



**Universidad Nacional de La Plata**

**Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**

Trabajo final de carrera

**“EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE DOS SISTEMAS PRODUCTIVOS, SOBRE LA CALIDAD DE UN *HAPLUDOL* EN LA REGIÓN CENTRAL DE FORMOSA”**

**Nombre del alumno:** Novella, Cristian Javier

**Legajo:** 23905/2

**DNI:** 29.179.627

**Correo electrónico:** [novellacristian@gmail.com](mailto:novellacristian@gmail.com)

**Teléfono:** 02344-15409601

**Director del trabajo:** Dr. Esteban Baridón

**Co-director del trabajo:** Ing. Agr. Andrea Pellegrini

**Fecha de entrega:** 2017

## INDICE

Resumen	3
1.Introducción	4
2.Materiales y métodos	7
2.1- Área de trabajo	7
2.2-El suelo de estudio	7
2.3- Sistemas Productivos Representativos	8
2.4- Diseño del muestreo	9
2.5- Variables edáficas evaluadas	9
2.6-Análisis estadísticos	10
3-Resultados y discusión	10
3.1- El suelo estudiado	10
3.2- Evaluación de efectos físicos y químicos en el suelo	13
3.2. a- pH superficial	13
3.2.b- Carbono orgánico oxidable	14
3.2.c- Carbono orgánico particulado	15
3.2.d- Estabilidad Estructural	15
3.2.e- Nitrógeno total	16
3.2.f- pH subsuperficial	16
3.2.g- Densidad aparente superficial	17
3.2.h- Densidad aparente subsuperficial	17
3.2.h- Comparación del efecto edáfico de los distintos los SPR	18
4- Conclusiones	18
5- Epílogo	18
Bibliografía	20
Tablas	24
Figuras	36
Fotografías	46

## **-RESUMEN**

En la región fitogeográfica denominada Parque Chaqueño se está produciendo actualmente un cambio de uso en muchos de sus suelos, proceso que ha sido denominado agriculturización por algunos autores. En este trabajo se propone investigar los efectos luego del desmonte y 5 años de uso en dos sistemas de manejo sobre uno de estos suelos, mediante indicadores de calidad de suelos. El suelo estudiado fue un *Hapludol*, ubicado en el centro de la provincia de Formosa sobre el que se identificaron tres sistemas productivos, Monte nativo degradado (M), Agricultura continúa en directa (Ac) y Ganadería (G). Se utilizaron seis posibles indicadores para la el horizonte Ap superficial: pH, Carbono orgánico (COo), Carbono particulado (COp), estabilidad estructural (EE), Nitrógeno total (Nt) y densidad aparente (DA) y subsuperficial (10-20 cm): pH y DA. Las hipótesis fueron: 1- Sistemas agrícolas y ganaderos aplicados en forma continua sobre un *Hapludol* de la región, producen, modificaciones tempranas en la calidad del mismo y pueden ser evidenciadas mediante el uso de indicadores. 2- La agricultura continua, aun con sistemas conservacionistas como el de siembra directa, causa una rápida disminución de la calidad en este suelo. 3- Las pasturas implantadas producen una mejora de la calidad del suelo, en relación al sistema de monte degradado. El uso pastoril resultó mantener la calidad en algunos de los parámetros analizados: COo y EE con respecto al monte nativo. La fracción más lábil del carbono, representada por el carbono particulado resultó superior en el testigo, monte nativo. Este último sistema presentó pH subsuperficiales ligeramente ácidos, mientras que todos los usos produjeron su incremento. La densidad aparente ha aumentado en ambos Ganadería y agricultura con respecto al Monte nativo. Se concluye que los sistemas agrícolas y ganaderos aplicados en forma continua produjeron modificaciones tempranas en la calidad del *Hapludol* estudiado. Las variables pH, COo, COp, EE y Da resultaron indicadores tempranos de la pérdida de calidad del suelo. La agricultura continua en siembra directa produjo el mayor deterioro del sistema edáfico evaluado. Contrariamente a lo esperado 5 años de pastura implantada sólo atenuó el deterioro del suelo, pero no produjo mejoras sobre la calidad del suelo, en relación al sistema de monte degradado.

## 1- INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista demográfico se estima, para el año 2050, un crecimiento de 38 % en la población mundial, la cual pasará de 6.987 a 9.587 millones de personas (*Population Reference Bureau*, 2013). Según la FAO (2012) las mayores proyecciones de crecimiento por región corresponden a África subsahariana (134%). En América latina y el Caribe se prevé que aumente de 596 millones a 745 millones de personas (25 %). Actualmente, los cinco países con mayor población son China, India, Estados Unidos, Indonesia y Brasil. Para 2050, se estima que este ranking será liderado por India, que superaría a China, seguida por Nigeria, Estados Unidos y Paquistán.

Aproximadamente 4.100 millones de personas en África, América Latina y Asia, cerca de dos tercios de la población mundial, están hoy en día, aumentando rápidamente sus ingresos desde niveles muy bajos (Llach *et al.*, 2008). Esto tiene consecuencias sin precedentes sobre la demanda de alimentos, cuyas perspectivas de mercado se acentúan por el hecho de que la mayoría de los países de África y Asia carecen de ventajas comparativas o competitivas suficientes para satisfacer esta creciente demanda. Según Llach (*op. cit.*) debe advertirse que son dos los efectos de este fenómeno sobre la demanda de alimentos. Por un lado, un “margen extensivo”, por la gran cantidad de personas involucradas. Por otro lado, un “margen intensivo”, porque dados los bajos niveles de ingresos en el punto de partida, esas personas tienen una muy elevada elasticidad de demanda/ingreso (alta capacidad de aumentar el consumo con pequeñas variaciones de ingreso). Ante este escenario de fuerte crecimiento demográfico, acompañado por el actual incremento en la demanda y consumo de alimentos, la respuesta obligada consiste en el aumento de la productividad, en particular en países como Argentina, con condiciones edafoclimáticas favorables y potencialidad productiva aun no utilizada.

Por lo general se asocia erróneamente a la productividad con el aumento en la producción asumiendo como sinónimos producción y productividad. Sin embargo García *et al.* (2003), definen a la productividad como “el grado de eficiencia con que se utilizan los recursos para alcanzar los objetivos predeterminados”. En este sentido también se debe tener presente la eficiencia en que llega el alimento mundial a los consumidores. Según la FAO (2012) el desperdicio global anual, que asciende a 1.300 millones de toneladas, significa al menos un tercio de la producción total de alimentos, lo cual da como resultado una escasa eficiencia en el destino efectivo de los alimentos. Hay ejemplos claros que marcan el camino a seguir con una política más

racional. Francia se ha convertido en el primer país del mundo que prohíbe a los supermercados tirar o destruir los alimentos que no vendan. En lugar de eso, son obligados por ley a donarlos a organizaciones benéficas y bancos de alimentos, que serán las encargadas de distribuirlos entre los necesitados. (La Vanguardia, 2016)

En Argentina actualmente se cultiva menos de la mitad de la superficie de suelos potencialmente aptos, 71,2 millones de ha (FAO, 2008). Por esta razón se encuentra junto con Colombia, Bolivia y Brasil dentro del grupo de países con alto potencial de expansión agrícola (Gazzoni *et al.*, 2010).

El avance de cultivos anuales sobre diferentes ambientes, en competencia con los usos tradicionales de la tierra, ha sido definido por algunos autores como “proceso de agriculturización” (Baridón *et al.*, 2014). Según la Bolsa de Cereales de Córdoba (2008), en el período 1998-2008, la superficie dedicada a cultivos anuales en el país aumentó de 26,7 millones a 31,3 millones de hectáreas, lo que significa un crecimiento del 17%. En algunas ocasiones, para concretar esta expansión agrícola, se incrementó la tecnología de producción mediante biotecnología, siembra directa, plaguicidas, fertilización y eventualmente riego. Tal es el caso de Chaco, Formosa y Santiago del Estero, que junto al este de Salta y norte de Santa Fe, comprenden la mayor parte del Chaco Argentino (Adámoli *et al.*, 2004). En el noreste argentino (NEA) la provincia de Formosa es una de las menos afectadas por este proceso, sin embargo su Plan de Ordenamiento Territorial contempla un posible incremento de más de 2 millones de ha en su área cultivada, el cual no debería concretarse sin el análisis previo de la calidad o salud de sus suelos y la degradación de superficies de bosques por ampliación de la frontera agropecuaria (Baridón *et al.*, 2014). Estos últimos autores, trabajando en *Hapludoles* y *Argiudoles* del área subtropical norte de la provincia de Formosa, probaron que 20 a 25 años de uso del suelo con distintos sistemas productivos continuos, producían alteraciones en la calidad del mismo.

La agricultura sostenible es aquella que, en el largo plazo, contribuye a mejorar la calidad ambiental y los recursos básicos de los cuales depende, satisface las necesidades primarias de fibra y alimentos humanos, es económicamente viable y mejora la calidad de vida del productor y la sociedad toda (Ikerd, 1990). Un manejo sostenible de los agroecosistemas queda definido por una equilibrada combinación de tecnologías, políticas y actividades, basada en principios económicos y consideraciones ecológicas, a fin de mantener o incrementar la producción agrícola en los niveles necesarios para satisfacer las crecientes necesidades y aspiraciones de la población mundial en aumento, pero sin degradar el ambiente (Parodi, 2010). La

conservación de los recursos naturales en general y del suelo en particular conforman premisas básicas entre las variables ecológicas de la agricultura sostenible. A la hora de evaluar cuan sostenible es un sistema de producción es importante considerar la vulnerabilidad del suelo. Muro (2010) afirma que la vulnerabilidad del suelo resulta de la confrontación de la fragilidad del sistema natural con una determinada actividad antrópica.

Es complejo determinar si un sistema productivo es sostenible, y en particular si el suelo, uno de sus principales componentes, a mediano y largo plazo no pierde calidad o salud.

Existen numerosas definiciones de calidad del suelo, sin embargo la mayoría de ellas acota el concepto en base a la capacidad de un suelo de cumplir con ciertas funciones: productividad biológica sostenible (producir sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas); atenuar contaminantes ambientales y patógenos; ciclado de nutrientes, movimiento hídrico, soporte estructural; resistencia-resiliencia y hábitat- biodiversidad, entre otras (Doran y Parkin, 1994; Karlen *et al.*, 1997; Andrews *et al.*, 2004). Si bien aún no existe un método universal para evaluar los cambios en la calidad del suelo es cada vez más frecuente hacerlo mediante la utilización de indicadores. Los indicadores de calidad son variables edáficas sensibles al manejo y a las condiciones edafo-climáticas, capaces de sintetizar información del estado del suelo; miden, cuantifican y comunican esa información (Cantú *et al.*, 2007; García *et al.*, 2012). Los indicadores más frecuentemente utilizados son pH, CO<sub>o</sub>, CO<sub>p</sub>, Nt, EE y Da.

La zona de estudio del presente trabajo, Centro de la Provincia de Formosa, posee una elevada potencialidad agrícola-ganadera, con complejos de suelos que comprenden *Hapludoles* y *Argiudoles* entre sus componentes de mejor aptitud (Baridón *et al.*, 2014). Una amplia zona de la región central de la provincia aún presenta montes nativos, degradados por entresacas de madera y pastoreo de chivos y/o bovinos; otra no menor, ya desmontada hace años es utilizada en pastoreos extensivos y eventuales cultivos agrícolas. La tendencia actual en la región es hacia el desmonte orientado principalmente a la producción agrícola-ganadera.

Las hipótesis de trabajo en el presente estudio fueron:

- Sistemas agrícolas y ganaderos aplicados en forma continua sobre un *Hapludol* de la región, producen, modificaciones tempranas en la calidad del mismo y pueden ser evidenciadas mediante el uso de indicadores.

- La agricultura continua, aun con sistemas conservacionistas como el de siembra directa, causa una rápida disminución de la calidad en este suelo.
- En el sistema Ganadero las pasturas implantadas producen una mejora de la calidad del suelo, en relación al sistema de monte degradado.

A partir de estas hipótesis se planteó como objetivo del presente trabajo de fin de carrera, evaluar los efectos de 5 años de agricultura continua y ganadería sobre la calidad de un *Hapludol* con cobertura natural de monte nativo, en la zona central de Formosa. Esto se realizó mediante los indicadores ya mencionados.

## **2- MATERIALES Y METODOS**

### **2.1- Área de trabajo**

Se trabajó en un establecimiento representativo de la zona centro de la provincia de Formosa ubicado a 12 km al oeste de la Ruta Nacional 95 en cercanías de la localidad de Subteniente Perín, (Figura 1).

Desde un punto de vista climático la región se caracteriza por presentar una precipitación y evapotranspiración anual, próximos a los 1000 mm. Las lluvias están concentradas en la época estival. La temperatura media anual se encuentra alrededor de los 22 °C, con temperaturas máximas que superan los 45 °C. Las temperaturas mínimas absolutas de mayor riesgo se registran entre junio, julio y agosto con probabilidad de ocurrencia de heladas. La frecuencia de heladas es de 0-8. (Portal Oficial de Formosa, 2005)

De acuerdo a que la totalidad de las temperaturas medias anuales superan los 21° C, le correspondería, a la región formoseña, la clasificación de "zona de clima tropical". Sin embargo, debido a la existencia de una verdadera estación invernal, se modifica dicha clasificación a "subtropical - continental" (Magneago *et al.*, 2013)

### **2.2-El suelo de estudio**

El área de trabajo se ubica en la región fisiográfica denominada Antiguo Delta del Río Bermejo (Baigorri *et al.*, 1984). Según INTA (1990) los suelos característicos conforman un complejo de *Haplustol*, *Natracualf* y *Albacualf*. No obstante los registros climáticos de la zona permitirían definir al régimen de humedad edáfica como údico.

En tal sentido el suelo de mejor aptitud agrícola ganadera es un *Hapludol*, con las siguientes características generales:

El material originario es aluvial y está constituido por sedimentos aportados por el Río Bermejo. Se presenta en relieves normales y posición de lomas altas. La vegetación natural predominante está integrada por bosques altos, abiertos o cerrados. Las secuencias de horizontes varían de menor a mayor desarrollo: Ap, AC, C, C<sub>2k</sub> a Ap, B<sub>w</sub>, C<sub>k</sub>, INTA (1990).

### 2.3- Sistemas Productivos Representativos:

Se identificaron y definieron los **sistemas productivos representativos (SPR)** de los distintos usos del suelo en el área de estudio. Los SPR identificados fueron:

- Monte nativo degradado (M)
- Agricultura continúa en directa (Ac)
- Ganadería (G)

Las características de cada sistema son las siguientes:

- Monte nativo degradado (M): Está representado por un monte de especies nativas, degradado por pastoreo, apertura de picadas y entresacas de madera. El mismo presenta un estrato alto, de más de 10 m de altura, en proximidades del riacho Salado, dominado por: Quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*), Quebracho blanco (*Aspidosperma sp*), Palo santo (*Bulnesia sarmientoi*), Guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*) y Algarrobo blanco (*Prosopis alba*) (Foto 1).

- Agricultura continua (Ac): Corresponde a un área con agricultura continua en sistema de siembra directa, desmontada hace 5 años. Una vez iniciado el ciclo agrícola se continuó en directa con barbechos cortos para favorecer la cobertura. Se realizó control químico de malezas.

La historia agrícola del lote fue la siguiente: 2011 desmonte; 2012/13 Girasol, 2013/14 Maíz cosecha, 2014/15 Sorgo para silo, 2015/16 Maíz para silo.

El sistema de desmonte consistió en: desmonte mecánico con topadora, seguido de acordonado y quema. Posteriormente despaldado a mano, dos pasadas de rome (rastra de disco robusta y pesada) y dos pasadas de rabasto (Foto 2).



- Ganadería (G): Representada por un área desmontada hace 5 años con pastura de Gatton panic (*Panicum maximum*) y Grama rhodes. En los componentes de mejor aptitud del complejo de suelos prospera el Gatton panic y en los suelos de inferior calidad y encharcables la grama. El sistema de desmonte fue planchado con descalzado. Consiste en la pasada de topadora con la hoja levantada 10 cm; cuando se produce el volteo de un árbol de buen porte se detiene y descalza la raíz. La pastura se implantó junto con el desmonte, mediante siembra al voleo con topadora. Los sitios de muestreo presentaron cobertura de 100 % de *Gatton panic*.

Al año siguiente, 2012, luego que el Gatton y la Grama semillaron y formaron volumen de biomasa suficiente, se esperó a que se sequen con la helada y luego se realizó una quema controlada para reducir los restos de monte. En el 2014 se realizó control químico del renoval (Foto 3).

Los tres SPR descriptos son representativos de las prácticas agrícolas-ganaderas que se desarrollan en la zona. Todos ellos están presentes en el establecimiento que constituye el lugar de trabajo, sobre un suelo clasificado como *Hapludol* y en lotes contiguos. La correspondencia del suelo se verificó mediante la apertura de calicatas en cada lote.

#### **2.4- Diseño del muestreo.**

El muestreo se realizó sobre un *Hapludol* en los tres SPR antes mencionados según un **diseño aleatorio estratificado**. Los estratos se correspondieron con las tres situaciones de uso, representadas por los SPR: Monte nativo (M), considerado como uso testigo; Agricultura continua (Ac) y Pastura (P). En cada estrato, se distribuyeron al azar 5 sitios para el muestreo del suelo. En cada sitio, se extrajo una muestra compuesta (por 3 submuestras) a las siguientes profundidades: horizonte superficial Ap (varía entre los 5 y 10 cm) y subsuperficial de 10 a 20 cm. Para cada SPR (estrato de muestreo) se tomaron 10 muestras de suelo, 5 a cada profundidad. En total se analizaron 30 muestras de suelo.

#### **2.5- Variables edáficas evaluadas**

Se analizaron variables ya utilizadas como indicadores en otras regiones de la provincia de Formosa (Baridón *et. al.*, 2012; Baridón *et al.*, 2014).

Sobre las muestras superficiales (0-10 cm) se determinó: pH 1:2,5, método potenciométrico; carbono orgánico oxidable (COo), método de Walkley Black; carbono orgánico particulado (COp) (Galantini, 2005); Nitrógeno total (Nt), método Kjeldahl

semi micro (SAGPyA, 2004); estabilidad estructural (EE) (Le Bissonnais, 1996) y densidad aparente (Da), método del cilindro (Forsythe, 1975)

En las muestras subsuperficiales (10-20 cm) se evaluó pH y densidad aparente.

## **2.6-Análisis estadísticos**

A efectos de caracterizar el comportamiento de las variables se aplicaron técnicas de estadística descriptiva, incluyendo análisis de la varianza. La comparación de medias se realizó mediante el test de diferencias mínimas significativas de Fisher.

## **3- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1- El suelo estudiado**

La zona del trabajo se encuentra sobre un complejo de suelos conformado por *Hapludol*, *Albacualf* y *Natracualf*, siendo dominante el primero de ellos. Se realizó una calicata en cada uno de los tres sistemas de producción en estudio, a fin de corroborar la presencia del *Hapludol*. Las calicatas se abrieron en las siguientes coordenadas: Agricultura, 25°23'55.92" latitud Sur, 60° 1'36.13" longitud Oeste; Ganadería, 25°24'2.28" latitud Sur, 60° 1'24.10" longitud Oeste; Monte, 25°24'0.88" latitud Sur, 60° 1'38.04" longitud Oeste (Figura 2).

#### **- Descripción del perfil representativo del suelo de estudio**

El presente suelo fue descrito en el establecimiento Don Héctor, a los 25°24'2.28" de latitud sur y 60° 1'24.10" de longitud oeste, próximo a la localidad de Subteniente Perín, Departamento Patiño, provincia de Formosa. El mismo fue clasificado a nivel gran grupo como *Hapludol* (Foto 4).

El perfil representativo se encuentra ubicado en un sector topográficamente elevado de relieve llano, con pendiente inferior al 0,5%. La vegetación del área es una pastura permanente de *Gatton panic* y *Gramma rodhes*; cobertura 100 %.

#### **-Descripción morfológica**

Ap 0-7 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 3/4) en húmedo, pardo (7,5 YR 4/4) en seco; franco limoso; estructura migajosa fuerte; duro en seco, friable en húmedo, moderadamente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; raíces comunes; límite abrupto y plano.

A2 7-30 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 3/4) en húmedo, pardo (7,5 YR 4/4) en seco; franco limoso; estructura en bloques finos fuertes; duro en seco, friable en húmedo, moderadamente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; raíces abundantes; límite abrupto y plano.

Bw 30-50 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 3/4) en húmedo, pardo (7,5 YR 4/4) en seco; franco limoso; estructura en prismas, medios, moderados; muy duro en seco, friable en húmedo, moderadamente plástico y ligeramente adhesivo en mojado; barnices escasos; raíces abundantes; límite claro y plano.

BC 50-75 cm. Pardo (7,5 YR 4/4) en húmedo, pardo claro (7,5 YR 5/4) en seco; franco limoso; estructura en prismas, medios, débiles a masivo; duro en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico y no adhesivo en mojado; raíces abundantes; límite claro y plano.

2C 75-100 cm. Pardo claro (7,5 YR 5/4) en húmedo, naranja claro (7,5 YR 6/4) en seco; franco arenoso; masivo; ligeramente duro en seco, friable en húmedo, no plástico y no adhesivo en mojado; ligera reacción al HCl en la masa; raíces abundantes; límite claro y plano.

3C 100-130+ cm. Pardo claro (7,5 YR 5/4) en húmedo, naranja claro (7,5 YR 7/4) en seco; franco limoso; masivo; duro en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico y no adhesivo en mojado; fuerte reacción al HCl en la masa, concreciones de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  comunes; presencia de eflorescencias salinas; raíces escasas.

Napa freática no detectada hasta los 3 m de profundidad.

#### - Descripción analítica.

En la Tabla 1 se presenta la descripción analítica del perfil representativo. En la misma se observa que es un suelo profundo, sin limitantes físicas para el desarrollo de raíces y con una textura dominante franco limosa a partir de los 75 cm se incrementa el valor de pH que resulta fuertemente alcalino a partir de 100 cm de profundidad, con un valor de 9,1 en el horizonte 3C restringiendo el desarrollo de raíces

La capacidad de intercambio catiónico es relativamente baja, lo cual se asocia a los elevados contenidos de limo y arena en las texturas; al tiempo que compromete la capacidad de reserva de nutrientes del suelo.

En los horizontes C, la presencia de carbonatos en la masa y concrecionados se condice con los elevados valores de pH y hacen imposible determinar las bases de cambio sin sobreestimar Ca y Mg. El valor de pH en el horizonte 3C es causado por el contenido de Na del mismo.

Los niveles de CO<sub>o</sub> hasta 30 cm de profundidad, se encuentran dentro de valores medios a altos para la zona. La relación C/N presenta valores cercanos a 10 lo que permite definirla como adecuada.

El perfil descrito corresponde un suelo con elevada representatividad en la unidad Antiguo Delta del Río Bermejo (mayor al 60 %).

En la morfología del perfil se observa una evolución edáfica definida, con diferenciación de horizontes, translocación de coloides y movimientos de sales.

Superficialmente se evidencia escasa melanización; sin embargo los datos morfológicos y analíticos ponen de manifiesto el enriquecimiento en Carbono orgánico (CO<sub>t</sub>) y humificación del mismo. Asociado a ello el tenor de Nitrógeno es elevado. El contenido de Fósforo extractable (método de Olsen) en los horizontes superficiales es elevado. Estos aspectos evidencian una alta fertilidad natural del sistema, asociada a la vegetación natural de monte alto. La lixiviación de arcillas es moderada y define horizontes iluviales que, si bien presentan barnices de arcilla, no cumplen las exigencias clasificatorias de un B textural, por lo cual fueron clasificados como Bw (B cámbico). La estructura del suelo posee expresión definida en los horizontes.

Los valores de conductividad eléctrica no señalan una tendencia definida sobre el movimiento de las sales en el perfil. No obstante existe una concentración mayor en el horizonte A2 con respecto al que le precede Ap y procede Bw. Las sales más frecuentes en el área son los Cloruros y Sulfatos de Calcio y Magnesio en superficie, para incrementarse los de Sodio en profundidad (CEDEVA, 2016), hecho que se pone de manifiesto en el perfil, a través del incremento en los valores de pH. Si bien en el perfil no se evidenciaron rasgos de hidromorfismo hasta la profundidad descrita, la naturaleza de las sales presentes podría señalar una influencia de napa freática y de flujos de agua subterránea de largo recorrido. En profundidad se aprecian Carbonatos de Calcio que ponen de manifiesto la disminución de la actividad biológica.

Se realizaron prospecciones con barreno hasta 3 metros de profundidad, sin encontrar la napa freática.

### **3.2- Evaluación de las variables edáficas (químicas y físicas) en el suelo.**

Se presentan los valores medios de las variables evaluadas en los distintos usos del suelo, sus desvíos estándar y la existencia de diferencias estadísticas significativas, sobre el total de casos analizados (Tabla 2, ver pág. 26). En la misma se observa que los valores medios de pH, CO<sub>o</sub>, CO<sub>p</sub>, EE, Da de las muestras superficiales, tanto como la Da subsuperficial, presentaron diferencias significativas entre los distintos usos del suelo razón por la cual se amplía la descripción estadística y se discute su comportamiento.

La Tabla 2 permite observar también que los distintos usos del suelo no han originado diferencias estadísticas en el contenido de Nitrógeno total del horizonte Ap como así tampoco entre valores medios de pH subsuperficial (pHs).

#### **3.2. a- pH superficial.**

La Tabla 3 presenta los análisis estadísticos para la variable pH superficial. En la parte “a” de la tabla se observan los valores medios, de dispersión, asimetría y curtosis, que señalan la normalidad de la distribución de los datos. En la parte “b” el ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente intra grupos. El valor-P de la prueba-F (0,0066) resulta menor que 0,05 y señala la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 sistemas productivos con un nivel del 95,0% de confianza. La comparación entre las medias a partir de la prueba de DMS de Fisher permite afirmar que los pH medios, del horizonte superficial en los sistemas agrícola y ganadero, difieren del testigo, monte nativo; sin embargo no hay diferencias significativas entre el pH de la pastura y el lote agrícola.

En la Figura 3 se observa el pH del horizonte superficial no presenta diferencias significativas entre en los sistemas productivos de Agricultura y Ganadería; pero sí entre estos y el testigo (Monte nativo). En este último el pH es ligeramente ácido y en los primeros dos es a ligeramente alcalino. Los distintos usos han producido diferencias significativas en la reacción del suelo, con pH mayores a la situación testigo.

Luego de la quema, el pH registra un pequeño y progresivo aumento en sus valores, siendo más importante y pronunciado el fenómeno en los primeros 5 cm de profundidad, debido, como dice la teoría, a que las cenizas proveen al suelo una serie

de cationes fácilmente disponibles, y por lo tanto se nota este aumento en el pH del suelo. (Mils, 2006)

### 3.2.b- Carbono orgánico oxidable (COo)

Los distintos sistemas productivos han originado diferencias estadísticas significativas entre los valores medios del COo en el horizonte Ap.

El COo del Monte es el más alto, con un promedio de 26,04 g.Kg<sup>-1</sup>, sigue la Ganadería con 19,95 g.Kg<sup>-1</sup> y el más bajo es la Agricultura con 12,96 g.Kg<sup>-1</sup>. En la Figura 4 se resume el efecto del cambio en el uso del suelo luego de 5 años, sobre el contenido de COo en el horizonte superficial del *Hapludol*. En forma temprana, el mismo disminuyó 50% en agricultura continua bajo siembra directa. En el mismo sentido 23% con una pastura implantada y uso ganadero.

Estos datos de COo obtenidos se multiplican por un factor de 1,32 para transformarlos en Carbono Orgánico total (COt) y poder compararlo con otros Trabajos. El COt del Monte tiene un promedio de 34,37 g.Kg<sup>-1</sup>, sigue la Ganadería con 26,33 g.Kg<sup>-1</sup> y el más bajo es la Agricultura con 17,11 g.Kg<sup>-1</sup>. Estos cambios son concordantes con los reportes científicos de cambios de uso del suelo, de bosques a usos ganaderos y agrícolas, Albanesi *et al.*, (2003) trabajando sobre un *Haplustol* *éntico* y un *Argiustol* *típico* del centro-este de la provincia de Santiago del Estero concluyeron que la menor cobertura vegetal no alcanza a proteger al suelo del excesivo calentamiento, estimulando la mineralización del C y la formación de compuestos de más labilidad y más susceptibles a la degradación microbiana. Detectaron 14 % de pérdida de COt en un horizonte Ap de 16 cm de espesor con 7 años de agricultura continua. En nuestro caso la disminución fue mucho más marcada. Posiblemente asociado a nuestra evaluación de un Ap de menos espesor (7 cm), en donde se concentra una mayor actividad biológica y abiótica. Ahora con el sistema pastoril las pérdidas son menores (23 %), si el sistema pastoril continúa en el tiempo habría que ver si no comienza a revertirse el deterioro.

Heredia *et al.* (2006) encontraron importantes disminuciones en el contenido de C en suelos dedicados a la agricultura y estas diferencias fueron más marcadas en los primeros años de agricultura convencional.

Baridon *et al.*, (2014), en *Hapludoles* similares a los de este estudio, pero en una zona más húmeda de Formosa, encontraron una disminución importante del COt

en sistemas de agricultura continua y un aumento en sistemas pastoriles, transcurridos 25 años desde el desmonte.

### **3.2.c- Carbono orgánico particulado (COp)**

En el contenido de Carbono Orgánico particulado (COp) no hay diferencias significativas para el horizonte Ap entre los sistemas de producción Agrícola y Ganadería, pero si estos dos con el Monte. El valor promedio de COp para el M es de 13,01 g.Kg<sup>-1</sup>, para Ac y G los valores son 4,77 g.Kg<sup>-1</sup> y 4,83 g.Kg<sup>-1</sup> respectivamente (Tabla 5c)

Hay una disminución abrupta del COp sobre los primeros 10 cm de suelo cuando pasa a cualquiera de los dos sistemas de producción G o Ac (Figura 5).

La caída de COo fue importante al pasar de bosque a un uso ganadero y muy importante al pasar a un uso agrícola. Sin embargo la caída de COp fue muy importante para los dos casos y prácticamente iguales. El COp en ambos sistemas de manejo, alcanzó una disminución del 63%, debido, probablemente, al proceso de combustión y de violenta mineralización en la quema de los residuos del desmonte (Caldwell et al., 2002)

### **3.2.d- Estabilidad Estructural (EE)**

En la tabla 6c se puede apreciar que hay dos sistemas homogéneos, Ganadería y Monte. También se ve que estos dos tienen diferencias significativas con la Agricultura.

Si bien se produjeron cambios en el diámetro medio ponderado (DMP) con el cambio del sistema productivo Monte a Ganadería se visualiza (Figura 6) que este fue menor, por lo que no hay diferencias significativas de estabilidad estructural entre Monte y Ganadería en el horizonte Ap, pero sí de ambos con Agricultura. Esto indica que el cambio de uso de suelos a los 5 años, no impactó negativamente en la EE para el sistema productivo de G y si lo hizo en Ac, ya que los valores de EE disminuyeron de forma muy significativa (58%). Esto puede estar ligado a la fracción lenta de la MO que como observaron Wallace et al. (1994).

También se lo asocia con el Carbono orgánico fuertemente ligado a la fracción mineral (COm). Esta materia orgánica es realmente una forma de "cemento" que se liga con las partículas del suelo, usualmente a través de puentes Calcio. Este cemento

mantiene unidas las partículas del suelo y le imparte estructura, tan importante para la aireación, penetración del agua, control de erosión crecimiento radicular y crecimiento de los microorganismos favorables a las plantas. Los polisacáridos son las sustancias que realmente unen las partículas de suelo; la materia orgánica más resistente mantiene unidos los microagregados mientras que los ácidos fúlvicos ligan los macroagregados( FAO, 2015).

Esto se condice con los resultados del carbono orgánico ligado a la fracción mineral (COM), haciendo las diferencias entre COt y el COp, nos arroja datos muy parecidos entre el Monte nativo y la Ganadería, y muy por debajo da la Agricultura continua.

En la tabla 6d se ve claramente como se relaciona el Carbono orgánico fuertemente ligado a la fracción mineral con la Estabilidad estructural de los tres sistemas productivos.

### **3.2.e- Nitrógeno total (Nt)**

Las diferencias de Nitrógeno total en el horizonte Ap, entre los distintos sistemas de producción, no son significativas (Figura 7), aún así se visualiza una tendencia hacia la disminución del mismo desde el Monte nativo a la Agricultura continua.

La relación C/N es más alta en el Monte, en Ganadería es un poco menor y en Agricultura baja considerablemente (Tabla 7c).

La MO que se ha incorporado al suelo en los sistemas G y Ac, durante los últimos años es muy diferente a la MO que se incorpora en M. Torres *et al.* (1996) hacen referencia a que los restos lignificados del monte y el alto contenido de C en la broza debajo del monte provocan que sea más alta la relación C/N que en otros sistemas pastoriles.

### **3.2.f- pH subsuperficial (pHsb)**

Si bien se observaron variaciones en el pH subsuperficial, estas carecieron de significancia estadística y de una tendencia asociada a los cambios que se produjeron en las otras variables por el proceso de agriculturización (Tabla 8a).



En la Tabla 8b puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa en el pH sub superficial entre los tres sistemas de producción con un nivel del 95,0% de confianza.

Los valores de ph subsuperficial no parecen seguir un patrón sobre el grado de agriculturización (Figura 8).

### **3.2.g- Densidad aparente superficial (Das)**

La densidad aparente del suelo en los primeros centímetros (0-10) no mostró diferencias significativas entre Agricultura continua y Ganadería, pero si son bien marcadas estas diferencias con el Monte (tabla 9a, b y c).

El cambio de uso de suelo ha producido un cambio drástico en los primeros cm de suelo de Da, ya que pasan de valores promedios de 1,26 gm/cm<sup>3</sup> en M a 1,42 gm/cm<sup>3</sup> en Ac y G. Por lo que la densidad aumenta un 13% en Ac y en G (Figura 9).

### **3.2.h- Densidad aparente subsuperficial (DAsb)**

Se observaron dos grupos homogéneos uno el conformado por el Monte y otro por la Ganadería y la Agricultura (Tabla 10c)

En la Densidad Aparente sub superficial (10-20 cm) no existen diferencias significativas entre Ganadería y Agricultura, pero ambos difieren significativamente con el Monte (Figura 10).

Al igual que la DAsup., la DAsb se ve afectada con el cambio de uso del suelo casi en las mismas proporciones. La DA del Monte es de 1,29 g/m<sup>3</sup>, cuando el sistema pasa a G es de 1,47 g/m<sup>3</sup> y cuando cambia a Ac es de 1,46 g/cm<sup>3</sup>, siendo un 14% mayor en ambos casos.

La densidad aparente de los primeros 10 cm de suelo tiene un comportamiento muy similar para los siguientes 10 cm de suelo, en los dos casos aumenta de 1,25 g/cm<sup>3</sup> a valores cercanos a 1,45 g/cm<sup>3</sup>, incrementándose un 13 %. Albanesi *et al.*, (2003) informaron que sitios de pastizal sometidos a desmonte selectivo manual y manejo silvopastoril, no mostraron diferencias significativas de la DA con respecto al monte natural. Por el contrario, Ramsperger (1992) informó un aumento significativo de la DA en sitios sometidos a desmonte total y posterior uso agrícola convencional, como lo ocurrido en los dos sistemas productivos. Sin embargo, en todos los casos los

valores de DA resultaron inferiores al umbral ( $\geq 1,2-1,6\text{g/cm}^3$ ) que representa un impedimento para el crecimiento radicular para suelos limosos (Reynolds *et al.*, 2002).

### **3.2.h- Comparación del efecto edáfico de los distintos SPR**

Como se ha visto hasta ahora, seis de las variables evaluadas han presentado diferencias estadísticas en sus valores medios. La Tabla 11 reúne a estas diferencias permitiendo observar que sólo el uso pastoril resultó mantener la calidad en algunos de los parámetros analizados: COo y EE con respecto al M. Las fracciones más lábiles del carbono, representadas por el carbono particulado resultó superior en el testigo M. Este último sistema presentó pH superficiales ligeramente ácidos, mientras que todos los usos produjeron su incremento. La densidad aparente ha aumentado en ambos Ganadería y Agricultura con respecto al Monte nativo.

## **4- CONCLUSIONES**

- Sistemas agrícolas y ganaderos aplicados en forma continua durante 5 años en un *Hapludol* de la región, produjeron modificaciones tempranas en la calidad del mismo.
- COo, COp, EE y Da resultaron indicadores tempranos de la pérdida de calidad del suelo.
- La agricultura continua en siembra directa produjo el mayor deterioro del sistema edáfico evaluado.
- Contrariamente a lo esperado 5 años de pastura implantada sólo atenuó el deterioro del suelo, pero no produjo mejoras sobre la calidad del suelo, en relación al sistema de monte degradado.

## **5- EPÍLOGO**

Si bien se esperaba que en el sistema ganadería algunos indicadores manifestaran una mejora en la Calidad del suelo, con respecto al monte nativo degradado, esto no ocurrió. Una posible explicación se funda en el fuerte impacto inicial del proceso de agriculturización, cuando el mismo parte del monte nativo formoseño. El movimiento de tierra, tránsito de maquinaria, quema del residuo y exposición del suelo desnudo a condiciones de alta radiación y temperatura, producen un perjuicio en el suelo que superaría su capacidad de resiliencia a corto y mediano plazo. Con prácticas de manejo adecuadas el sistema ganadería podría mejorar, a

largo plazo, la degradación del suelo. En el sistema de Agricultura continua se ha profundizado la pérdida de la fertilidad química y física del suelo; procesos que podrían atenuarse e incluso revertirse con buenas prácticas de manejo que incluyan por ejemplo rotación de cultivos y cultivos de cobertura, entre otras.

## - BIBLIOGRAFÍA

Adámoli, J.; S. Tonella & R. Ginzburg. 2004. Diagnóstico Ambiental del Chaco Argentino. Dirección de Conservación del Suelo y Lucha contra la Desertificación. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 105 pp. Disponible en: [www.ambiente.gov.ar/archivos/web/chaco/file/diagnostico\\_ambiental\\_expeditivo.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/chaco/file/diagnostico_ambiental_expeditivo.pdf)

Albanesi, A; A Anriquez & A Polo Sánchez. 2003. Efectos de la agricultura convencional en algunas formas del C en una toposecuencia de la Región Chaqueña, Argentina. *Agriscientia* 20:1-9.

Andrews, S.S.; D.L. Karlen & C.A. Cambardella. 2004. The Soil Management Assessment Framework: A Quantitative Soil Quality Evaluation Method. *SoilSci. Soc. Am. J.*, 68: 1945-1962.

Baridón, E.; Pellegrini, A.; Lanfranco, J.; Cattani, V. 2012. Variación de la fracción orgánica por agriculturización en Alfisoles subtropicales de Argentina. *CienciAgro.*, 2 (3):371-378.

Baridón J. E. & Casas R. 2014. Quality indicators in subtropical soils of Formosa, Argentina: Changes for agriculturization. *International Soil and Water Conservation Research* 2 (4): 13-24.

Baigorri H 1984 Regiones y Subregiones Fisiográficas y su aptitud de uso en la Provincia de Formosa

Bissonnais, Y. L. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of soil science*, 47(4), 425-437.

Bolsa de Cereales de Córdoba. 2008. El uso de la tierra en Argentina. Disponible en: <http://bolsacba.com.ar/buscador/?p=1780> (Consultado el 5 de abril del 2016)

Caldwell, T.; D. Johnson; W. Miller and R. Qualls, 2002. Forest floor carbon and nitrogen losses due to prescription fire. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 262-267.

Cantú, M.P.; A. Becker y J.C. Bedano. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Cl. Suelo (Argentina)*, 25 (2): 173-178.

CEDEVA. 2016. Centro de Validación de Tecnologías Agropecuaria Ibarreta. Laboratorio de Suelos, Aguas y Forrajes. Comunicación personal

Doran, W.J. & B. Parkin. 1994. Defining and Assessing Soil Quality. In: Doran, J.W.; D.C. Coleman; Bezdick, D.F.; and Stewart, Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA. Special Publication Number 35. Madison, Wisconsin, pp 3-21

FAO 2008. Los precios elevados de los alimentos y la seguridad alimentaria: amenazas y oportunidades. 59pp. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0291s/i0291s00.pdf> (Consultada el 1 de Julio 2016)

FAO. 2012. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma. 42pp. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/i2697s/i2697s.pdf> (Consultada el 3 de septiembre 2016)

FAO. (2015). Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. Materia orgánica y actividad biológica. Santiago, Chile.

Forsythe W. 1975. Manual de laboratorio. Física de suelos. pp 212.

Galantini, J. A. 2005. Separación y análisis de las fracciones orgánicas. En: *Tecnologías en análisis de suelos*. L. Marbán y S. E. Ratto. (Eds.). 95-106

García, Y.; W. Ramírez; S. Sánchez. 2012. Indicadores de calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35 (2): 125-138.

Gazzoni D. L.; Azurdia I.; Blanco G.; Estrada C.; Decarvalho I. 2010. Sustainable energy in latinamerica and the caribbean: Potential for the future. 120pp. Disponible en: [http://www.icsu.org/latin-america-caribbean/publications/reports-and-reviews/sustainable-energy/energy\\_english.pdf](http://www.icsu.org/latin-america-caribbean/publications/reports-and-reviews/sustainable-energy/energy_english.pdf)

Gustavsson J. Cederberg C. Sonesson U. 2011. Save food!. Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK) Gothenburg, Suecia

Heredia OS; L Giuffré; FJ Gorleri & ME Conti. 2006. Calidad de los suelos del norte de Santa Fe. Efecto de la geomorfología y el uso de la tierra. Ci Suelo (Argentina) 24(2):109-114.

IKERD, J. 1990. Agriculture's Search for sustainability and profitability. J. Soil Water Conserv, 45:18-23

INTA. 1990. Atlas de suelo de la República Argentina. Provincia de Formosa.

Karlen, D.L.; M.J. Mausbach; J.W. Doran; R.G. Cline; R.F. Harris y G.E. Schuman. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America J., 61: 4-10.

La Vanguardia. Redacción, Barcelona 2016. Francia prohíbe por ley desperdiciar la comida sobrante de los supermercados. Disponible en: <http://www.lavanguardia.com/vida/20160205/301933501637/francia-prohibe-desperdiciar-comida-supermercados.html> (Consultada el 3 de septiembre 2016)

Llach J. J. & Harriague M. M. 2008. El auge de la demanda mundial de alimentos 2005-2020. 113 pp. (Consulta 1 de julio 2016) Disponible en: [http://producirconservando.org.ar/intercambio/docs/demanda\\_mundial\\_alimentos.pdf](http://producirconservando.org.ar/intercambio/docs/demanda_mundial_alimentos.pdf)

Magneago P., Gialdroni, L. 2013. Mejoramiento de la eficiencia reproductiva de un campo de cria de la Provincia de Formosa, Argentina. 20pp. Disponible en: <http://www.iracbiogen.com.ar/admin/biblioteca/documentos/Magneago-Gialdroni.pdf> (Consultada el 3 de octubre 2016)

Mils, G H. 2006. Impacto de la quema controlada sobre los principales parámetros químicos del suelo. P5. Revista Marca Liquida Agropecuaria. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/uso\\_del\\_fuego/01-quema\\_impacto\\_sobre\\_suelo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/uso_del_fuego/01-quema_impacto_sobre_suelo.pdf)

Muro, E. 2010 disponible en:  
[www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/VulnerabSuelo.htm](http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/VulnerabSuelo.htm)

Parodi, P. D. y Carrizo G.C. 2010. Los costos ambientales en la actividad agrícola. 251pp

Population Reference Bureau 2013. Informe anual de evolución de la población mundial. Disponible en: [http://www.prb.org/pdf14/2013-population-data-sheet\\_spanish.pdf](http://www.prb.org/pdf14/2013-population-data-sheet_spanish.pdf) (Consultada el 15 de julio 2016)

Portal Oficial de Formosa. 2005. Clima y Temperatura. Disponible en: <https://www.formosa.gob.ar/miprovincia/aspectosgenerales/climaytemperaturas>. (Consultada el 5 de Septiembre 2016)

Ramsperger, B. 1992. Alteraciones de la condición del suelo debido a un cambio en el uso agrícola. Caso particular: Regosoles en el Chaco seco, Argentina. Tesis de Grado. Universidad de Hohenheim, Alemania.

Reynolds, WD; BT Bowman; CF Drury; CS Tan & X Lu. 2002. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. *Geoderma* 110:131-146.

SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina). Dirección de Producción Agrícola. 2004. Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelos (SAMLA).

Torres, P. y A. Abril, 1996. Dinámica microbiana del suelo en un desmonte selectivo del Chaco árido Argentino. *Ciencia del Suelo*, 14: 30-36.

Wallace, A. and G. A. Wallace. 1994. Water-Soluble Polymers help protect the Environment and correct Soil Problems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 25:105-108.

**TABLA 1. Descripción analítica del perfil representativo**

Horizonte	Ap	A2	Bw	BC	2C	3C
Profundidad (cm)	0-7	7-30	30-50	50-75	75-100	100-130+
pH (1:2,5)	7,6	7	7	7,1	8,2	9,1
C.E. (dS/m)	1,05	2,2	1,13	0,65	0,92	0,91
C.I.C. (cmolc/kg) T	15	10	13	8	6	6
Ca <sup>++</sup> (cmolc/kg)	10,1	7,4	9,4	6,4	---	---
Mg <sup>++</sup> (cmolc/kg)	2,80	1,2	2,6	1,4	---	---
Na <sup>+</sup> (cmolc/kg)	0,14	0,15	0,17	0,12	---	---
K <sup>+</sup> (cmolc/kg)	1,23	0,61	0,33	0,26	---	---
S (suma de bases)	14,27	9,36	12,5	8,18	---	---
% sat. (S/T%)	95,1	93,6	96,1	102,2	100	100
PSI (%)	0,9	1,5	1,3	1,5	---	---
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (reac.al HCL)	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	x	xxx
COo (g. Kg <sup>-1</sup> )	21,15	9,3	5,45	2	---	---
M.O. (g. Kg <sup>-1</sup> )	36,4	15,9	9,4	3,4	---	---
Nt (g. Kg <sup>-1</sup> )	2,07	0,89	0,62	0,22	---	---
C/N	10,2	10,4	8,8	9,1	---	---
P (ppm)	48,76	14,46	10,31	8,16	7,58	6,18
					Fr.	
					Arenoso	
					a Fr.	
Clase textural	Franco	Fr. Limoso	Fr. Limoso	Fr. Limoso	Limoso	Fr. Limoso
Arena (%)	44	26	34	36	44	32
Limo (%)	46	58	58	52	50	64
Arcilla (%)	10	16	8	12	6	4

x:reacción positiva aHCl

Fr: Franco

(---): datos no relevados debido a la presencia de CO<sub>3</sub><sup>=</sup> o contenido de sales solubles



**TABLA 2. Valores medios de las variables analizadas en función del uso del suelo**

		<i>Variables</i>							
		<i>pH</i>	<i>COo</i> <i>g/kg</i> <i>suelo</i>	<i>Cop</i> <i>g/kg</i> <i>suelo</i>	<i>EE</i> <i>DMP</i> <i>(mm)</i>	<i>Nt</i> <i>g/kg</i> <i>suelo</i>	<i>Da</i> <i>kg/dm<sup>3</sup></i>	<i>pHs10-20</i>	<i>Da</i> <i>10-20</i> <i>kg/dm<sup>3</sup></i>
<b>Sistema Productivo</b>	<b>Ac</b> Media	7,46b	12,96a	4,832a	0,584a	1,072a	1,42b	7,44a	1,46b
	Desvío estándar	0,37	3,87	1,92	0,12	0,28	0,07	0,31	0,08
	<b>G</b> Media	7,2b	19,95b	4,776a	1,0902b	1,346a	1,42b	7,94a	1,47b
	Desvío estándar	0,37	4,28	1,38	0,22	0,50	0,13	0,59	0,10
	<b>M</b> Media	6,64a	26,04c	13,012b	1,3944b	1,69a	1,26a	7,64a	1,29a
	Desvío estándar	0,25	4,54	5,82	0,29	0,53	0,05	0,55	0,09

abc- Letras distintas señalan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ )

**Tabla 3. Resumen estadístico de pH superficial en función del SPR**

**3.a- Estadística descriptiva**

SPR	Datos	Media	Des.est.	C. var. (%)	Mínimo	Máximo	Sesgo est.	Curtosis t.
Ac	5	7,46 b	0,36	4,89	7,0	7,9	-0,12	-0,74
G	5	7,2 b	0,37	5,20	6,8	7,6	0,35	-1,32
M	5	6,64 a	0,25	3,78	6,3	7,0	0,18	0,69
Total	15	7,1	0,47	6,63	6,3	7,9	0,23	-0,75

A, agricultura; M, monte; G, ganadería.

C.V.=coeficiente de variación; est.=estándar. Letras distintas señalan diferencias significativas. (p=0,01).

**3.b- ANOVA (Análisis de la varianza)**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos (SPR)	1,756	2	0,878	7,84	0,0066
Intra grupos	1,344	12	0,112		
Total (Corr.)	3,1	14			

**3.c-Comparación de medias. Método de Diferencias Mínimas Significativas (DMS)**

SPR	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
M	5	6,64	X	A - G		0,26	0,461
G	5	7,2	X	A - M	*	0,82	0,461
Ac	5	7,46	X	G - M	*	0,56	0,461

\* indica una diferencia significativa (p<0,05)

**Tabla 4. Resumen estadístico de COo en función del SPR.**

4.a-Estadística descriptiva.

SPR	Promedio (g.Kg <sup>-1</sup> )	Desvío est.	C.V. (%)	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo est.	Curtosis est.
Ac	12,96 a	3,87	29,84%	9,9	18,75	8,85	0,96	-0,31
G	19,95 b	4,28	21,45%	13,65	25,35	11,7	-0,45	0,49
M	26,04 c	4,54	17,42%	21	29,55	8,55	-0,55	-1,52
Total	19,65	6,78	34,51%	9,9	29,55	19,65	0,07	-0,82

A, agricultura; M, monte; G, ganadería.

C.V.=coeficiente de variación; est.=estándar. Letras distintas señalan diferencias significativas. (p=0,01).

4.b- ANOVA (Análisis de la varianza)

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-f	Valor-p
Entre grupos	428,391	2	214,195	11,94	0,0014
Intra grupos	215,334	12	17,9445		
Total (Corr.)	643,725	14			

4.c-Comparación de medias. Método de Diferencias Mínimas Significativas (DMS)

SPR	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
M	5	26,04	X	A - G	*	-6,99	5,83736
G	5	19,95	X	A - M	*	-13,08	5,83736
Ac	5	12,96	X	G - M	*	-6,09	5,83736

\* indica una diferencia significativa (p<0,05)

**Tabla 5. Resumen estadístico de COP en función del SPR.**

5.a-Estadística descriptiva.

SPR	Promedio (g.Kg-1)	Desvío est.	C.V. (%)	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo est.	Curtosis est.
Ac	4,83 a	1,92	39,75%	2,67	7,92	5,25	1,02	1,09
G	4,78 a	1,38	28,92%	3,21	6,27	3,06	0,16	-1,23
M	13,01 b	5,82	44,71%	6,64	21,39	14,75	0,63	-0,27
Total	7,54	5,23	69,31%	2,67	21,39	18,72	2,74	2,17

A, agricultura; M, monte; G, ganadería.

C.V.=coeficiente de variación; est.=estándar. Letras distintas señalan diferencias significativas. (p=0,01).

5.b- ANOVA (Análisis de la varianza)

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-f	Valor-p
Entre grupos	224,58	2	112,29	8,54	0,0049
Intra grupos	157,77	12	13,15		
Total (Corr.)	382,35	14			

5.c- Comparación de medias. Método de Diferencias Mínimas Significativas (DMS)

SPR	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ac	5	4,76	X	A - G		0,06	4,99
G	5	4,83	X	A - M	*	-8,18	4,99
M	5	13,01	X	G - M	*	-8,24	4,99

\* indica una diferencia significativa (p<0,05)

**Tabla 6. Resumen estadístico de EE en función del SPR.**

6.a- Estadística descriptiva.

SPR	Promedio DMP (mm)	Desvío est.	C.V. (%)	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo est.	Curtosis est.
Ac	0,58 a	0,123	20,97%	0,46	0,75	0,29	0,14	-0,76
G	1,09 b	0,22	20,36%	0,82	1,36	0,55	-0,08	-0,9
M	1,39 b	0,29	21,12%	0,98	1,72	0,74	-0,52	-0,42
Total	1,023	0,4	39,45%	0,46	1,72	1,27	0,29	-0,87

A, agricultura; M, monte; G, ganadería.

C.V.=coeficiente de variación; est.=estándar. Letras distintas señalan diferencias significativas. (p=0,01).

6.b- ANOVA (Análisis de la varianza)

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-f	Valor-p
Entre grupos	1,68	2	0,84	16,65	0,0003
Intra grupos	0,6	12	0,05		
Total (Corr.)	2,28	14			

6.c- Comparación de medias. Método de Diferencias Mínimas Significativas (DMS)

SPR	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ac	5	0,58	X	A - G	*	-0,51	0,31
G	5	1,09	X	A - M	*	-0,81	0,31
M	5	1,39	X	G - M		-0,3	0,31

\* indica una diferencia significativa

(p<0,05)

6.d- Fracciones de Carbono Orgánico y EE de los tres sistemas productivo

	<i>Variables</i>			
	<i>COt</i>	<i>COp</i>	<i>COM</i>	<i>EE</i>
<b>Ac</b>	17,11	4,83	12,28	0,58
<b>G</b>	26,33	4,78	21,55	1,09
<b>M</b>	34,37	13,01	21,36	1,39

**Tabla 7. Resumen estadístico de Nt en función del SPR.**

7.a- Estadística descriptiva.

USO	Promedio (g.Kg-1)	Desvío est.	C.V. (%)	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo est.	Curtosis est.
Ac	1,07 a	0,28	25,99%	0,84	1,45	0,61	0,7	-1,02
G	1,35 a	0,5	37,14%	0,84	2,13	1,29	0,96	0,51
M	1,69 a	0,53	31,44%	0,84	2,29	1,45	-0,99	1,03
Total	1,37	0,49	35,98%	0,84	2,29	1,45	0,81	-0,74

A, agricultura; M, monte; G, ganadería.

C.V.=coeficiente de variación; est.=estándar. Letras distintas señalan diferencias significativas. (p=0,01).

7.b- ANOVA (Análisis de la varianza)

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-f	Valor-p
Entre grupos	0,96	2	0,48	2,36	0,14
Intra grupos	2,44	12	0,2		
Total (Corr.)	3,4	14			

7.c- Relacion C/N en los tres Sistemas Productivos

		<b>COo</b> <b>[g.Kg<sup>-1</sup>]</b>	<b>Nt</b> <b>[g.Kg<sup>-1</sup>]</b>	<b>C/N</b>
<b>Ac</b>	Promedio	12,96	1,072	12,1
	Desvio	3,87	0,28	
<b>G</b>	Promedio	19,95	1,346	14,8
	Desvio	4,28	0,50	
<b>M</b>	Promedio	26,04	1,69	15,4
	Desvio	4,54	0,53	

**Tabla 8. Resumen estadístico de pHsb en función del SPR.**

8.a-Estadística descriptiva.

USO	Promedio	Desvío est.	C.V. (%)	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo est.	Curtosis est.
Ac	7,44 a	0,31	4,21%	7,1	7,9	0,8	0,7	-0,11
G	7,94 a	0,59	7,43%	7,2	8,6	1,4	-0,2	-0,96
M	7,64 a	0,55	7,20%	7,1	8,4	1,3	0,55	-0,71
Total	7,67	0,51	6,64%	7,1	8,6	1,5	0,93	-0,81

A, agricultura; M, monte; G, ganadería.

C.V.=coeficiente de variación; est.=estándar. Letras distintas señalan diferencias significativas. (p=0,01).

8.b- ANOVA (Análisis de la varianza)

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-f	Valor-p
Entre grupos	0,63	2	0,32	1,27	0,32
Intra grupos	3	12	0,25		
Total (Corr.)	3,63	14			



**Tabla 9. Resumen estadístico de DASuperficial en función del SPR.**

9.a-Estadística descriptiva.

USO	Promedio kg/dm <sup>3</sup>	Desvío est.	C.V. (%)	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo est.	Curtosis est.
Ac	1,42 b	0,11	7,76%	1,25	1,55	0,3	-0,83	0,77
G	1,42 b	0,07	4,93%	1,31	1,47	0,16	-0,99	-0,15
M	1,25 a	0,04	2,80%	1,22	1,29	0,07	0,13	-1,38
Total	1,36	0,11	7,93%	1,22	1,55	0,33	0,12	-1,16

A, agricultura; M, monte; G, ganadería.

C.V.=coeficiente de variación; est.=estándar. Letras distintas señalan diferencias significativas. (p=0,01).

9.b- ANOVA (Análisis de la varianza)

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-f	Valor-p
Entre grupos	0,09	2	0,05	7,45	0,008
Intra grupos	0,07	12	0,006		
Total (Corr.)	0,16	14			

9.c-Comparación de medias. Método de Diferencias Mínimas Significativas (DMS)

SPR	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M	5	1,25	X	A - G		0,006	0,11
G	5	1,42	X	A - M	*	0,17	0,11
Ac	5	1,42	X	G - M	*	0,16	0,11

\* indica una diferencia significativa

(p<0,05)

**Tabla 10. Resumen estadístico de DAsubsuperficial en función del SPR.**

10.a-Estadística descriptiva.

SPR	Promedio kg/dm <sup>3</sup>	Desvío est.	C.V. (%)	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo est.	Curtosis est.
Ac	1,46 b	0,08	5,26%	1,35	1,56	0,21	-0,49	0,48
G	1,47 b	0,01	0,89%	1,45	1,48	0,03	-0,49	-0,68
M	1,29 a	0,07	5,65%	1,18	1,36	0,18	-0,97	0,09
Total	1,408	0,1	7,27%	1,18	1,56	0,38	-1,3	0,16

A, agricultura; M, monte; G, ganadería.

C.V.=coeficiente de variación; est.=estándar. Letras distintas señalan diferencias significativas. (p=0,01).

10.b- ANOVA (Análisis de la varianza)

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-f	Valor-p
Entre grupos	0,1	2	0,05	13,26	0,0009
Intra grupos	0,05	12	0,004		
Total (Corr.)	0,15	14			

10.c-Comparación de medias. Método de Diferencias Mínimas Significativas (DMS)

SPR	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M	5	1,29	X	A - G		-0,004	0,09
Ac	5	1,46	X	A - M	*	0,17	0,09
G	5	1,47	X	G - M	*	0,18	0,09

\* indica una diferencia significativa

(p<0,05)

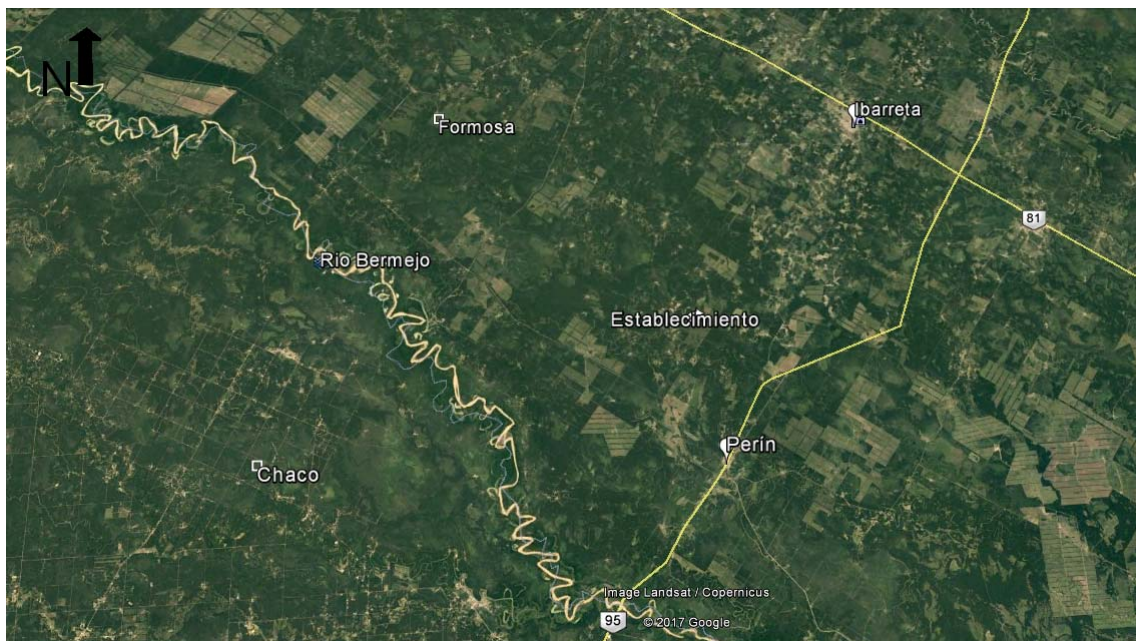
Tabla 11. Resumen del comportamiento de las variables en los distintos usos del suelo

		<i>Variables</i>							
		<i>pH</i>	<i>COo</i>	<i>Cop</i>	<i>EE</i>	<i>Nt</i>	<i>Da</i>	<i>Ph10-20</i>	<i>Da 10-20</i>
<i>Sistema Productivo</i>	<b>Ac</b>	b	a	a	a	a	b	a	ab
	<b>G</b>	b	b	a	b	a	b	a	ab
	<b>M</b>	a	b	b	b	a	a	a	a

A, agricultura; M, monte nativo; G, Ganadería.

Letras distintas señalan diferencias significativas. Los valores aumentan en orden alfabético. Se resaltan los mejores valores desde un punto de vista agronómico.

**Figura 1.** Ubicación del establecimiento (centro-sur de la provincia de Formosa) Sobre imagen. Escala 1:300.000



**Figura 2. Localización de las calicatas en el establecimiento, previo al desmonte.**



**Figura 3. Cambios de pH en el horizonte superficial del suelo. Monte nativo degradado (M), Agricultura continúa en directa (Ac), Ganadería (G).**

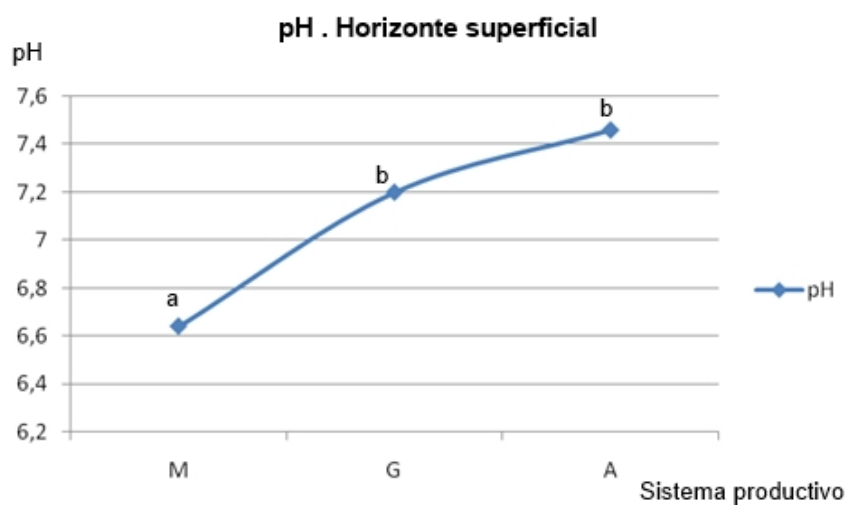
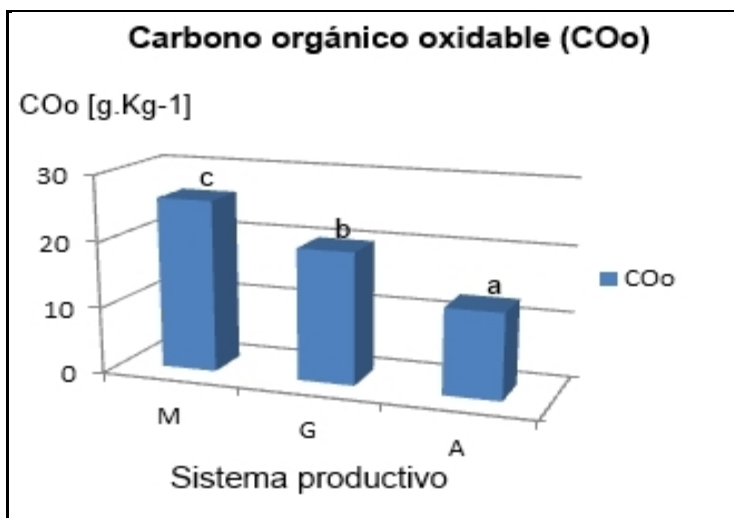
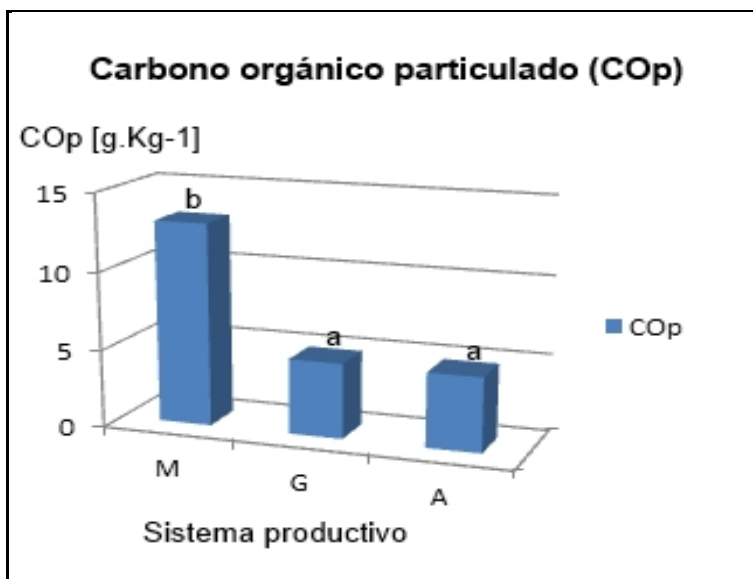


Figura 4. Efecto de la agriculturización sobre el COo sobre Monte nativo degradado (M), Agricultura continúa en directa (Ac), Ganadería (G).



Letras distintas señalan diferencias significativas.

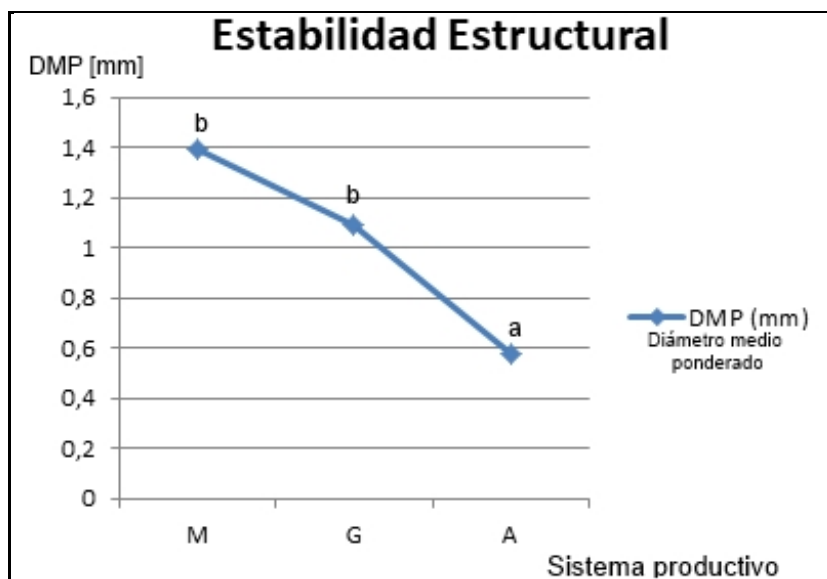
Figura 5. Efecto de la agriculturización sobre el COp sobre Monte nativo degradado (M), Agricultura continúa en directa (Ac), Ganadería (G).



Letras distintas señalan diferencias significativas.

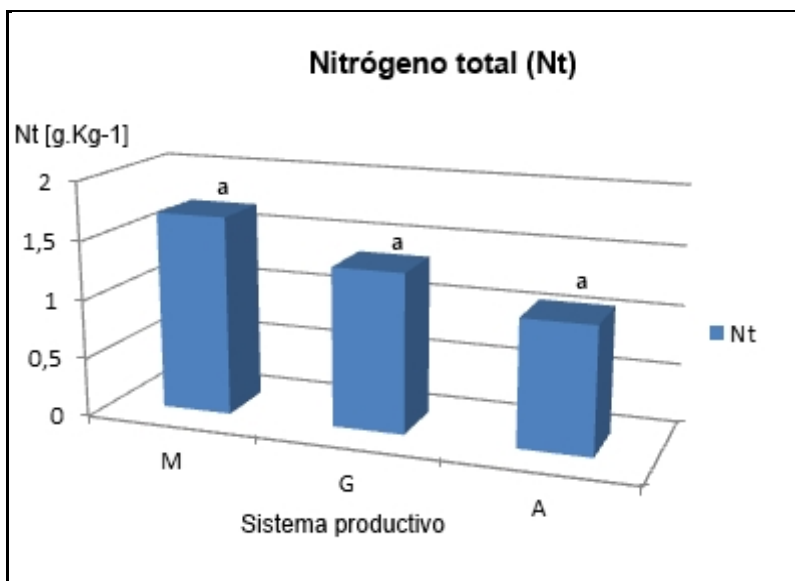


Figura 6. Efecto sobre la EE sobre Monte nativo degradado (M), Agricultura continúa en directa (Ac), Ganadería (G).



Letras distintas señalan diferencias significativas.

Figura 7. Efecto sobre el Nt sobre Monte nativo degradado (M), Agricultura continúa en directa (Ac), Ganadería (G).



Letras distintas señalan diferencias significativas.

Figura 8. Cambios de pH en el horizonte subsuperficial del suelo. Monte nativo degradado (M), Agricultura continúa en directa (Ac), Ganadería (G).

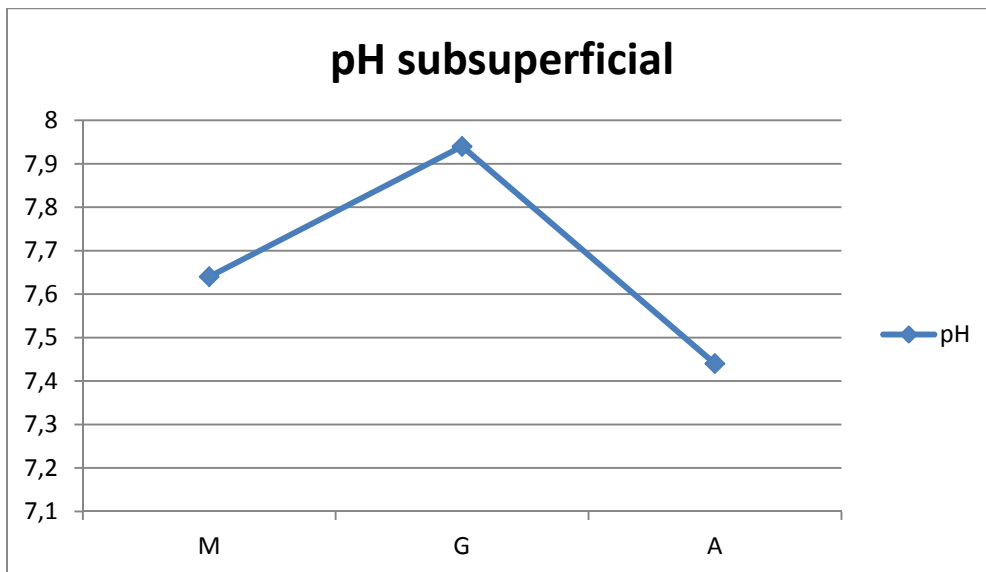
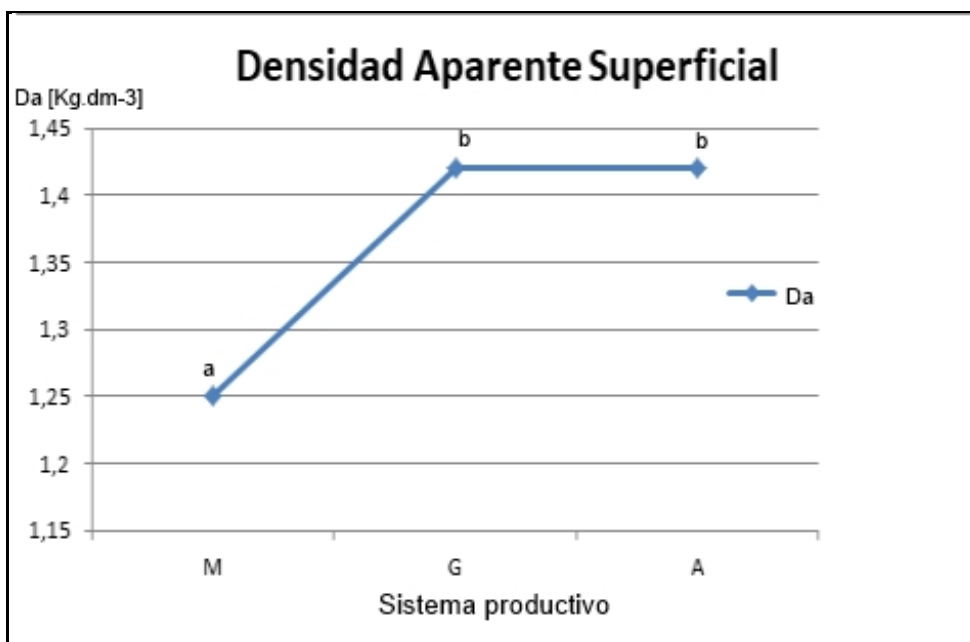
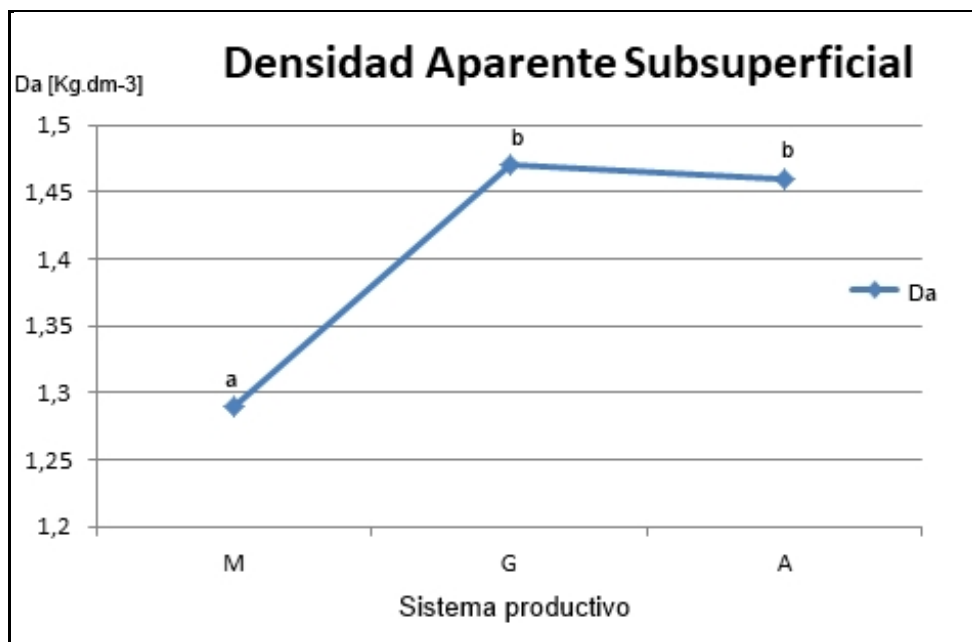


Figura 9. Efecto sobre el DAs en Monte nativo degradado (M), Agricultura continúa en directa (A), Ganadería (Gc).



Letras distintas señalan diferencias significativas.

Figura 10. Efecto sobre el DAsub. en Monte nativo degradado (M), Agricultura continúa en directa (Ac), Ganadería (G).



Letras distintas señalan diferencias significativas.

**Foto 1. Sistema Monte nativo degradado**



**Foto 2. Sistema Agricultura continua**



**Foto 3. Sistema Ganadería**





Foto 4. Perfil representativo del Hapludol.

