



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
NORDESTE

Facultad de Ciencias Agrarias



Trabajo Final de Graduación

Modalidad PASANTÍA

**Entrenamiento en la metodología de
evaluación de actividad biológica del
suelo bajo diferentes tratamientos**

Pasante

Herrera Chacón, Elías Andrés

Asesor

Ing. Agr. Romero, Amalia M.E.

Año 2019

Introducción

Los microorganismos pueden ser agrupados de acuerdo a su relación funcional o su relación taxonómica. Funcionalmente, son categorizados de acuerdo a la manera principal por el cual obtienen carbono y energía para su metabolismo, encontrando microorganismos quimioheterótrofos, quimioautótrofos, fotoautótrofos y fotoheterótrofos (Metting, 1992).

Sin detenernos en el estudio de grupos particulares de organismos de un ecosistema dado, muchas veces interesa conocer globalmente su actividad mediante el empleo de técnicas que evalúan la micropoblación en su conjunto y que son empleadas para informar rápidamente sobre la potencialidad biológica de los ambientes. Este es el caso de la actividad respiratoria en el suelo, la cual está correlacionada con el contenido de materia orgánica, humedad y prácticas de manejo antrópicas (Frioni, 2011). Cuando los residuos vegetales son incorporados al suelo, varios compuestos orgánicos se descomponen, y todo ese material muerto junto a la materia orgánica modificada van afectando las propiedades del suelo, incrementando la agregación del suelo y la estabilidad de los agregados; aumenta la capacidad de intercambio catiónico y aportando nitrógeno, fósforo y otros nutrientes. El aporte de materia orgánica es fundamental para la actividad global del suelo, la descomposición del material orgánico tiene como funciones para los microorganismos proveer de energía y carbono para el material celular (Singh et al., 2010; Safari et al., 2005). En particular, la respiración metabólica de la comunidad de organismos asociados a los residuos orgánicos es el proceso que libera el carbono hacia la atmósfera en forma de dióxido de carbono (CO_2). De esta manera la respiración heterotrófica contribuye a la descomposición, y ya que los microorganismos respiran continuamente, esto hace que la tasa de respiración sea un índice confiable de la tasa de crecimiento de la población presente. A su vez la tasa de descomposición y liberación de los nutrientes en el suelo estará determinada por la calidad de la materia orgánica, para el material vegetal es definida por los constituyentes orgánicos y los contenidos de nutrientes, principalmente la calidad del carbono que depende de las proporciones del carbono soluble, la celulosa y la lignina entre otros (Guerrero Ortiz et al., 2012).

Considerando también que gran parte de la vegetación que pasa a formar parte del suelo es celulolítica, la descomposición de este carbohidrato tiene una importancia muy especial en el ciclo biológico del carbono y la dinámica de los nutrientes tanto para los microorganismos como para el suelo y las plantas (Alexander, 1980).

Las propiedades biológicas del suelo son muy dinámicas por lo que tienen la ventaja de servir de señales tempranas de degradación o de mejoría del suelo. Además, dan rápida respuesta a los cambios en el manejo del suelo, son sensibles al estrés ambiental y fácil de medir. Así, los parámetros biológicos aportan información relacionada con la actividad metabólica que existe en el suelo, pues son los que mantienen una mayor sensibilidad frente a los procesos no deseables como la contaminación o el manejo inadecuado del mismo (Navarrete Segueda et al., 2011).

En algunos sistemas productivos, como el cultivo de arroz, es común una gran acumulación de rastrojo sobre el suelo sin manejo alguno, lo que plantea problemas al momento de la siembra poniendo en riesgo la productividad; esto trae como consecuencia que el productor al no encontrar alternativas usa el fuego para eliminar el rastrojo. Sumando además que las pajas de cereales son los más difíciles de manejar por su abundancia y deficiente relación C/N (Crovetto, 2002). La mayoría de los experimentos conducidos en países productores de arroz indica que la aplicación de fertilizantes inorgánicos u orgánicos juega un rol predominante en el incremento del rendimiento del arroz y en la eficiencia de las prácticas agronómicas (Roger y Kulsooriya, 1980), principalmente el rol del aporte de nitrógeno, elemento esencial para el crecimiento del cultivo y para la degradación de su rastrojo en el lapso de descanso entre ciclos de los cultivos.

Dada toda esta información, el interés de esta pasantía radica en adquirir experiencia en la evaluación de la actividad biológica del suelo y su análisis respecto a cómo las prácticas agronómicas pueden modificar esa actividad y volver un sistema productivo más eficiente y sustentable.

Objetivos

- Adquirir experiencia en la metodología de evaluación de la actividad biológica del suelo, a partir de muestras tomadas en un ensayo a campo.
- Realizar un análisis a partir de los parámetros medidos y detectar la influencia de prácticas de manejo sobre la actividad biológica del suelo, integrando los conocimientos adquiridos en la carrera.
- Aprender a generar conclusiones a partir de un gran número de datos.

Desarrollo

La pasantía se llevó a cabo en la Cátedra de Microbiología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias, ciudad de Corrientes. Durante el transcurso de la misma se trabajó en la determinación de la Actividad Biológica del Suelo a partir de muestras (de suelo y rastrojo) provenientes de sitios con cultivos de arroz ubicados en dos localidades diferentes, San Joaquín, provincia de Santa Fe; e Ita Cabó-Mercedes, provincia de Corrientes. En dichos ensayos, la empresa arrocera se encuentra evaluando el efecto del rastrojo remanente del cultivo al momento de la fertilización y siembra del arroz.

El muestreo se realizó al momento de cosecha del cultivo de arroz durante la campaña 2018-2019. La variedad de arroz sembrada fue SCS121CL, de ciclo largo (130-145 días).

Ambos ensayos constaron de 9 tratamientos resultado de la combinación de dos factores (nivel de rastrojo y dosis de fertilizante), con 3 repeticiones por tratamiento (tabla 1), difiriendo los niveles de rastrojo entre los dos ambientes evaluados:

✓ San Joaquín-Santa Fe (SJ)

*Tres niveles de rastrojo agregado:

- Sin rastrojo;
- 2500 Kg.ha⁻¹;
- 5000 Kg.ha⁻¹.

*Tres niveles de Urea:

- 120 Kg.ha⁻¹.
- 160 Kg.ha⁻¹.
- 200 Kg.ha⁻¹.

✓ **Ita Caabó-Mercedes Corrientes (IC)**

*Tres niveles de rastrojo agregado:

- Sin rastrojo;
- 4000 Kg.ha⁻¹;
- 8000 Kg.ha⁻¹.

*Tres niveles de Urea.

- 120 Kg.ha⁻¹.
- 160 Kg.ha⁻¹.
- 200 Kg.ha⁻¹.

Ambos ensayos contaron de 27 parcelas o unidades experimentales. Es importante considerar que el volumen de rastrojo presente en Ita Cabo en su valor máximo (8 tn.ha⁻¹) es un valor sobredimensionado de lo que ocurre generalmente en el cultivo.

Tabla 1. Distribución de los tratamientos.

SITIO	NIVEL DE RASTROJO	NIVEL DE FERTILIZACIÓN	TRATAMIENTOS
SJ	0Tn/Ha	120 kg/ha	SJ 0/120
SJ	0Tn/Ha	160 kg/ha	SJ 0/160
SJ	0Tn/Ha	200 kg/ha	SJ 0/200
SJ	2.5 Tn/Ha	120 kg/ha	SJ 2.5/120
SJ	2.5 Tn/Ha	160 kg/ha	SJ 2.5/160
SJ	2.5 Tn/Ha	200 kg/ha	SJ 2.5/200
SJ	5 Tn/Ha	120 kg/ha	SJ 5/120
SJ	5 Tn/Ha	160 kg/ha	SJ 5/160
SJ	5 Tn/Ha	200 kg/ha	SJ 5/200
IC	0Tn/Ha	120 kg/ha	IC 0/120
IC	0Tn/Ha	160 kg/ha	IC 0/160
IC	0Tn/Ha	200 kg/ha	IC 0/200
IC	4Tn/Ha	120 kg/ha	IC 4/120
IC	4Tn/Ha	160 kg/ha	IC 4/160
IC	4Tn/Ha	200 kg/ha	IC 4/200
IC	8Tn/Ha	120 kg/ha	IC 8/120
IC	8Tn/Ha	160 kg/ha	IC 8/160
IC	8Tn/Ha	200 kg/ha	IC 8/200

SJ-San Joaquín; IC-Ita Cabo

Acondicionamiento de las muestras

Las muestras fueron recibidas y acondicionadas para este trabajo en la cátedra de Microbiología Agrícola de la siguiente manera:

- Secado: fueron secadas al aire y a la sombra para luego continuar con su acondicionamiento (Figura 1).
- Cuarteo: una vez que las muestras se encontraban secas se colocaron en diarios y se dividió cada una en cuatro partes y una de estas se utilizó para realizar el paso siguiente (suelo rizosférico), y el resto se guardó.
- Molienda: con ayuda de una botella de vidrio cargada con arena se procedió a moler los agregados de mayor tamaño (Figura 1).
- Tamizado: una vez molido, el suelo se pasó por un tamiz de 2 mm de tamaño homogeneizando el tamaño de la muestra para las posteriores determinaciones (Figura 1).
- Fraccionamiento y rotulado (Figura 2): una vez que el suelo ya se encontraba tamizado, se fraccionaron las muestras en bolsitas, de acuerdo a la cantidad requerida para cada una de las técnicas de actividad biológica. Además una porción de la muestra fue enviada a laboratorio para su análisis físico-químico (tablas 2, 3 y 4).

Tabla 2. Resumen del total de muestras trabajadas

Acondicionamiento	Número total de muestras trabajadas
Secado*	54
Molido*	54
Tamizado	
Fraccionado	

*Las muestras llegaron muy compactas, lo que dificultó el secado y molido de las mismas, dedicando gran tiempo a estas tareas.

Entrenamiento en la evaluación de actividad biológica del suelo



Figura 1. Tareas en el acondicionamiento de las muestras a-secado al aire de las muestras; b-molido del suelo; c- tamizado del suelo; d-muestra tamizada en bolsa para ser guardada.



Figura 2. Fraccionamiento de las muestras para las posteriores determinaciones. a- pesado de las muestras en balanza digital de precisión; b- etiquetado de las bolsas de fraccionamiento; c-muestras fraccionadas para las determinaciones

Tabla 3. Análisis físico-químico de las muestras de suelo de San Joaquín*.

Sitio	Tratamientos	pH	CE	C.O	N-Total
			dS.m-1	%	%
SJ	SJ 0/120	6,4	0,23	2,15	0,14
SJ	SJ 0/160	6,5	0,78	2,15	0,15
SJ	SJ 0/200	6,3	0,43	2,49	0,15
SJ	SJ 2.5/120	6,3	0,55	2,63	0,17
SJ	SJ 2.5/160	6,2	0,36	2,88	0,18
SJ	SJ 2.5/200	6,5	0,37	2,49	0,15
SJ	SJ 5/120	6,6	0,46	2,58	0,15
SJ	SJ 5/160	6,3	0,37	2,63	0,15
SJ	SJ 5/200	6,6	0,5	2,54	0,13

*Análisis realizado en el Instituto Agrotécnico Pedro M. Fuentes Godo FCA-UNNE. CE-conductividad eléctrica; CO-carbono orgánico; N-nitrógeno

Tabla 4. Análisis físico-químico de las muestras de suelo de Ita Cabó*

Sitio	Tratamientos	pH	CE	C.O	N-total
			dS.m-1	%	%
IC	IC 0/120	5,9	0,17	2,88	0,17
IC	IC 0/160	5,8	0,17	2,63	0,19
IC	IC 0/200	5,8	0,16	2,39	0,16
IC	IC 4/120	5,6	0,17	3,02	0,2
IC	IC 4/160	5,7	0,17	2,78	0,18
IC	IC 4/200	5,6	0,17	2,88	0,2
IC	IC 8/120	5,7	0,16	2,63	0,17
IC	IC 8/160	5,8	0,14	2,63	0,17
IC	IC 8/200	5,7	0,17	2,63	0,18

*Análisis realizado en el Instituto Agrotécnico Pedro M. Fuentes Godo FCA-UNNE. CE-conductividad eléctrica; CO-carbono orgánico; N-nitrógeno

Determinación de Actividad Biológica global:

La actividad biológica global puede ser medida in situ en las condiciones reales e imperantes al momento de realizarla o en laboratorio en condiciones potenciales de incubación. Al realizarse en laboratorio, la actividad medida es

la actividad microbiana presente en el suelo; ya que in situ se tiene además respiración de raíces e insectos.

A partir de las muestras obtenidas se realizaron determinaciones en laboratorio midiendo el desprendimiento de CO₂ (Frioni, 2011; con modificaciones realizadas por la cátedra). Para ello se realizaron incubaciones aeróbicas, donde una porción de suelo (30g) fue humedecida y colocada en una bolsita de polietileno permeable a los gases. El humedecimiento se realizó con cuidado, gota a gota para que el contenido de humedad no sea excesivo y genere condiciones anaeróbicas, alejándolas de la situación buscada (Figura 3).

Estas bolsas con suelo, posteriormente se introdujeron en un frasco de cierre hermético que contenía hidróxido de sodio (NaOH) 0,5 N para capturar el CO₂ liberado (Figura 4). Luego se incubaron las muestras en estufa a 28-30 °C por siete días. Al cabo de una semana se tituló el hidróxido con ácido clorhídrico (HCL) 0,5 N (Figura 5). Para ello se tomó una alícuota de 10 ml, a la cual se le agregaron 2 gotas de fenolftaleína y 2 gotas de cloruro de bario (Imagen 3 a y b) para permitir observar el viraje de color al momento de neutralización del hidróxido.

El volumen de HCl utilizado nos indica la cantidad de NaOH que no se combinó con el CO₂ dentro del frasco. Con dicho valor del ácido en ambas titulaciones se realiza un promedio, y este valor se utiliza para el cálculo de los mg de CO₂ producidos (Frioni, 2011), utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{(B-M) * (0,5) * (22) * (40) * 100 \text{ g de suelo}}{(10) * (30)}$$

B: blanco

M: muestra

0,5: Normalidad del HCl

22: factor de conversión entre ml de HCl y mg de CO₂

40: mL de hidróxido en el frasco

10: mL alícuota titulada

30: peso de la muestra colocada en la bolsita



Figura 3. Preparación de la determinación de actividad biológica global.a-muestra de suelo humedecida; b-muestras de suelos en los frascos con NaOH y se puede ver además el blanco con frasco sin muestra de suelo; c-llenado de los frascos con NaOH; d-muestra del frasco con suelo e hidróxido; e-Incubación de los frascos en estufa.



Figura 4. Frascos de incubación para la actividad biológica global.



Figura 5. Titulación de las muestras a-Separación de una alícuota del NaOH del frasco y aplicación de la fenolftaleína; b-titulación con el HCl; c-viraje de rosado-fucsia a incoloro

Resultados

- Sitio Ita Cabó

En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos para la actividad respiratoria en las muestras pertenecientes a la localidad de Ita Cabó. Puede observarse que la mayor actividad se encuentra en el tratamiento sin rastrojo

con 120 kg N.ha⁻¹, los tratamientos con el menor nivel de este nutriente son los que presentan la mayor actividad respiratoria.

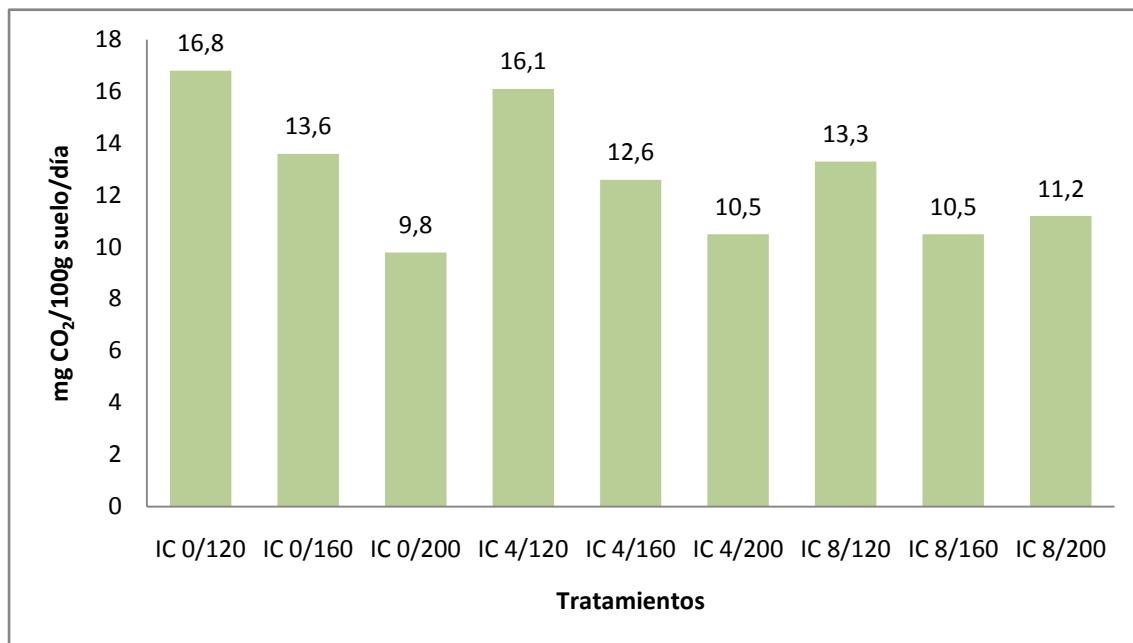


Figura 6. Promedios obtenidos de la actividad biológica global del sitio Ita Cabo.

En la figura 7 los datos son graficados de acuerdo a los promedios obtenidos según los niveles de fertilización con nitrógeno. Se puede observar que con 120kg de N.ha⁻¹, hubo una mayor actividad biológica, con respecto a los demás lotes. Siendo la tendencia de los tratamientos para el resultado obtenido 120>160>200.

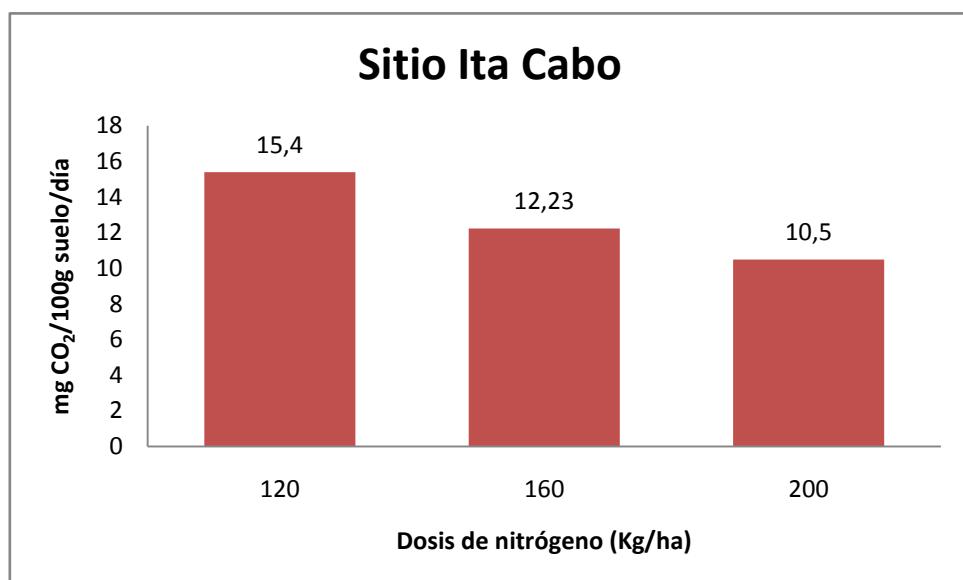


Figura 7: promedios obtenidos para la actividad biológica global según los niveles de Nitrógeno aportados al inicio del ensayo para el sitio Ita Cabo.

Cuando se promedian los resultados por el nivel de rastrojo aportado al inicio del ensayo (figura 8), la actividad biológica global no presenta una gran variabilidad, mostrando valores similares en un rango de 11 a 14 mgCO₂.100g suelo⁻¹.

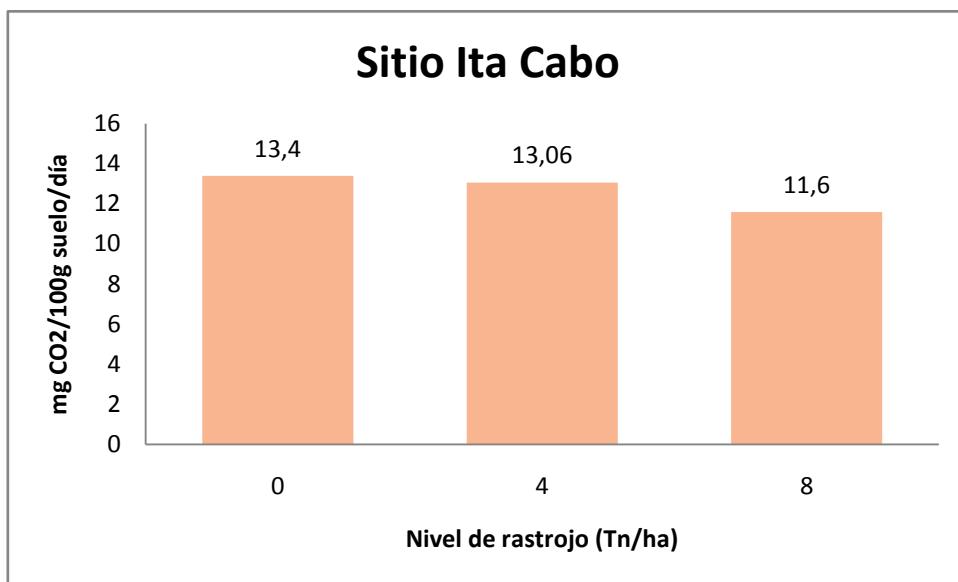


Figura 8 promedios obtenidos para la actividad biológica global según los niveles de rastrojo aportados al inicio del ensayo para el sitio Ita Cabó.

Podría esperarse que los niveles más altos de nitrógeno favorezcan una mayor actividad microbiana, sin embargo este nutriente fue colocado al inicio del ensayo y el muestreo fue al final, donde el cultivo de arroz pudo consumir gran parte del mismo y otra parte perderse. La menor dosis de nitrógeno pudo generar para los dos niveles de aporte de rastrojo una menor degradación durante el ciclo, teniendo mayor reserva al final, dando un incremento en la actividad por ese material remanente.

- **Sitio San Joaquín**

En la figura 9, se muestran los resultados para la actividad respiratoria de las parcelas ubicadas en San Joaquín. La mayor actividad se encuentra en el tratamiento con la combinación de 160 kg N.Ha⁻¹ con 2,5Tn de rastrojo seguido por el tratamiento con 120 kg N.Ha⁻¹ con la misma cantidad de rastrojo, ambos presentaron los valores más altos en carbono orgánico, siendo el tratamiento de 2,5/120 tres veces mayor a los demás en el contenido del mismo. La mínima actividad se dio en los tratamientos sin rastrojo con 120 y 160 kg N.Ha⁻¹.

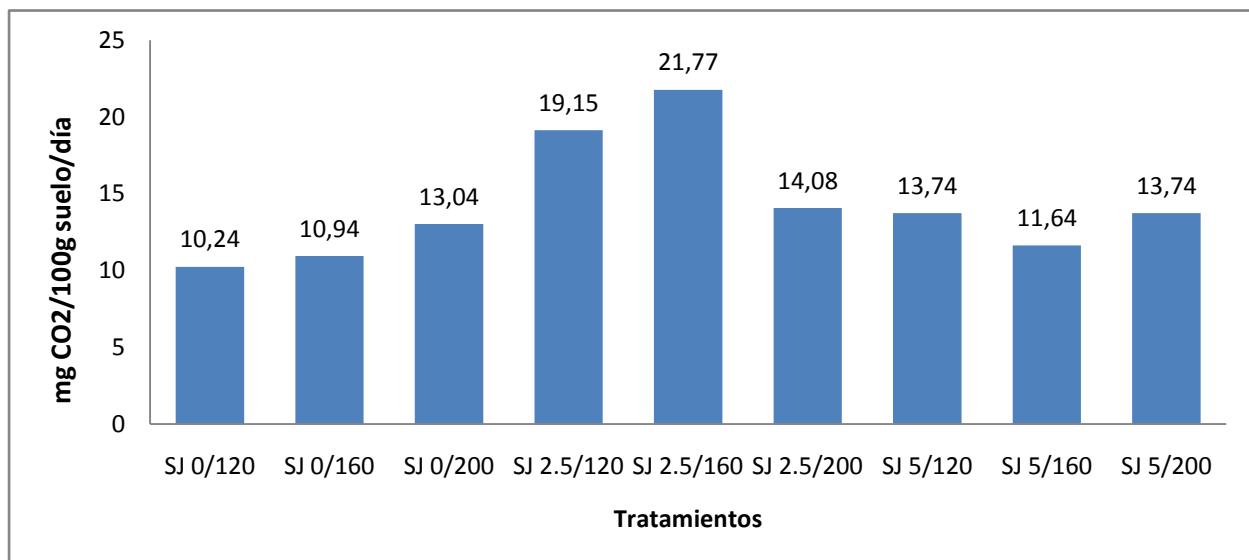


Figura 9. Promedios obtenidos de la actividad biológica global del sitio San Joaquín.

Si los datos se analizan desde los promedios por nivel de nitrógeno aportado al inicio (figura 10) los valores obtenidos resultan muy similares entre ellos, no marcando tendencia dentro de los tratamientos, diferente a lo ocurrido con el sitio Ita Cabó. Sin embargo, al graficar según el nivel de rastrojo (figura 11) la actividad respiratoria presenta mayor diferencia, con el lote de 2,5 Tn de rastrojo más activo respecto a los restantes tratamientos, con una tendencia $2,5 > 5 > 0$; según el análisis de suelo (Tabla 3) los niveles de nitrógeno presente al momento del muestreo fueron levemente superiores para los que contenían 2,5 tn de rastrojo, aunque es una leve diferencia, pudo haber generado una mejor relación con el carbono presente con mayor actividad microbiana.

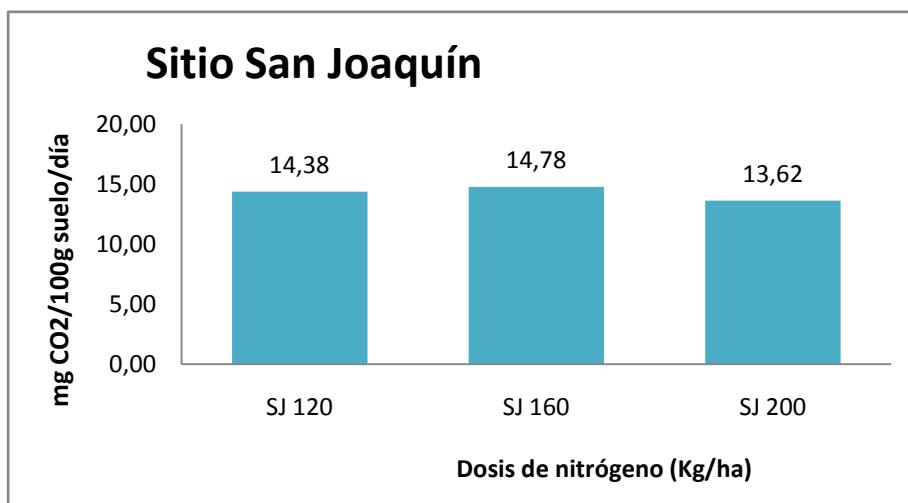


Figura 10: Promedios obtenidos para la actividad biológica global según los niveles de nitrógeno aportados al inicio del ensayo para el sitio San Joaquín.

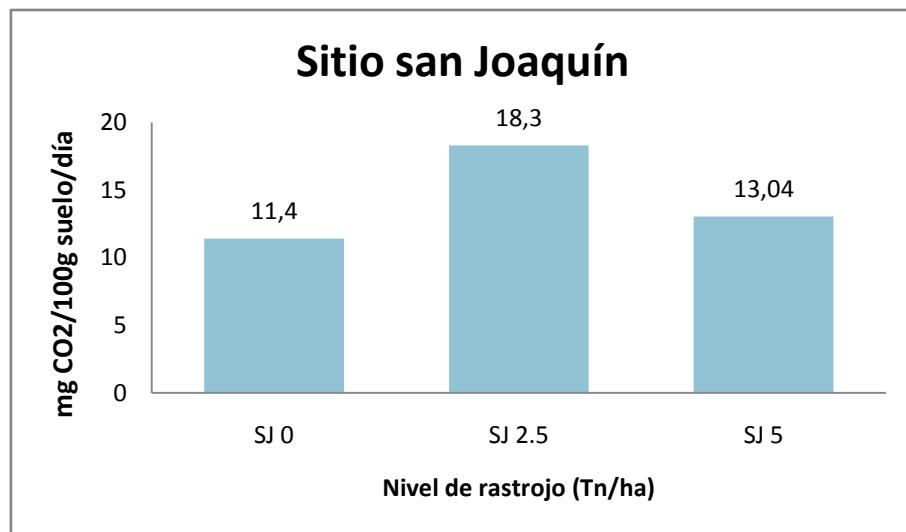


Figura 11: promedios obtenidos para la actividad biológica global según los niveles de rastrojo aportados al inicio del ensayo para el sitio San Joaquín.

Al contrario de lo ocurrido en el sitio Ita Cabó, donde la mayor diferencia entre los tratamientos se encontró con los niveles de nitrógeno al inicio del cultivo; en San Joaquín, el aporte de rastrojo fue el que aportó mayor diferencias entre los tratamientos. Las condiciones generales del lugar pueden tener influencia sobre estas diferencias entre sitios, en Ita Cabó el nivel de rastrojo tan abundante hizo que no sea el que marque más diferencias entre los mismos, respecto a los aportes de nitrógeno. Los niveles de CO₂ producidos entre ambos sitios fueron más altos para la localidad de San Joaquín, el nivel de rastrojo puede representar esta diferencia al identificar la actividad al aumentar la relación entre el carbono y el nitrógeno, o también puede considerarse la posibilidad de una diferente diversidad microbiana, con pH más bajos en los sitios de Ita Cabó predominar poblaciones de hongos frente al de bacterias, y estos según Frioni (2011) son considerados más eficientes en la conversión a carbono celular liberando menos CO₂ al sistema.

Determinación de la Degradación de Celulosa:

La mineralización del carbono y la descomposición de residuos son características fundamentales del ciclo de nutrientes. El carbono orgánico de los residuos vegetales es la fuente principal de energía para el crecimiento

celular y metabolismo del suelo (Coyne, 2001). La importancia agronómica del estudio de la descomposición de la celulosa o “celulólisis” radica en que los rastrojos o residuos de las cosechas, así como los excedentes de los pastoreos, constituyen el principal aporte que puede efectuar el productor para mantener el nivel de materia orgánica y humus del suelo (Landaburu, 1982; Alexander, 1980).

Los factores más importantes que afectan este proceso son el nivel de nitrógeno disponible afectando a la relación C/N favoreciendo o no la degradación según se encuentre por encima o debajo de lo ideal, la temperatura, aireación, humedad, pH y la presencia de otros carbohidratos en los restos orgánicos. La microflora específica puede ser aerobia o anaerobia, de modo que el nivel hídrico de los suelos también condicionará la actividad de cada uno de estos grupos (Frioni, 2011).

La medición de la degradación de este compuesto puede realizarse *in situ*, mediante el uso de redes con material celulósico a degradar o en laboratorio con una muestra de suelo húmeda y una fuente de celulosa.

Para evaluar la degradación en laboratorio, se colocó 30 g de la muestra de suelo en una placa de Petri y posteriormente se la niveló con la ayuda de una cuchara (Figura 12). Cada una de las cajas fue previamente desinfectada con alcohol y rotuladas. Luego se determinó masa seca, para después ser humedecido con agua, en donde cada muestra fue pasando de un color claro a uno más oscuro hasta que se encontraban con la humedad necesaria para que se dé el proceso en condiciones de aerobiosis. La cantidad de agua agregada dependió de las características de cada muestra. Posteriormente se colocaron pequeñas fuentes de celulosa (50 discos de papel de filtro) en forma ordenada para que posibilite su posterior conteo (Figura 13). Las placas de Petri fueron incubadas en estufa a 28 °C y semanalmente durante 28 días se determinó el porcentaje de degradación total de los discos de celulosa (Quant Bermudez y Bakos, 1984).



Figura 12. Preparación para la determinación de la actividad celulolítica. a- Humedecimiento del suelo; b- placas con suelo húmedo listas para colocar la fuente de celulosa; c y d- colocación de los microdiscos de papel

En cada uno de los controles se determinó el nivel de degradación de los discos de celulosa, expresado en porcentaje, a partir de la siguiente escala:

- ✓ Sin atacar: no se observa ningún crecimiento ni mancha que caracterice ataque microbiano.
- ✓ Parcialmente atacados: en este caso, los discos pierden un poco de consistencia. Se observan manchas de diferentes colores como así también crecimiento de hifas y gotas transparentes de consistencia mucilaginosa sobre los discos. Esto se puede observar en la (Figura 13 y 14)

- ✓ Totalmente degradados: en esta situación los discos ya perdían totalmente su consistencia, lo cual se apreciaba al levantar el disco con la ayuda de algún elemento, como ser una pinza histológica, y el mismo quedaba adherido al suelo o directamente el disco desaparecía (Figura 15)



Figura 13. Presencia de micelio sobre los microdiscos de papel.



Figura 14. Presencia de manchas rojizas y esporulaciones verdosas en los bordes de los discos.



Figura 15. Discos totalmente degradados, desaparecidos, y discos transparentes que al ser levantados con pinza se rompen.

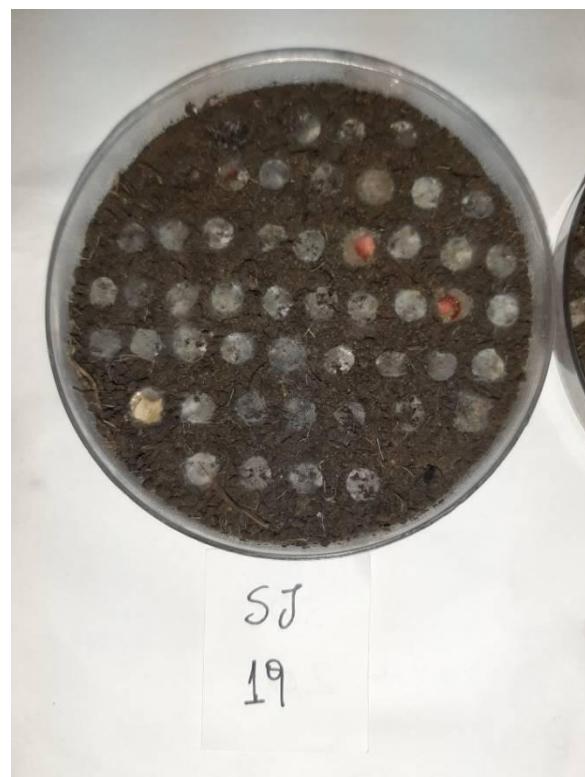


Figura 16. Discos transparentes que ya no pueden ser separados del suelo.

En el caso de los discos parcialmente atacados, también se realizó una descripción del crecimiento de los microorganismos, en este caso de los celulolíticos, los cuales son manifestaciones de ataque o actividad microbiana. Esta descripción consistió en detallar los colores que fueron apa reciendo semana a semana o si existió formación de micelios (Figura 17 a y b, 18).

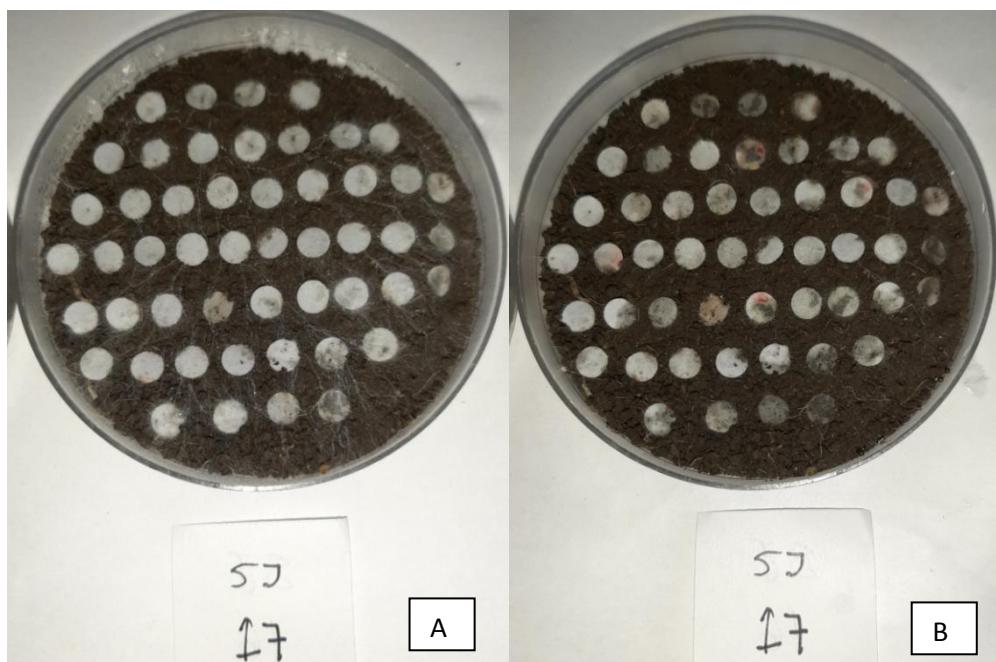


Figura 17. A- muestra perteneciente a San Joaquín con microdiscos a los 14 días de observación con presencia de micelio. B- Misma muestra que en la imagen A, a los 21 días de observación, con discos total y parcialmente degradados.



Figura 18. Muestra al finalizar la determinación, 28 días de incubación.

Al realizar los controles semanales también se controlaba la humedad del suelo para reponer de ser necesario. Si se pierde dicha humedad se puede frenar la actividad celulolítica. Para registrar el porcentaje que pertenece a cada grado cuando se realizan las lecturas de las cajas de Petri, se consideró que cada disco representa un 2%. Además se registró el porcentaje de manifestaciones en los discos (micelios, mucilago, manchas y sus coloraciones, entre otros). Los datos se colocaron en una planilla de campo, la cual tenía las características que se detallan en la tabla 5. Por ejemplo a los 14 días de su incubación, las muestras (0/120, 0/160, 0/200), las cuales corresponden a la superficie, se registraron en la planilla de campo los siguientes datos:

Tabla 5. Modelo de toma de datos

Muestra Nº	Fecha Inicio	7 Días			14 Días			28 Días			Fin Días	Obs. Varias
		S/D	P/D	T/D	S/D	P/D	T/D	S/D	P/D	T/D		
SJ 17 2.5/200	17/07	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	54%	46%		
SJ 8 0/200	17/07	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	74%	26%		
SJ 2 0/120	17/07	2%	98%	0%	0%	100%	0%	0%	78%	22%		

Resultados

Con los datos de los controles (14 y 28 días) se realizaron gráficos, expresando el porcentaje de degradación, además de graficarlos según los niveles de rastrojo y nitrógeno en promedio.

- **Sitio Ita Cabó**

En la degradación a los 14 días (figura 19), se observó que los lotes que no presentaban rastrojo, tuvieron una mayor actividad celulolítica en la parcela con menor dosis de nitrógeno, en los lotes con 4 toneladas de rastrojo, sucedió lo contrario, ya que la mayor dosis de nitrógeno, superó la actividad celulolítica respecto a las demás parcelas. Por último, los lotes con 8 toneladas de rastrojo, presentaron mayor variabilidad entre las diferentes dosis de nitrógeno,

con nula degradación para la dosis más baja de nitrógeno y las parcelas con dosis intermedia de 160kg de N.ha⁻¹ se comportaron más activas con el mayor porcentaje de degradación inicial (10.66%) a las dos semanas.

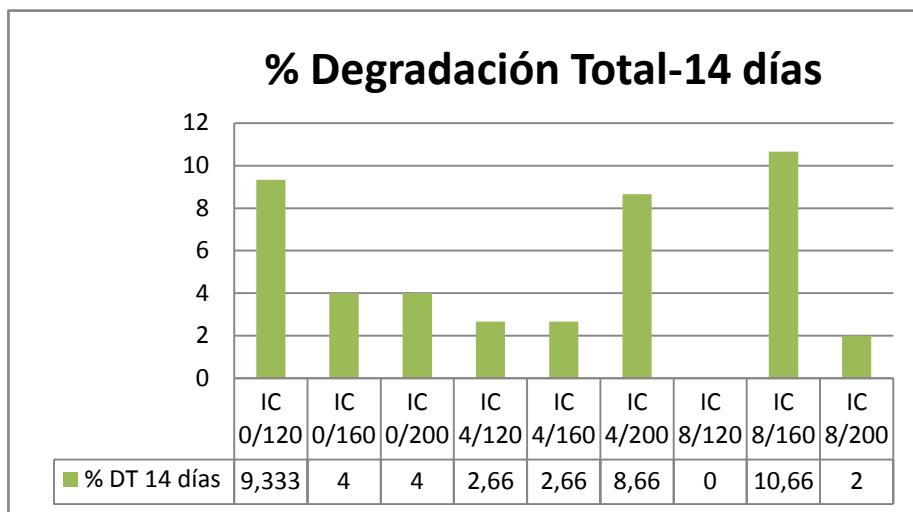


Figura 19. Promedios de la degradación celulolítica para todos los tratamientos a los 14 días en el sitio Ita Cabó.

La degradación a los 28 días (figura 20) no siguió la tendencia que tenía a los 14 días de evaluación. En los lotes sin rastrojo, la dosis intermedia de nitrógeno fue la que mostró mayor degradación; en cambio, con presencia de rastrojo los valores mínimos los obtuvo la dosis intermedia de nitrógeno. Entre 4 y 8 toneladas, esta última es la que presentó mayores valores de degradación. Los porcentajes de degradación en general son bajos, su mayoría menor al 40%.

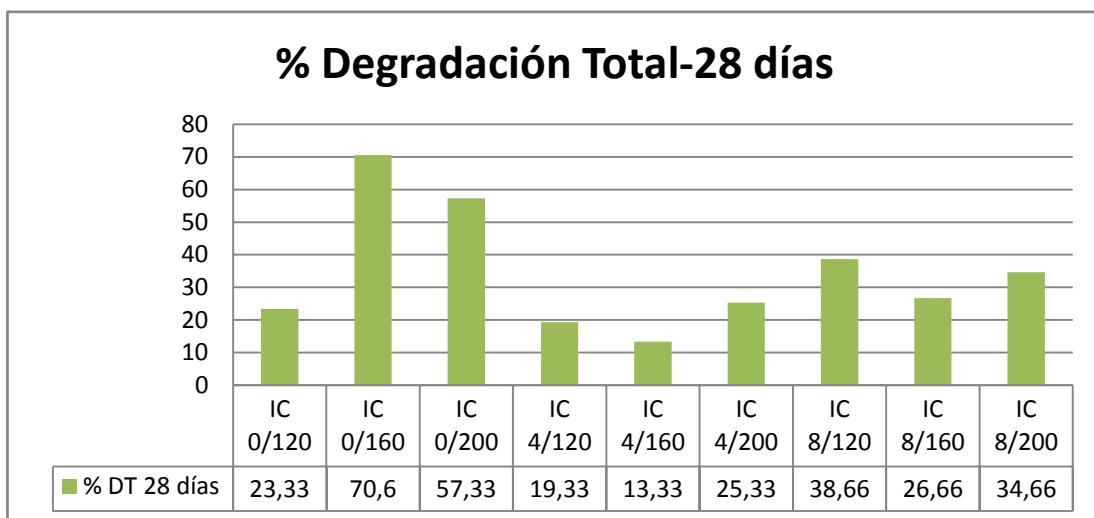


Figura 20. Promedios de la degradación celulolítica para todos los tratamientos a los 28 días en el sitio Ita Cabó.

En la figura 21 se puede observar una tendencia de 120<160<200 en los porcentajes de degradación respecto a los niveles de nitrógeno. Comparado a lo dado en actividad biológica, la cual fue inversa a esta tendencia, posiblemente el incremento en la actividad de nitrificantes haya generado una mineralización del nitrógeno presente favoreciendo la degradación de material celulósico.

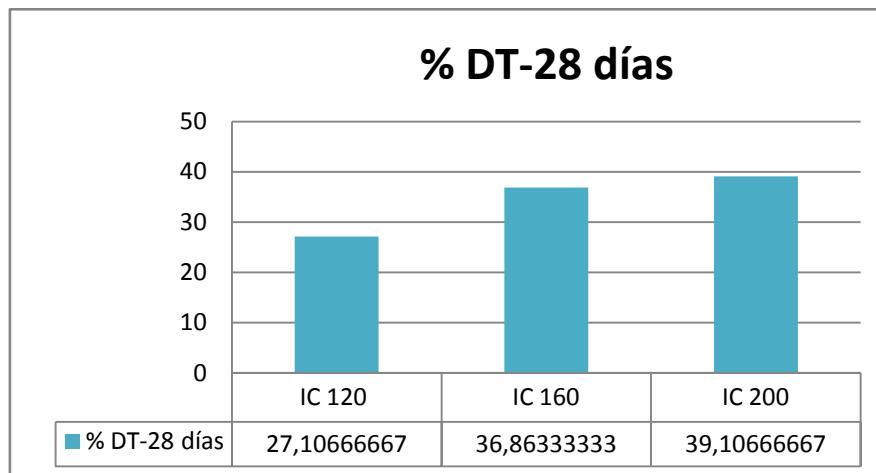


Figura 21. Promedios del porcentaje de degradación respecto a los niveles de nitrógeno para el sitio Ita Cabó.

Al analizar el porcentaje de degradación a los 28 días respecto a los niveles de rastrojo (figura 22), los tratamientos con mayor degradación fueron los lotes sin rastrojo, y el de menor degradación fueron los lotes con nivel intermedio de rastrojo. Posiblemente la ausencia de rastrojo haya generado que el suelo tenga poco carbono disponible y comience a atacar a la fuente de celulosa colocada; teniendo en cuenta según la figura 20, los mayores aportes de nitrógeno en los sitios sin rastrojo presentaron degradaciones más altas.

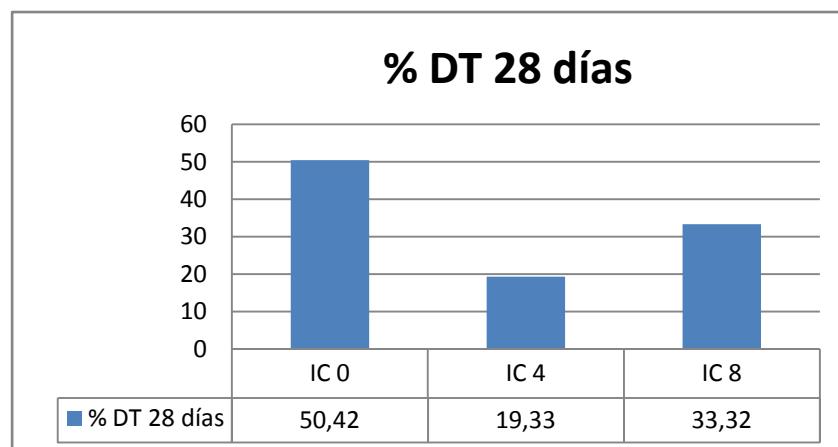


Figura 22. Promedios del porcentaje de degradación respecto a los niveles de rastrojo para el sitio Ita Cabó.

- **Sitio San Joaquín**

A los 14 días (figura 23) los valores de degradación total son bajos, menores al 8%. Las parcelas con ausencia de rastrojo fueron las de mayor variabilidad, desde 0.5 a 8%. Las parcelas con presencia de rastrojo tuvieron comportamiento similar en la degradación siendo levemente superior la parcela 5/200.

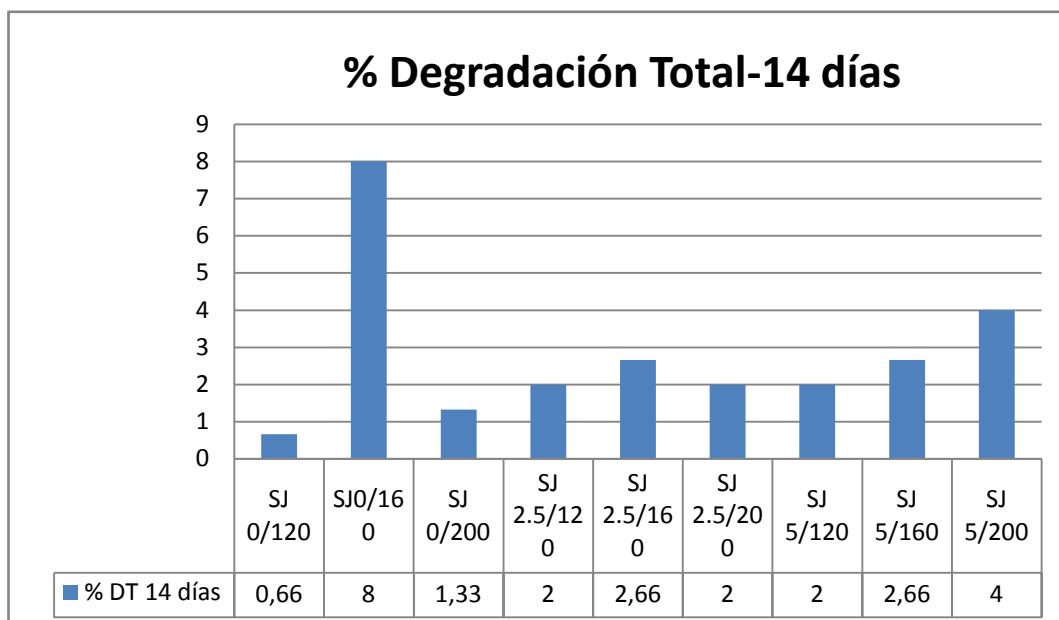


Figura 23. Promedios de la degradación celulolítica para todos los tratamientos a los 14 días en el sitio San Joaquín.

A los 28 días (figura 24) se observa en los tratamientos sin rastrojo una degradación mayor en las dosis superiores de nitrógeno; sin embargo en los tratamientos con presencia de rastrojo, la degradación total fue disminuyendo al incrementarse el nivel de nitrógeno. En ausencia de rastrojo, el nitrógeno no entró en competencia entre los microorganismos y la planta durante el ciclo del cultivo, por lo cual en esta situación sin rastrojo con mayores dosis de nitrógeno las plantas podrían haber tenido un mejor desarrollo aéreo y radical, dando condiciones adecuadas de crecimiento microbiano a nivel de rizósfera, y al iniciar la determinación de celulolíticos esa situación generó una mayor degradación.

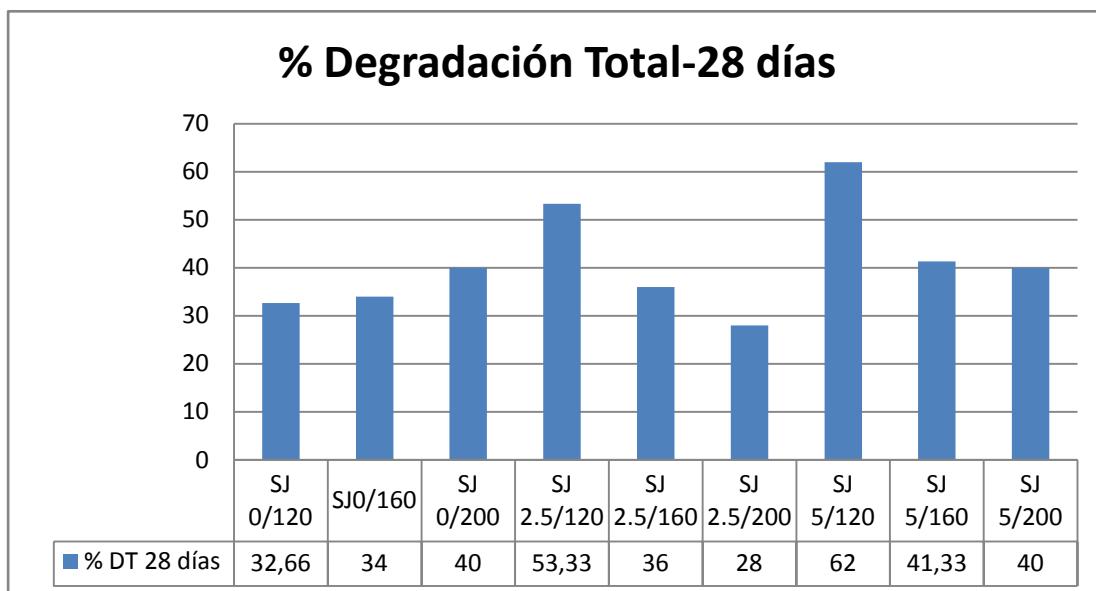


Figura 24. Promedios de la degradación celulolítica para todos los tratamientos a los 14 días en el sitio San Joaquín.

Si los datos se analizan desde los niveles de nitrógeno (figura 25), la tendencia en la mayor degradación es 120>160>200, cuanto más nitrógeno al inicio del ensayo el rastrojo presente durante ese ciclo pudo haberse degradado en mayor cantidad, lo que genera que al momento del muestreo final el suelo contenga más material carbonado simple disponible por lo cual no estén degradando la fuente de celulosa añadida. Al observar los datos desde el nivel de rastrojo (figura 26), el mayor aporte del mismo generó una degradación levemente superior, ese rastrojo degradado durante el ciclo también es aporte de energía para los microorganismos, incrementando su actividad celulolítica al momento de la determinación en laboratorio o también fue mayor el remanente de material de difícil degradación por ejemplo ligado a lignina llevando a los microorganismos a consumir el material celulósico aportado.

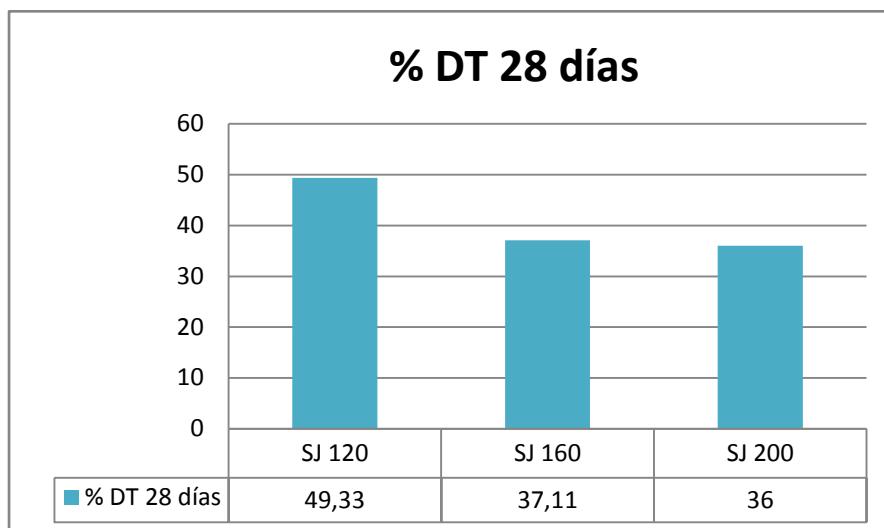


Figura 25. Promedios del porcentaje de degradación respecto a los niveles de nitrógeno para el sitio San Joaquín.

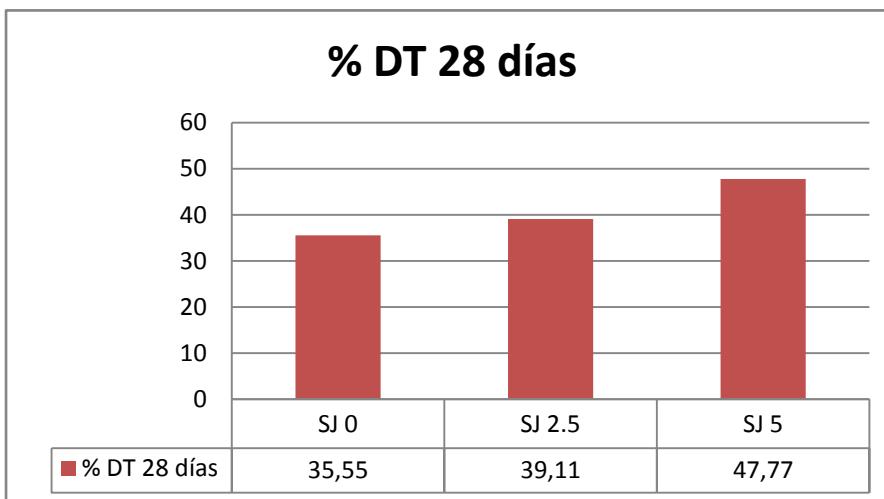


Figura 26. Promedios del porcentaje de degradación respecto a los niveles de rastrojo para el sitio San Joaquín.

Tabla 6. Resumen de las determinaciones realizadas

Determinación	Total de muestras	Tiempo de incubación	Mediciones
Actividad biológica	54	A la semana	7 días
Actividad celulolítica	54	Semanalmente	28 días

Consideraciones generales

Tanto la actividad respiratoria global como la actividad celulolítica tuvieron comportamientos diferentes entre los sitios, es decir que es necesario tener en cuenta las situaciones particulares de cada lugar por la influencia sobre los resultados obtenidos al momento de realizar conclusiones.

Dentro de cada sitio, la actividad biológica reflejó diferencias marcadas según el componente de mayor influencia, siendo para Ita Cabo el nivel de nitrógeno el que más acentuó las diferencias, en cambio para San Joaquín el componente con más influencia fue el nivel de rastrojo presente al inicio del cultivo.

Para la actividad celulolítica tanto Ita Cabo y San Joaquín tuvieron en su mayoría tratamientos con degradaciones menores al 40%. Ambos sitios fueron muy variables en su comportamiento.

Se resalta la necesidad de conocer el estado inicial de los suelos, es decir hacer determinaciones al inicio del ensayo y posiblemente en el tiempo, para que nos permita ver la evolución y hacer un mejor análisis de la situación, como así también la posibilidad de una mayor cantidad de repeticiones y evaluaciones in situ.

Esta pasantía me permitió el entrenamiento en dos de las determinaciones más utilizadas en la actividad microbiana del suelo, como también al acondicionamiento de muestras de suelo para su posterior utilización en las diferentes determinaciones.

También fue muy importante el trabajo en gabinete, en lo que respecta al análisis e interpretación de los datos y la búsqueda de relaciones entre los resultados con las técnicas utilizadas y los conocimientos previos adquiridos.

Así también despertó el interés en la temática, debido a que la degradación de rastrojo de arroz y su manejo es una dificultad en la producción, por lo que haría necesario un enfoque hacia el estudio particular de esa situación tanto en evaluaciones de laboratorio y campo, considerando factores como la relación C/N del suelo, temperatura durante el período de degradación, diversidad microbiana, uso de productos, entre otros.

Bibliografía

- **Alexander M. 1980.** Introduction to soil Microbiology. Segunda edición: AGT editor 491p.
- **Coyne M** – Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio 1999.
- **Crovetto C. C. 2002.** Cero labranza Los rastrojos, la nutrición del suelo y su relación la fertilidad de las plantas. Editorial: Autor – Editor. ISBN 10: 9562914445 / ISBN 13: 9789562914444.
- **Frioni L. 2011.** Microbiología: básica, ambiental y agrícola. 1^a. ed. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. 786 p.
- **Guerrero-Ortiz P.; Quintero-Lizaola R. Espinoza-Hernández V. Benedicto-Valdés G. Sánchez-Colín M. 2012.** Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de lupinus, Terra latinoamericana 2012, 30(4).
- **Guía de Trabajos Prácticos de Microbiología Agrícola** FCA-UNNE, año 2012.
- **Landaburu A. C. 1982.** Descomposición de celulosa en un pastizal Natural de la depresión del salado, Rev. Facultad de Agronomía. 3 (1) 51-55 Buenos Aires.
- **Metting Blaine F. 1992.** Soil Microbial ecology: applications in agricultural and environmental management. Editorial: Autor – Editor.
- **Navarrete Segueda A.; Vela Correa G.; López Blanco J.; Rodríguez Gamiño M. 2011.** Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. Contactos 80, 29–37.
- **Quant Bermudez J. F.; Bakos B. 1984.** Empleo de microdiscos de papel de filtro para la evaluación de la celulólisis en placa de tierra granulada. Pub. Técnica N° 1 Instituto Agrotécnico. F.C.A. UNNE. Resistencia, Chaco.
- **Roger P. A.; Kulasooriya S.A. 1980.** Algas azul verdosas y arroz. Instituto internacional de investigación en arroz.
- **Safari S.; Emtiazi G.; Hajrasuliha S.; Shariatmadari H. 2005.** Biodegradación de residuos agrícolas varios por cultivo sumergido de hongos. African Journal of Biotechnology Vol. 4 (10), 1058-1061.
- **Singh M.; Khanna S.; Prakash N. 2010.** Influencia del aumento en bacterias celulolíticas sobre el carbono orgánico y el fósforo disponible en un suelo franco arenoso bajo cultivo. Journal of Agricultural Science Vol. 2, No. 3.

Opinión del asesor

El alumno Elías A. Herrera Chacón ha cumplido de forma responsable las actividades propuestas en su trabajo final de graduación modalidad pasantía.

La predisposición y su capacidad de aprendizaje en las técnicas aplicadas fue excelente. Hubo situaciones de intercambio, de debate durante las técnicas realizadas y el análisis de los datos que resultaron productivas tanto para él como para mí, aportando al crecimiento en esta función de asesora.

Compartió otras actividades en la cátedra con parte del equipo, con los cuales se relacionó fluidamente y con muy buena predisposición.