUBERER, D. 1990. Soil rhizosphere aspects of N2-fixing plant-microbe associations. En the Rhizosphere, John Wiley and sons Ed., Nueva York. pp. 317-352.

12.1 Bibliografía electrónica

- CABALLERO Mellado, Jesús. *El género Azospirillum sp.*, 2002. Disponible en: http://biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/microbios/Cap10/imagenes/c10im2.html.
- MARTÍNEZ JORGE, et al., Producción de polihidroxialcanoatos en bacterias diazótrofas y la influencia de la ireación en la síntesis de poli-β-hidroxibutirato en cepas de Azospirillum brasilense. Facultad de Biología Universidad de la Habana, 2004. Disponible en:
 - http://www.dict.uh.cu/Revistas/Bio%202004/Bi18104-10.pdf
- ROLDÁN et al., Incrementos de la fijación biológica del nitrógeno mediante la inoculación combinada de las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, 2003. Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi2.shtml.
- The Latin American Alliance. 1997. Los biofertilizantes en la agricultura cubana. http://www.latinsynergy.org/microorganismoscuba2.htm

13 ANEXOS

13.1 Fotografías de la investigación



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 10: Reciclaje de botella para "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 11: Toma de muestra de suelo para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 12: Recolección de muestra Oyacachi para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 13: Muestras de suelo y raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 14: Procesamiento de raíces para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 15: Muestras medio NfB para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 16: Medio NfB muestras positivas y negativas para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 17: Medio líquido y semisólido NfB para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 18: Invernadero para el desarrollo de la parte de campo en el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 19: Determinación de la áreas para los tratamientos en el invernadero para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 20: Tratamientos para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 21: Ripio con las semillas para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 22: Sustrato Klassman TS1 con las semillas para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 23: Tratamiento completo con las semilla para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 24: Germinación a los 7 días en Klassman ST1 para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 25: Germinación a los 7 días en ripio para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 26: Evaluación a los 10 días para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 27: Germinación a los 15 días en ripio para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 28: Germinación a los 21 días en ripio para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 29: Sistema radicular a los 28 días para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 30: Sistema radicular a los 08 días para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 31: Verificación del pH del agua para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 32: Ensayo a los 23 días de ser instalado para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 33: Ensayo a los 28 días de ser instalado para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 34: Tratamiento 1 para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 35: Tratamiento 2 para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 36: Tratamiento 3 para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 37: Tratamiento 4 para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 38: Tratamiento 5 para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 39: Tratamiento 6 para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 40: Ensayo a los 30 días de ser instalado para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 41: Día de la evaluación para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 42: Comparación sustrato Klassman con ripio para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 43: Largo de hojas para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 44: Longitud de raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 45: Planta completa para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 46: Medición de largo de hojas para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 47: Medición de longitud de raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 48: Peso total de un tratamiento para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 49: tratamiento completo de FSH para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 50: Tratamiento completo en ripio para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 51: Muestreo completo para UFC para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 52: Muestreo completo para MS hojas para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 53: Muestreo completo para MS raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 54: colocación del muestreo en la estufa para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 55: Peso materia seca para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 56: Materia seca hojas para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 57: Materia seca raíces para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

FOTO 58: Muestreo completo luego de salir estufa y peso respectivo "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 59: Palatabilidad en animales menores, cuyes de granja "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"



FOTO 60: Aceptación del FSH en animales menores para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

13.2 Datos generados en la investigación

TABLA 4: Datos generales variable germinación para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	DÍAS A LA GERMINACIÓN											
		REPETI	CIÓN 1									
TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	TRAT 5	TRAT 6							
	N	IÚMERO D	E PLANTA	S								
39 32 38 36 27 32												
REPETICIÓN 2												
TRAT 6 TRAT 5 TRAT 4 TRAT 3 TRAT 2 TRAT 1												
	N	IÚMERO D	E PLANTA	S								
35	33	40	41	28	32							
		REPETI	CIÓN 3									
TRAT 3 TRAT 1 TRAT 2 TRAT 6 TRAT 4 TRAT 5												
NÚMERO DE PLANTAS												
38	38 39 38 39 38 38											

TABLA 5: Promedio variable germinación para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Suma	Promedio
Trat 1	39	35	38	112	37,33
Trat 2	32	33	39	104	34,67
Trat 3	38	40	38	116	38,67
Trat 4	36	41	39	116	38,67
Trat 5	27	28	38	93	31,00
Trat 6	32	32	38	102	34,00

TABLA 6: Datos generales variable altura de planta para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Altura de planta en cm REPETICIÓN 1

	TF	RA	Γ1			TF	RA	Γ2		TRAT 3						TR	RA7	Γ4			TR	RA7	5			TR	RA7	۲6	
71	50	52	46	51	62	51	60	57	60	62	53	63	55	53	23	21	22	24	20	20	20	19	18	18	29	17	16	26	23
		54					58				4	57,2	2				22					19					22,2	,	

	REPETICIÓN 2																													
	TRAT 6 TRAT 5						TRAT 4					TRAT 3					TR	RA7	Γ2			TF	RA	Γ1						
19	24	. 2	22	23	23	17	19	20	20	16	21	22	22	23	20	63	65	59	63	66	46	55	48	48	52	56	49	52	59	55
	22,2 18,4 21,6 63,2 49,8 54,2																													

	REPETICIÓN 3																												
	TRAT 3 TRAT 1							TRAT 2				TRAT 6					TR	RA7	Γ4			TR	RA7	5					
46	52	48	52	60	46	52	46	53	42	51	42	38	44	40	23	21	28	28	25	21	22	21	20	18	20	23	28	17	20
	46 52 48 52 60 46 52 46 53 42 51,6 47,8				43			25						20,4				2	21,6	5									

TABLA 7: Promedio variable altura de planta para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Suma	Promedio
Trat 1	54	54,2	47,8	156	52,00
Trat 2	58	49,8	43	150,8	50,27
Trat 3	57,2	63,2	51,6	172	57,33
Trat 4	22	21,6	20,4	64	21,33
Trat 5	19	18,4	21,6	59	19,67
Trat 6	22,2	22,2	25	69,4	23,13

TABLA 8: Datos generales variable longitud de raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Longitud de raíz en cm

		REPETI	CIÓN 1		
TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	TRAT 5	TRAT 6
36 60 35 33 35	37 36 37 35 44	36 32 33 30 31	20 23 23 15 20	18 17 13 14 14	15 21 13 16 16
39,8	37,8	32,4	20,2	15,2	16,2
		REPETI	CIÓN 2		
TRAT 6	TRAT 5	TRAT 4	TRAT 3	TRAT 2	TRAT 1
23 18 20 20 21	21 22 18 17 16	21 20 22 21 22	37 33 37 33 38	35 49 45 32 36	50 46 41 48 44
20,4	18,8	21,2	35,6	39,4	45,8
		REPETI	CIÓN 3		
TRAT 3	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 6	TRAT 4	TRAT 5
32 38 40 38 42	42 46 36 35 36	45 35 40 40 36	26 14 18 18 19	20 23 24 23 22	14 13 25 15 22
38	39	39,2	19	22,4	17,8

TABLA 9: Promedio variable longitud de raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Suma	Promedio
Trat 1	39,8	45,8	39	124,6	41,53
Trat 2	37,8	39,4	39,2	116,4	38,80
Trat 3	32,4	35,6	38	106	35,33
Trat 4	20,2	21,2	22,4	63,8	21,27
Trat 5	15,2	18,8	17,8	51,8	17,27
Trat 6	16,2	20,4	19	55,6	18,53

TABLA 10: Datos generales variable pero para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

PESO DE LA MATERIA VERDE

	REPETICIÓN 1											
TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	TRAT 5	TRAT 6							
849	629	586	195	131	166							
		REPETI	CIÓN 2									
TRAT 6	TRAT 5	TRAT 4	TRAT 3	TRAT 2	TRAT 1							
553	150	261	756	702	887							
		REPETI	CIÓN 3									
TRAT 3	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 6	TRAT 4	TRAT 5							
731	878	714	285	231	183							

TABLA 11: Promedio variable peso para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Suma	Promedio
Trat 1	849	887	878	2614	871,33
Trat 2	629	702	714	2045	681,67
Trat 3	586	756	731	2073	691,00
Trat 4	195	261	231	687	229,00
Trat 5	131	150	183	464	154,67
Trat 6	166	553	285	1004	334,67

TABLA 12: Datos generales variable MS hojas para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

MATERIA SECA HOJAS

REPETICIÓN 1													
TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	TRAT 5	TRAT 6								
13,44	14,84	12,49	25,34	31,00	21,63								
	REPETICIÓN 2												
TRAT 6	TRAT 5	TRAT 4	TRAT 3	TRAT 2	TRAT 1								
20,03	25,83	22,19	13,41	12,88	15,17								
	REPETICIÓN 3												
TRAT 3	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 6	TRAT 4	TRAT 5								
14,45	20,84	15,45	18,40	22,92	26,69								

TABLA 13: Promedio variable MS hojas para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Suma	Promedio
Trat 1	13,44	15,17	20,84	49,45	16,48
Trat 2	14,84	12,88	15,45	43,17	14,39
Trat 3	12,49	13,41	14,45	40,34	13,45
Trat 4	25,34	22,19	22,92	70,45	23,48
Trat 5	31,00	25,83	26,69	83,52	27,84
Trat 6	21,63	20,03	18,40	60,06	20,02

TABLA 14: Datos generales variable MS raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

MATERIA SECA RAIZ

REPETICIÓN 1							
TRAT 1 TRAT 2 TRAT 3 TRAT 4 TRAT 5 TRAT 6							
15,50 11,27 8,62 22,71 22,81 23,00							

REPETICIÓN 2							
TRAT 6 TRAT 5 TRAT 4 TRAT 3 TRAT 2 TRAT 1							
16,75 17,95 19,59 14,37 10,11 9,11							

REPETICIÓN 3							
TRAT 3 TRAT 1 TRAT 2 TRAT 6 TRAT 4 TRAT 5							
10,05 9,86 9,14 19,27 18,81 20,24							

Fuente: La Investigación Elaborado por: Alex Reyes

TABLA 15: Promedio variable MS raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Suma	Promedio
Trat 1	15,50	9,11	9,86	34,46	11,49
Trat 2	11,27	10,11	9,14	30,53	10,18
Trat 3	8,62	14,37	10,05	33,04	11,01
Trat 4	22,71	19,59	18,81	61,12	20,37
Trat 5	22,81	17,95	20,24	61,00	20,33
Trat 6	23,00	16,75	19,27	59,02	19,67

TABLA 16: Datos generales variable UFC sustrato para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

UNIDAD	UNIDADES FORMADORAS DE COLONIA EN EL SUSTRATO							
		REPET	TICIÓN 1					
TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	TRAT 5	TRAT 6			
1295000	1295000	1295000	1863500	1863500	1863500			
	REPETICIÓN 2							
TRAT 6	TRAT 5	TRAT 4	TRAT 3	TRAT 2	TRAT 1			
1863500	1863500	1863500	1295000	1295000	1295000			
	REPETICIÓN 3							
TRAT 3	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 6	TRAT 4	TRAT 5			
1295000	1295000	1295000	1863500	1863500	1863500			

TABLA 17: Promedio variable UFC sustrato para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Suma	Promedio
Trat 1	1295000	1295000	1295000	3885000	1295000
Trat 2	1295000	1295000	1295000	3885000	1295000
Trat 3	1295000	1295000	1295000	3885000	1295000
Trat 4	1863500	1863500	1863500	5590500	1863500
Trat 5	1863500	1863500	1863500	5590500	1863500
Trat 6	1863500	1863500	1863500	5590500	1863500

TABLA 18: Datos generales variable UFC raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

UN	UNIDADES FORMADORAS DE COLONIA EN LAS RAÍCES								
	REPETICIÓN 1								
TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	TRAT 5	TRAT 6				
166800000	166800000	166800000	81340000	81340000	81340000				
	REPETICIÓN 2								
TRAT 6	TRAT 5	TRAT 4	TRAT 3	TRAT 2	TRAT 1				
81340000	81340000	81340000	166800000	166800000	166800000				
	REPETICIÓN 3								
TRAT 3	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 6	TRAT 4	TRAT 5				
166800000	166800000	166800000	81340000	81340000	81340000				

TABLA 19: Promedio variable UFC raíz para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Suma	Promedio
Trat 1	166800000	166800000	166800000	500400000	166800000
Trat 2	166800000	166800000	166800000	500400000	166800000
Trat 3	166800000	166800000	166800000	500400000	166800000
Trat 4	81340000	81340000	81340000	244020000	81340000
Trat 5	81340000	81340000	81340000	244020000	81340000
Trat 6	81340000	81340000	81340000	244020000	81340000

TABLA 20: Datos generales variable Nitrógeno para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Nitrógeno									
	REPETICIÓN 1								
TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	TRAT 5	TRAT 6				
1,08	1,45	3,87	0,95	1,22	1,48				
	REPETICIÓN 2								
TRAT 6	TRAT 5	TRAT 4	TRAT 3	TRAT 2	TRAT 1				
1,48	1,22	0,95	3,87	1,45	1,08				
		REPET	CIÓN 3						
TRAT 3	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 6	TRAT 4	TRAT 5				
3,87	1,08	1,45	1,48	0,95	1,22				

TABLA 21: Promedio variable Nitrógeno para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Suma	Promedio
Trat 1	1,08	1,08	1,08	3,24	1,08
Trat 2	1,45	1,45	1,45	4,35	1,45
Trat 3	3,87	3,87	3,87	11,61	3,87
Trat 4	0,95	0,95	0,95	2,85	0,95
Trat 5	1,22	1,22	1,22	3,66	1,22
Trat 6	1,48	1,48	1,48	4,44	1,48

TABLA 22: Promedios Generales de las variables para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

			Largo			MS			
Trat.	Germ.	Altura	raíz	Peso	MS hojas	raíz	UFC sust.	UFC raíz	N
Trat 1	73,33	52,00	41,53	871,33	16,48	11,49	1295000	166800000	1,08
Trat 2	65,33	50,27	38,80	681,67	14,39	10,18	1295000	166800000	1,45
Trat 3	83,33	57,33	35,33	691,00	13,45	11,01	1295000	166800000	3,87
Trat 4	77,33	21,33	21,27	229,00	23,48	20,37	1863500	81340000	0,95
Trat 5	68,00	19,67	17,27	154,67	27,84	20,33	1863500	81340000	1,22
Trat 6	76,67	23,13	18,53	334,67	20,02	19,67	1863500	81340000	1,48

TABLA 23: Datos Generales de las variables para ser ingresados en el programa estadístico InfoStat para el "Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum sp.*, y evaluación de su capacidad para suplir las necesidades de nitrógeno en el cultivo de maíz, (*Zea mays*) *L.*, semihidropónico con dos sustratos diferentes bajo invernadero. Quito – Cayambe – Ecuador -2011"

Rep.	Trat.	Germ.	Altura	Largo raíz	Peso	MS hojas	MS raíz	UFC sustrato	UFC raíz	N
1	1	78,00	54,00	39,80	849,00	13,44	15,50	1295000	166800000	1,08
1	2	64,00	58,00	37,80	629,00	14,84	11,27	1295000	166800000	1,45
1	3	76,00	57,20	32,40	586,00	12,49	8,62	1295000	166800000	3,87
1	4	72,00	22,00	20,20	195,00	25,34	22,71	1863500	81340000	0,95
1	5	54,00	19,00	15,20	131,00	31,00	22,81	1863500	81340000	1,22
1	6	64,00	22,20	16,20	166,00	21,63	23,00	1863500	81340000	1,48
2	6	70,00	22,20	20,40	553,00	20,03	16,75	1863500	81340000	1,48
2	5	66,00	18,40	18,80	150,00	25,83	17,95	1863500	81340000	1,22
2	4	80,00	21,60	21,20	261,00	22,19	19,59	1863500	81340000	0,95
2	3	82,00	63,20	35,60	756,00	13,41	14,37	1295000	166800000	3,87
2	2	56,00	49,80	39,40	702,00	12,88	10,11	1295000	166800000	1,45
2	1	64,00	54,20	45,80	887,00	15,17	9,11	1295000	166800000	1,08
3	3	92,00	0,00	38,00	731,00	14,45	10,05	1295000	166800000	3,87
3	1	78,00	47,80	39,00	878,00	20,84	9,86	1295000	166800000	1,08
3	2	76,00	43,00	39,20	714,00	15,45	9,14	1295000	166800000	1,45
3	6	96,00	25,00	19,00	285,00	18,40	19,27	1863500	81340000	1,48
3	4	80,00	20,40	22,40	231,00	22,92	18,81	1863500	81340000	0,95
3	5	84,00	21,60	17,80	183,00	26,69	20,24	1863500	81340000	1,22

13.3 Fichas de recolección de muestra de suelo y raíz

Ficha de Recolección de muestra N° 001		
Fecha:	7 de Enero del 2011	
Hora:	8:30 AM	
Sector:	Cayambe	
Latitud Norte	0004723 N	
Longitud Oriental	17817454 E	
Altitud	2820 msnm	
Temperatura	13 ° C	
Tipo de muestra:	De suelo	
Tipo de Suelo	Franco -arcilloso	
Planta:	Maíz	
Nombre Científico:	(Zea mays) L.	
Descripción:	Recolección de una muestra de suelo, la planta escogida se encuentra en perfecto estado, no presenta ningún tipo de plagas, ni enfermedad, fisiológicamente es una planta completa, óptima para realizar el muestreo	
	Fotografía:	





Ficha de Recolección de muestra N° 002		
7 de Enero del 2011		
5 AM		
vambe		
4723 N		
17454 E		
0 msnm		
° C		
raíces		
nco -arcilloso		
íz		
a mays) L.		
colección de una muestra de raíces, la planta scogida se encuentra en perfecto estado, no esenta ningún tipo de plagas, ni enfermedad, ológicamente es una planta completa, óptima para realizar el muestreo		





Ficha de Recolección de muestra N° 003		
Fecha:	7 de Enero del 2011	
Hora:	11:30 AM	
Sector:	Oyacachi	
Latitud Norte	9976910 N	
Longitud Oriental	17824430 E	
Altitud	3221 msnm	
Temperatura	10 ° C	
Tipo de muestra:	De suelo	
Tipo de Suelo	Franco -arcilloso	
Planta:	Maíz	
Nombre Científico:	(Zea mays) L.	
Descripción:	Recolección de una muestra de suelo, la planta escogida se encuentra en perfecto estado, no presenta ningún tipo de plagas, ni enfermedad, fisiológicamente es una planta completa, óptima para realizar el muestreo	
Fotografía:		



Ficha de Recolección de muestra Nº 004		
Fecha:	7 de Enero del 2011	
Hora:	11:45 AM	
Sector:	Oyacachi	
Latitud Norte	9976910 N	
Longitud Oriental	17824430 E	
Altitud	3221 msnm	
Temperatura	10 ° C	
Tipo de muestra:	De raíz	
Tipo de Suelo	Franco -arcilloso	
Planta:	Maíz	
Nombre Científico:	(Zea mays) L.	
Descripción:	Recolección de una muestra de raíces, la planta escogida se encuentra en perfecto estado, no presenta ningún tipo de plagas, ni enfermedad, fisiológicamente es una planta completa, óptima para realizar el muestreo	
Fotografía:		



Ficha de Recolección de muestra Nº 005		
Fecha:	7 de Enero del 2011	
Hora:	1:30 PM	
Sector:	San Pablo del Lago	
Latitud Norte	0019670 N	
Longitud Oriental	1781946 E	
Altitud	2780 msnm	
Temperatura	10 ° C	
Tipo de muestra:	De suelo	
Tipo de Suelo	Franco -arcilloso	
Planta:	Maíz	
Nombre Científico:	(Zea mays) L.	
Descripción:	Recolección de una muestra de suelo, la planta escogida se encuentra en perfecto estado, no presenta ningún tipo de plagas, ni enfermedad, fisiológicamente es una planta completa, óptima para realizar el muestreo	





Ficha de Recolección de muestra N° 006		
Fecha:	7 de Enero del 2011	
Hora:	1:45 PM	
Sector:	San Pablo del Lago	
Latitud Norte	0019670 N	
Longitud Oriental	1781946 E	
Altitud	2780 msnm	
Temperatura	10 ° C	
Tipo de muestra:	De raíz	
Tipo de Suelo	Franco -arcilloso	
Planta:	Maíz	
Nombre Científico:	(Zea mays) L.	
Descripción:	Recolección de una muestra de raíces, la planta escogida se encuentra en perfecto estado, no presenta ningún tipo de plagas, ni enfermedad, fisiológicamente es una planta completa, óptima para realizar el muestreo	
Fotografía:		



13.4 Informes de laboratorio

LABORATORIO DE BACTERIOLOGIA Y LACTICINEOS

FICHA Nº	0027616	FECHA: 23 de Marzo del 2011
PRODUCTARIO Sr. Alex Reye	S	-HACIENDA:
PROPIETARIO: Cayambe		_TELEFONO: 2 3 6 1 4 4 3
		ESPECIE: ———SEXO: ——
		TAMAÑO:
		DESTINO:
		——ACTITUD: ———
ASPECTO:		
PELAJE:	SUDOR :	LESIONES:
MUCOSAS: ———		-CONJUNTIVAS:
MUCOSAS: SINTOMAS OBSERVADOS POR	R EL DUEÑO: Realizar F	lora Total de seis muestras
(Parte Posterior) sustinio	cial, posterior a la sig	embre de raices.
MEDIOS DE CULTIVO USADO DIAGNOSTICO PROVISIONAL	_:	
DIAGNOSTICO DEFINITIVO:	# 13 : 1*766,000 UFC/g # 14 : 760 UFC/g # 1 : 1*295.000 UFC/g	
RECOMENDACIONES:	# 1: 1'295.000 UFC/g # 4: 1'863.500 UFC/g # 7: 166'800.000 UFC # 11: 81'340.000 UFC	<i></i> ₩ε
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL EGUA Facultad da Maciliata Veterman		JEENS JEST JEENS J

Laboratorio Bacteriología y Laoticineos



INF-LAB-AL-17044 ORDEN DE TRABAJO No 30958

SOLICITADO POR:	Alex Reves	
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Cayambe	
MUESTRA DE:	Alimento	
DESCRIPCIÓN:	Planta M1	
LOTE:	- I MANUEL PAT	
FECHA DE ELABORACIÓN:		
FECHA DE VENCIMIENTO:		
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/03/11	
HORA DE RECEPCIÓN:	12:42	
FECHA DE ANÁLISIS:	25/03/11	
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	
A LA SECRETARIA:	28/03/11	
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	Participation Application of the Control of the Con	
COLOR:	Característico	
OLOR:	Característico	
ESTADO:	Sólido	
Contenido encontrado: 250 g	Contenido declarado: 250 g	
OBSERVACIONES:	Contented decidinate, 2,70 g	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a l	a muestra entregada por el cliente al OSP	
MUESTREADO POR:	El Cliente	

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Nitrógeno Total	%	1.08	MAL-04
		1.08	39.1.19 Método Oficial AOAC 981.10

Dra. Sandra Morales

JEFA ÁREA DE ALIMENTOS



INF-LAB-AL-17045 ORDEN DE TRABAJO No 30958

SOLICITADO POR:	Alex Reyes	
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Cayambe	
MUESTRA DE:	Alimento	
DESCRIPCIÓN:	Planta M2	
LOTE:		
FECHA DE ELABORACIÓN:		
FECHA DE VENCIMIENTO:		
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/03/11	
HORA DE RECEPCIÓN:	12:42	
FECHA DE ANÁLISIS:	25/03/11	
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	wastania of the area.	
A LA SECRETARIA:	28/03/11	
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
COLOR:	Característico	
OLOR:	Característico	
ESTADO:	Sólido	
Contenido encontrado: 250 g	Contenido declarado: 250 g	
OBSERVACIONES:	•	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la	muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREADO POR:	El Cliente	

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Nitrógeno Total	%	1.45	MAL-04 39.1.19 Método Oficial AOAC 981.10

Dra. Sandra Morales JEFA ÁREA DE ALIMENTOS





INF-LAB-AL-17046 ORDEN DE TRABAJO No 30958

SOLICITADO POR:	Alex Reves	
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Cayambe	
MUESTRA DE:	Alimento	
DESCRIPCIÓN:	Planta M3	
LOTE:		
FECHA DE ELABORACIÓN:		
FECHA DE VENCIMIENTO:		
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/03/11	
HORA DE RECEPCIÓN:	12:42	
FECHA DE ANÁLISIS:	25/03/11	
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	23/03/11	
A LA SECRETARIA:	28/03/11	
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	AND THE STATE OF T	
COLOR:	Característico	
OLOR:	Característico	
ESTADO:	Sólido	
Contenido encontrado: 250 g	Contenido declarado: 250 g	
OBSERVACIONES:	Contento decrarado. 250 g	
os resultados que constan en el presente informe se refieren a	a la muestra entregada por el cliente al OSD	
MUESTREADO POR:	El Cliente	

INFORME

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
litrógeno Total	96	3.87	MAL-04
		5.47	39.1.19 Método Oficial AOAC 981.10

Dra. Sandra Morales JEFA ÁREA DE ALIMENTOS



INF-LAB-AL-17047 ORDEN DE TRABAJO No 30958

SOLICITADO POR:	Alex Reyes		
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Cayambe		
MUESTRA DE:	Alimento		
DESCRIPCIÓN:	Planta M4		
LOTE:			
FECHA DE ELABORACIÓN:			
FECHA DE VENCIMIENTO:			
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/03/11		
HORA DE RECEPCIÓN:	12:42		
FECHA DE ANÁLISIS:	25/03/11		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS			
A LA SECRETARIA:	28/03/11		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	ACTION OF THE PROPERTY OF T		
COLOR:	Característico		
OLOR:	Característico		
ESTADO:	Sólido		
Contenido encontrado: 250 g	Contenido declarado: 250 g		
OBSERVACIONES:			
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la	a muestra entregada por el cliente al OSP		
MUESTREADO POR:	El Cliente		

INFORME

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Nitrógeno Total	%	0.95	MAL-04 39.1.19 Método Oficial AOAC 981.10

Dra. Sandra Morales JEFA ÁREA DE ALIMENTOS





INF-LAB-AL-17048 ORDEN DE TRABAJO No 30958

SOLICITADO POR:	Alex Reyes		
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Cayambe		
MUESTRA DE:	Alimento		
DESCRIPCIÓN:	Planta M5		
LOTE:			
FECHA DE ELABORACIÓN:	*******		
FECHA DE VENCIMIENTO:			
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/03/11		
HORA DE RECEPCIÓN:	12:42		
FECHA DE ANÁLISIS:	25/03/11		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	Extension of the course,		
A LA SECRETARIA:	28/03/11		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	The state of the s		
COLOR:	Característico		
OLOR:	Característico		
ESTADO:	Sólido		
Contenido encontrado: 250 g	contrado: 250 g Contenido declarado: 250 g		
OBSERVACIONES:	Name of the state		
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la	muestra entregada por el cliente al OSP.		
MUESTREADO POR:	El Cliente		

INFORMI

PARÁMETROS	UNID	AD RESULTA	DO	METODO
Nitrógeno Total	%	1.22	39.1.19 N	MAL-04 Método Oficial AOAC 981.10

Dra. Sandra Morales
JEFA ÁREA DE ALIMENTOS

RAL- 4.1-04

Dirección:

Web:





INF-LAB-AL-17049 ORDEN DE TRABAJO No 30958

SOLICITADO POR:	Alex Reyes		
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Cayambe		
MUESTRA DE:	Alimento		
DESCRIPCIÓN:	Planta M6		
LOTE:			
FECHA DE ELABORACIÓN:			
FECHA DE VENCIMIENTO:			
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/03/11		
HORA DE RECEPCIÓN:	12:42		
FECHA DE ANÁLISIS:	25/03/11		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	Manager and Manager		
A LA SECRETARIA:	28/03/11		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	A DESTRUCTION OF THE PROPERTY		
COLOR:	Característico		
OLOR:	Característico		
ESTADO:	Sólido		
Contenido encontrado: 250 g Contenido declarado: 250 g			
OBSERVACIONES:			
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la	muestra entregada por el cliente al OSP.		
MUESTREADO POR:	El Cliente		

INFORME

PARÁMETROS		UNIDAD	RESULTADO	METODO
Nitrógeno Total	Para de la composition della c	%	1.48	MAL-04 39.1.19 Método Oficial AOAC 981.10

Dra. Sandra Morales

JEFA ÁREA DE ALIMENTOS