



FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

**TESINA PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO
ACADEMICO DE LICENCIADO EN QUIMICA**

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS EN DISTINTOS AMBIENTES
DE LOMA Y BAJO EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA”**

MAURO FILIPPI

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2011

Esta tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al Grado Académico de Licenciado en Química, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en el Laboratorio dependiente del Departamento de Química, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, durante el período comprendido entre el 12 de agosto del 2010 a la fecha, bajo la dirección de la Dra. Bellozas Reinhard Mónica y codirección de la Ing. Noellemeyer Elke Johanna.

Agradezco:

A Mis Profesores: Dra. Bellozas M. e Ing. Noellemeyer E., quienes me brindaron su apoyo constante, por la intensa dedicación tanto experimental como de dirección de esta tesina.

A Mi Familia: en especial a mis padres y hermano, quienes con su paciencia y aliento sustentaron todos estos años de estudio.

A todas las personas del pabellón de Química que prestaron su apoyo sin esperar nada a cambio.

A todos ellos mil gracias.

Resumen

Los suelos de la región semiárida pampeana presentan diferencias marcadas en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que conlleva a que exista variabilidad tanto espacial como temporal de los mismos.

El objetivo del presente trabajo fue obtener información de ensayos físico-químico en suelos de diferentes ambientes de loma y bajo de la región semiárida pampeana y a partir de la misma, establecer pautas para el manejo de suelos y cultivos que tiendan a mejorar la eficiencia de agua y la productividad de los mismos. Para ello se realizaron dos muestreos de suelo en distintas estaciones del año en diferentes zonas de la Provincia de La Pampa en los cuales se diferenciaron sitios de loma y de bajo. Los parámetros analizados fueron: Textura, Conductividad, Nitrógeno total, pH Actual, pH Hidrolítico, Materia Orgánica, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Fósforo y Capacidad de Intercambio Catiónico.

En función de los datos obtenidos de las localidades muestreadas se pudo observar que parámetros como Materia Orgánica, Sodio y Capacidad de Intercambio Catiónico son dependientes de la variabilidad estacional, mientras que parámetros como pH Actual, pH Hidrolítico, Materia Orgánica, Sodio y Capacidad de Intercambio Catiónico son dependientes de la topografía.

Las prácticas de manejo por ambientes o sitio específico con el paso del tiempo están cobrando cada vez mayor interés debido al uso indiscriminado de los suelos como así también al costo de los insumos utilizados, posibilitando el aumento del rendimiento económico como también así la preservación de la calidad de los suelos labrados.

Abstract

The soils of the Pampean semiarid region have marked differences in their physical, chemical and biological properties, which leads to the existence of both spatial and temporal variability of them.

The objective of this study was to obtain information on physical-chemical tests on soils from different environments, and low hill semiarid Pampas region and from it, establish guidelines for the management of soils and crops designed to improve water efficiency and their productivity. For this there were two samples of soil in different seasons in different areas of the Province of La Pampa where sites differ, low hill. The parameters analyzed were: texture, conductivity, total nitrogen, pH Currently, Hydrolytic pH, organic matter, Calcium, Magnesium, Sodium, Potassium, Phosphorus and Cation Exchange Capacity.

Based on data obtained from sampling sites could be observed that parameters such as organic matter, Sodium and Cation Exchange Capacity is dependent on seasonal variability, while parameters such as pH Currently, Hydrolytic pH, organic matter, and Sodium Exchange Capacity Cation are dependent on the topography.

Management practices for site-specific environments or over time are gaining increasing interest due to the indiscriminate use of land as well as the cost of inputs, enabling the improved economic performance and also the preservation of tilled soil quality.

INTRODUCCIÓN

1. Agricultura	9
1.1 Definición de agricultura	9
1.2 Tipos de agricultura	10
1.3 Agricultura y medio ambiente	12
1.4 Agricultura en Argentina	13
2. Agricultura de Precisión	15
2.1 Definición de Agricultura de Precisión	15
2.2 Historia de la Agricultura de Precisión	15
2.3 Caracterización de la Agricultura de Precisión	16
2.4 Secuencia en la Agricultura de Precisión	19
2.5 Fuentes de variación de rendimiento	21
2.6 Seguimiento y toma de observaciones del lote	24
2.7 Diagnóstico	25
3. Manejo Sitio-Específico	25
3.1 Definición de Manejo Sitio-Específico	25
3.2 Diferencia entre Agricultura de Precisión y Manejo Sitio-Específico	26
3.3 Muestreo intensivo de suelos	26
3.4 Diagnóstico de la fertilidad del suelo	26
3.5 Manejo Sitio-Específico en ambientes semiáridos	27
Objetivo	28

MATERIALES Y METODOS

1. Descripción del sitio	29
2. Muestreo	29
3. Análisis Químico	30
3.1 Método del Hidrómetro de Bouyoucos	30
3.2 pH	33
3.3 Conductividad (Conductímetro de celda)	34
3.4 Humedad (Método gravimétrico)	35
3.5 Nitrógeno Total (Semimicro Kjeldhal)	35
3.6 Carbono Total (Método Walkley y Black)	36
3.7 Materia Orgánica	37
3.8 Capacidad de Intercambio Catiónico	38
3.9 Fosforo (Bray y Kurtz N° 1)	41
4. Análisis de datos	44
5. Utilización del programa Infostat	44

RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. Variabilidad estacional de los muestreos	45
1.1 pH Hidrolítico	45
1.2 pH Actual	46
1.3 Humedad	46
1.4 Conductividad	47

1.5 Nitrógeno	48
1.6 Carbono	49
1.7 Materia Orgánica	49
1.8 Calcio	50
1.9 Magnesio	51
1.10 Sodio	52
1.11 Potasio	52
1.12 Capacidad de Intercambio Catiónico	53
1.13 Fosforo	54
2. Variabilidad entre diferentes ambientes	55
2.1 Localidad de Metileo	55
2.2 Localidad de Doblás	57
2.3 Localidad de Embajador Martini	58
2.4 Localidad de Uriburu	60
3. Interpretación del efecto topográfico y local de las variables	62
3.1 Correlación entre los diferentes parámetros y la topografía	62
3.2 Correlación entre los diferentes parámetros y las localidades muestreadas	63
Conclusiones	65
Glosario	66
Bibliografía	68
Anexo I: Parámetros vs Topografía	72
Anexo II: Parámetros vs Localidades	77

Introducción

1-Agricultura

1.1 Definición de agricultura

Etimológicamente **agricultura** significa «cultivo, cuidado de los campos». La agricultura en sentido amplio es el proceso del conocimiento y aplicación voluntaria y consciente de los principios del cultivo de las plantas útiles al hombre. (1)

La **agricultura** (del latín *agricultūra*: ‘cultivo de la tierra’) es el conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra. En ella se engloban los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y cultivo de vegetales. Comprende todo un conjunto de acciones humanas que transforma el medio ambiente natural, con el fin de hacerlo más apto para el crecimiento de las siembras. (2) (3)

Las actividades relacionadas son las que integran el llamado sector agrícola. Todas las actividades económicas que abarca dicho sector tienen su fundamento en la explotación de los recursos que la tierra origina, favorecida por la acción del hombre. La producción de alimentos vegetales como cereales, frutas, hortalizas, pastos cultivados y forrajes; fibras utilizadas por la industria textil; cultivos energéticos; etc. son claros ejemplos de este tipo de manejo del suelo o práctica agrícola.

Es una actividad de gran importancia estratégica como base fundamental para el desarrollo autosuficiente y riqueza de las naciones; que como hecho antropológico productivo su enfoque económico formara parte de un proyecto político de nación.

Principales hechos históricos relacionados con el manejo de los suelos

El inicio de la agricultura se encuentra en el período Neolítico, cuando la economía de las sociedades humanas evolucionó desde la recolección, la caza y la pesca a la agricultura y la ganadería. Las razones del desarrollo de la agricultura pudieron ser debidas a cambios climáticos que favorecían este tipo de práctica; también pudieron deberse a la escasez de caza o alimentos de recolección, o a la desertización de amplias regiones.

En la antigua Roma, las técnicas agrícolas se basaban en el uso del arado romano, tirado habitualmente por bueyes, y en el sistema de barbecho. Otros aportes fueron técnicas de: regadío, abono, etc.

La introducción del uso de arados pesados (con ruedas y vertedera) se produjo en la edad media, lo que permitió realizar un cultivo más profundo de los suelos. El cambio del buey por el caballo como animal de tiro, la posibilidad de abonado, la implementación de diferentes sistemas de regadío fueron otros avances de la agricultura en esta época.

En la edad moderna, las mejoras técnicas productivas fueron la rotación de cultivos de cuatro hojas, la introducción de nuevos cultivos y el intercambio de cultivos a nivel planetario.

El uso de abonos químicos (fosfatos, nitratos, etc.) la mecanización y los estudios científicos de la edafología y la ingeniería agrícola transformaron la agricultura, a finales del siglo XIX, en una actividad similar a la industrial en cuanto a su conexión con la ciencia y tecnología.

La revolución verde de la segunda mitad del siglo XX significó un salto cualitativo en la tecnificación y mecanización de la agricultura en todo el mundo, basándose en mejoras tecnológicas avanzadas como las semillas de alto rendimiento y la aparición del tractor.

En la actualidad, la manipulación genética, la mejor gestión de los nutrientes del suelo y la mejora en el control de las semillas han aumentado enormemente el rendimiento de las cosechas por unidad de superficie. (4) (5)

1.2 Tipos de agricultura

Los tipos de agricultura pueden dividirse según distintos criterios de clasificación:

Según su dependencia del agua:

- De secano: es la agricultura producida sin aporte de agua por parte del mismo agricultor, nutriéndose el suelo de la lluvia o aguas subterráneas.
- De regadío: se produce con el aporte de agua por parte del agricultor, mediante el suministro que se capta de cauces superficiales naturales o artificiales, o mediante la extracción de aguas subterráneas de los pozos. (Fig. 1.2)



Fig. 1.2 Riego en un cultivo de algodón

Según la magnitud de la producción y su relación con el mercado:

- Agricultura de subsistencia: Consiste en la producción de la cantidad mínima de alimento necesario para cubrir las necesidades del agricultor y su familia, sin apenas excedentes que comercializar. El nivel técnico es primitivo.
- Agricultura industrial: Se producen grandes cantidades, utilizando costosos medios de producción, para obtener excedentes y comercializarlos. Típica de países industrializados, de los países en vías de desarrollo y del sector internacionalizado de los países más pobres. El nivel técnico es de orden tecnológico. También puede definirse como Agricultura de mercado.

Según se pretenda obtener el máximo rendimiento o la mínima utilización de otros medios de producción, lo que determinará una mayor o menor huella ecológica:

- Agricultura intensiva: busca una producción grande en poco espacio. Conlleva un mayor desgaste del sitio. Propia de los países industrializados.
- Agricultura extensiva: depende de una mayor superficie, es decir, provoca menor presión sobre el lugar y sus relaciones ecológicas, aunque sus beneficios comerciales suelen ser menores.

Según el método y objetivos:

- Agricultura tradicional: utiliza los sistemas típicos de un lugar, que han configurado la cultura del mismo, en periodos más o menos prolongados.
- Agricultura industrial: basada sobre todo en sistemas intensivos, está enfocada a producir grandes cantidades de alimentos en menos tiempo y espacio, pero con mayor desgaste ecológico, dirigida a mover grandes beneficios comerciales.
- Agricultura ecológica, biológica u orgánica (son sinónimos): crean diversos sistemas de producción que respeten las características ecológicas de los lugares y geobiológicas de los suelos, procurando respetar las estaciones y las distribuciones naturales de las especies vegetales, fomentando la fertilidad del suelo.
- Agricultura natural: se recogen los productos producidos sin la intervención humana y se consumen.

1.3 Agricultura y medio ambiente

La agricultura tiene un gran impacto en el medio ambiente. En los últimos años, algunos aspectos de la agricultura intensiva a nivel industrial han sido cada vez más polémicos. La creciente influencia de las grandes compañías productoras de semillas y productos químicos y las procesadoras de alimento preocupan cada vez más tanto a los agricultores como al público en general. El efecto desastroso sobre el entorno de la agricultura intensiva han causado que varias áreas anteriormente fértiles hayan dejado de serlo por completo, como ocurrió en tiempos con Oriente Medio, antaño la tierra de cultivo más fértil del mundo y ahora un desierto. (6)

Podemos citar algunos problemas que se presentan en la actualidad provocados por usos intensivos de los suelos:

- Contaminación por nitrógeno y fósforo en ríos, lagos y aguas subterráneas.
- Erosión del suelo.
- Por cultivos agresivos Ej: cultivo de maní.
- Agotamiento de minerales del suelo.

- Salinización del suelo en zonas secas (téngase por caso laboreo de agricultura bajo riego).

Muchos de estos problemas van agotando y desertizando el suelo, obligando a abandonar unos terrenos para arar otros nuevos que, a su vez, se agotan, creando un círculo vicioso que va destruyendo el entorno. Un ejemplo claro es la progresiva deforestación de la selva del Amazonas.

1.4 Agricultura en Argentina

Una de las características del espacio rural es la ubicación de las actividades en diferentes zonas y regiones. La agricultura principalmente se lleva a cabo en la región pampeana pero también en el noroeste, noreste y cuyo.

A principios de 1960, la producción aumentó debido al incremento de la superficie de las explotaciones y del aumento de la productividad. Además la introducción de nuevas tecnologías intensificó el uso de las tierras. Actualmente el suelo está sobreexplotado por las grandes empresas. Éstas se dedican principalmente al cultivo de porotos y soja en el Noroeste, en la producción de vinos finos en Mendoza y frutícola en Río Negro. También los suelos están erosionados debido a la explotación intensiva y el clima no favorable en algunas zonas. En otros casos los suelos sufren el pisoteo de los animales quienes se alimentan de estos pastos lo cual causan su deterioro.

Anteriormente, alrededor de los fines del siglo XIX y principios del siglo XX, nuestro país se especializaba en la producción y luego exportación de lana, trigo, carnes y cereales. Actualmente se desarrolla mayoritariamente la producción de soja para el mercado externo, ya que se obtienen ganancias más altas.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX se llevó a cabo un gran proceso de inmigración en la Argentina. Los inmigrantes europeos introdujeron nuevos métodos de explotación de las tierras y se dedicaron a la agricultura. Junto a esto hubo una

modernización de la infraestructura y de las técnicas, lo que hicieron posible a un gran crecimiento de las actividades agropecuarias.

En la época de la Revolución Verde se incorporaron innovaciones tecnológicas y es la época de la mecanización. Algunas de las técnicas fueron la de realizar dos cosechas al año en el cual se obtenía una duplicación de la producción anual. También se logró la resistencia de algunas enfermedades que evitaban el receso de las actividades y se permitió realizar cultivos en zonas que no eran aptas originalmente.

Otro medio que implicó el aumento de la producción fue el mejoramiento de semillas y la introducción de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes para poder combatir todo tipo de plagas como así también, aportar los diferentes nutrientes al suelo necesarios para un buen desarrollo del cultivo. El conjunto de estos adelantos se lo denominó como paquete tecnológico, que permitió una mayor inversión en las actividades agrícolas.

El modelo agroexportador fue posible por la introducción del ferrocarril como una vía de transporte de los productos hacia el mercado interno y externo. La red ferroviaria permitía la comunicación del área de producción agropecuaria con el puerto de Buenos Aires. La rentabilidad de llevar a cabo estas actividades se hizo posible por la reducción de los costos de transporte lo que permitió el desarrollo del sector agropecuario en el país.

La agricultura pampeana generalmente no necesita riego (agricultura de secano), gran parte es destinada a la exportación y son cultivos con mayor cantidad de hectáreas y volumen. Sus principales producciones son los cereales como el trigo, maíz, avena y sorgo y las oleaginosas como el girasol, maní y soja. Las economías regionales satisfacen el mercado interno y requieren de riego en algunas regiones y otras no. Actualmente se está desarrollando la “pampeanización” que se lo denomina a las regiones extra-pampeanas que adoptan cultivos típicos de las zonas pampeanas como la soja.

El uso del suelo pampeano se ha ido modificando y adoptando el proceso de “agriculturarización”, donde las actividades agrícolas comenzaron a tener más importancia que la ganadera. Además la producción ha pasado a ser mayoritariamente de soja dejando atrás la del trigo y el maíz. También se ha logrado obtener nuevas tecnologías, como el

riego mecánico, y cambios en el tipo de producción como el monocultivo y el doble cultivo que aumentan sus rendimientos siendo destinados a la exportación. Los productores pampeanos constituyen una homogeneidad ya que sus técnicas de producción son similares. (7)

2- Agricultura de Precisión

2.1 Definición de Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión es una práctica que incluye un conjunto de nuevas herramientas para mejorar la eficiencia de producción agrícola, teniendo como premisa la recolección de datos georreferenciados (neologismo) en forma muy precisa de las características del suelo; el estado nutricional y disponibilidad hídrica de los cultivos, la composición de la población de malezas o enfermedades de un cultivo y su relación con el rendimiento variable de un lote; luego con los datos diseñar el diagnóstico más conveniente y sostenible y si fuese necesario aplicar los insumos en función de la efectiva necesidad de las diversas áreas de un lote o campo, para incrementar beneficios y mantener la calidad del ambiente.(8)

El término tiene diferentes significados para distintas personas. Para algunos, significa usar satélites, sensores y mapas. Para otros, es vislumbrar el futuro de la agricultura. Ese futuro significa manejar cada insumo del cultivo (fertilizante, corrector de pH, herbicida, insecticida, fungicidas, semilla, etc.) sobre una base de sitio específico para reducir el desperdicio, aumentar las ganancias y mantener la calidad ambiental. (8)

2.2 Historia de la Agricultura de Precisión

En el año 1983 en Estados Unidos, en la Universidad de Purdue, se comienza a mencionar la posibilidad concreta de producir granos en forma extensiva con la asistencia de computadoras, y de esta manera, se podría pensar en el manejo diferencial de la variabilidad automatizada por medio de aparatos electrónicos.

La dosificación de insumos en tiempo real atravesando la variabilidad, sería muy dificultosa sin el uso del GPS que es el que posiciona constantemente las máquinas, y por ello, se acopla a esos sistemas de computación la señal GPS.

La empresa Ag Leader de Estados Unidos, comenzó con el desarrollo del monitor de rendimiento, pero fue Massey Ferguson en 1992 el primero en colocarlo comercialmente en una cosechadora.

En Argentina, la Agricultura de Precisión comenzó durante el año 1995 de la mano del INTA Manfredi con la ayuda de la empresa D&E y Tecnocampo, año en que se realizó el primer mapa de rendimiento de un lote de Maíz en Monte Cristo, cercano a la ciudad de Córdoba.

El interés y la adopción de la Agricultura de Precisión, se ve cada día más firme en Argentina; tanto es así, que la adopción siguió creciendo, aún en plena crisis de la venta de maquinaria (1999 – 2002).

Actualmente existen en el mercado activo de cosechadoras, 22.300 máquinas, de las cuales, ya 1.800 cuentan con monitor de rendimiento, y de ellas, unas 1.500 poseen asistencia de GPS, o sea, que del total del área cosechable anualmente en Argentina (28 millones de hectáreas) se estima que se podrían mapear 2 millones de ha. (7,15%), lo que no es poco, teniendo en cuenta que lo que se mapea fundamentalmente son ensayos que generan datos sobre manejo de insumos según ambientes, que luego son extrapolados a muchas otras hectáreas. (9)

2.3 Caracterización de la Agricultura de Precisión

A medida que la agricultura se fue mecanizando, los productores comenzaron a tratar los lotes como la unidad más pequeña de manejo. Abandonaron la idea de manejar unidades menores a los lotes para poder tomar ventaja de la mayor velocidad y capacidad de las maquinarias e implementos. Tratando grandes áreas de la misma manera, el productor pasaba menos tiempo en el campo y cubría más hectáreas por día. Las ventajas del incremento en la producción excedían a los beneficios del manejo de unidades menores a los lotes, muy intensivo en mano de obra.

Hoy en día la tecnología ha alcanzado un nivel que le permite al productor medir, analizar, y manejar la variabilidad dentro de los lotes mediante tecnologías de sensores remotos que detecten diferencias en cuanto a la calidad de suelo, y aplicaciones diferenciales de agroquímicos y fertilizantes. La habilidad de manejar variaciones en la productividad dentro del lote y maximizar los rendimientos han sido siempre los deseos de los productores, especialmente de aquellos con limitaciones en el recurso suelo. El reciente

desarrollo de microprocesadores y otras tecnologías electrónicas son nuevas herramientas disponibles para ayudar a los productores a alcanzar su meta.

La condición que lleva a la adopción de la agricultura de precisión, y a la aplicación variable en particular, es la variación espacial. Esta es la variación en las características medidas en el cultivo y el suelo en la distancia y profundidad. Generalmente se encuentra variabilidad en todos los lotes. La variabilidad se observa en la fertilidad del suelo, contenido de humedad, textura, topografía, vigor del cultivo e incidencia de insectos y enfermedades o competencia de malezas. (8)

Las características del cultivo y del suelo no solo varían en la distancia y profundidad, sino también varían con el tiempo. Algunas características del suelo son muy estables, y cambian muy poco a través del tiempo, como la textura, y otras características como el nivel de nitratos y contenido de humedad y materia orgánica, pueden fluctuar rápidamente. Por supuesto, las condiciones del cultivo pueden cambiar en cuestión de horas. La agricultura de precisión involucra la recolección de muestras de suelo y cultivo para obtener información sobre cómo varían las condiciones en el lote. La variabilidad a través del tiempo afecta a una serie de decisiones de agricultura de precisión, que incluyen: qué propiedades muestrear, cómo muestrear, cuán seguido hacerlo y cómo responder a la variabilidad medida dentro del lote.

Los métodos de muestreo difieren en el costo de recolección de las muestras y en su análisis. La frecuencia de muestreo puede afectar la forma en la cual el productor maneja el dinero, su trabajo y el tiempo. Algunos insumos de la producción pueden ser variados en base a mapas generados de muestras tomadas meses o inclusive años antes de la aplicación. La cal (correctora de pH) es un ejemplo de un insumo de ese tipo. Sin embargo, otros insumos están basados en características del suelo que cambian tan rápidamente que las técnicas de muestreo tradicional pueden no ser apropiadas para prescribir su aplicación. Si una característica cambia rápidamente, puede tener sentido para un productor usar equipos de aplicación que pueden censar las variaciones y responder variando la aplicación casi instantáneamente, en tiempo real, sin depender de un muestreo anterior.

El manejo de lotes completos que se hace actualmente ignora la variabilidad de las características del suelo y busca aplicar los insumos de manera uniforme. Las aplicaciones constantes se basaban, generalmente, sobre propiedades medidas a través de muestras

compuestas de suelo que se recolectaban para representar las características promedio de un lote. Con semejante enfoque, hay una gran posibilidad de sobre y sub-aplicación de insumos en un lote.

La eficiencia económica está entre los factores más importantes que afecta la transición entre manejo del lote y manejo de sitio específico. La agricultura de precisión puede afectar tanto a los costos como a los beneficios. Existe el potencial para:

- ✓ Mayores rendimientos con el mismo nivel de insumos, simplemente redistribuidos
- ✓ Mismos rendimientos con menores insumos
- ✓ Mayores rendimientos y reducción de los insumos

Los productores que implementen prácticas de precisión pueden obtener también mayor calidad en sus cosechas debido a una mejor combinación de los requerimientos y los insumos aplicados. Es bien conocido que las deficiencias de nutrientes reducen el crecimiento de los cultivos y la calidad del grano. La “sobre-aplicación” de fertilizantes puede también reducir los rendimientos y la calidad del grano. Por ejemplo, la “sobre-aplicación” de nitrógeno en cultivos como trigo y centeno, incrementa el crecimiento vegetativo que provoca vuelco, en detrimento del rendimiento.

Sin embargo, el hecho de que un lote tenga variabilidad no significa que siempre va a tener sentido hacer algo al respecto. Primero el productor debe determinar cuánta variabilidad existe en sus lotes. El próximo y más importante paso es encontrar relaciones causa-efecto entre variables medidas y el resultado obtenido, en términos de rendimiento y calidad. Esto significa saber cuánto puede producir cada área del campo y que evita que un área rinda su máximo potencial. Finalmente, si un productor puede averiguar que está causando la diferencia en rinde o en calidad, busca la manera, en función de sus herramientas y recursos, de resolver el problema.

Los insumos que los productores aplican normalmente en forma variable son: fertilizantes, plaguicidas y semilla (Tabla 2.3). (8)

Tabla 2.3 Principales insumos utilizados por los productores

<i>Insumos</i>	<i>Caracterización</i>
Fertilizantes	Cada año los productores de todo el mundo aplican más de 100 millones de toneladas de nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K). La posibilidad de manejar mejor un insumo de tan alto costo puede tener un impacto significativo en la rentabilidad de un cultivo. Además se debe considerar el potencial de causar impacto ambiental. Es deseable colocar los fertilizantes en el lugar correcto con la tasa de aplicación correcta, determinado a través de un análisis económico.
Plaguicidas	La aplicación impropia de plaguicidas puede tener efectos negativos tanto durante el crecimiento del cultivo como posteriormente. Si las tasas de aplicación son muy bajas, el control es pobre. Si las tasas de aplicaciones son demasiado elevadas, puede haber fitotoxicidad en el cultivo, pueden tener un efecto residual negativo, y pueden terminar en el agua subterránea. La aplicación variable de plaguicidas tiene el potencial de ahorrar considerables sumas de dinero y de reducir el daño ambiental y a los cultivos.
Semilla	Es un insumo muy importante debido a que gran parte del rendimiento de las cosechas dependen de la calidad de las mismas. Existen varias clases de semillas, por un lado tenemos la denominada “identificada” la cual se conoce los porcentajes de pureza, germinación, malezas y año de cosecha. Otra clase es la denominada “fiscalizada” la cual cumple con los requisitos de la “identificada” y además ha demostrado buen comportamiento en ensayos aprobados oficialmente. Dentro de esta clase se reconocen “original” (básica o fundación) y “certificada” en distintos grados.

Finalmente, para referirnos a la siembra, el hecho de variar la densidad de la misma basado en las características de suelo le permite al productor sembrar mayor densidad sobre suelos que pueden soportar mayores poblaciones de plantas. Con sensores de humedad una sembradora puede posicionar la semilla a la profundidad óptima para la germinación basado en el contenido de humedad del suelo.

2.4 Secuencia en la Agricultura de Precisión

Se fundamentan principalmente en cuatro etapas:

- I. Obtención de abundante información georreferenciada de los diferentes factores que inciden en los rendimientos de los cultivos. Primeros mapas de rendimiento apoyados con buenas planillas de seguimiento del cultivo.
- II. Análisis de la variabilidad inducida y natural del lote a través de la información georreferenciada utilizando softwares específicos y un grupo de trabajo interdisciplinario capaz de elaborar un diagnóstico de aplicación de insumos basados en los conocimientos agronómicos.
- III. Si la variabilidad natural es mayor que la inducida, se planifica y se ejecuta la aplicación variable de insumos para cada sitio del lote, a través de maquinaria equipada con sensores, actuadores y controladores georreferenciados.
- IV. Evaluación de las estrategias agronómicas, planificadas para un lote, a través del monitoreo de rendimiento y la confección del nuevo mapa.

La información de Agricultura de Precisión que se conoce en la Argentina, proviene de países muy desarrollados como EE.UU. y Europa, donde la producción agrícola se encuentra muy intensificada y con una alta utilización de insumos, donde los factores de manejo que inciden directamente en el rendimiento como recurso genético, eficiencia de implantación, aplicación de fertilizantes, control de malezas, plagas y enfermedades, y la provisión de agua para los cultivos se encuentran ajustados y donde la Agricultura de Precisión pueda cumplir un rol fundamental en la preservación del ambiente productivo.

Los resultados en estos casos muy pocas veces son esperados por el lado del incremento del rendimiento, sino más bien por la reducción de la aplicación de insumos en el sitio del lote con bajas respuestas o potencial, donde por ejemplo, el nitrógeno en exceso y no aprovechado es lixiviado, contaminando las napas freáticas con el daño ambiental que ello significa.

Otra situación es la que se presenta en nuestro país, donde los factores de manejo y los climáticos son los que más afectan el rendimiento y donde la Agricultura de Precisión puede acelerar el ajuste del diagnóstico ponderando errores y aciertos de manejo. Luego de 2 o 3 cosechas, donde el productor que adopte esta herramienta haya maximizado el rendimiento a través de un manejo basado en datos reales, se justificará avanzar en mapeo de suelos, fotografías de todo tipo, correlaciones de datos y diagnóstico de aplicación variable de insumos.

También en nuestro país, por el sistema productivo imperante en grandes empresas, que en su mayoría son manejadas técnicamente por personas que les resulta imposible verificar los trabajos lote por lote; el monitoreo de rendimiento mediante mapas generados por la misma cosechadora, en esos casos será una poderosa herramienta de diagnóstico rápido para la elección y aplicación de insumos. Un buen diagnosticador frente a una computadora puede evaluar, mediante el mapa de rendimiento, problemas gruesos de manejo solo observando si la variabilidad presenta diferencias longitudinales importantes, que coincidan con el sentido de siembra, fertilización, aplicación de agroquímicos o cosecha; en cambio si la variabilidad no responde a ninguno de los parámetros antes mencionados es de suponer que pueden obedecerse a otros factores que en muchos casos coinciden con la altimetría del lote, o variabilidad edáfica. (8)

2.5 Fuentes de variación de rendimiento

Investigadores, asesores y productores han documentado numerosas fuentes naturales e inducidas de variación en el rendimiento. Sería difícil crear un ranking de estos factores basados en un impacto relativo en el rendimiento, porque estos cambian de año en año y de lote en lote. Por ejemplo: la variación en la profundidad del horizonte desarrollado del suelo no solo afecta la capacidad de retención de agua de un sitio sino que también afecta la disponibilidad de nutrientes, aireación del suelo, volumen radicular y la susceptibilidad a la infestación con malezas. La siguiente tabla descriptiva muestra fuentes de variación que pueden y son expresadas en mapas de rendimiento (Tabla 2.5). (8)

Tabla 2.5 Fuentes naturales e inducidas de variación en el rendimiento.

FUENTES DE VARIACIÓN	
<i>VARIABILIDAD NATURAL</i>	
Clima	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad, frecuencia e intensidad de precipitaciones. • Radiación solar. • Vientos.

	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura máxima, mínima, amplitud diurna y nocturna.
Relación suelo/clima	<ul style="list-style-type: none"> • Drenaje. • Profundidad del suelo. • Capacidad de retención de agua.
Propiedades físicas y químicas del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Textura (arcilla, limo, arena, fragmentos gruesos). • Estructura y densidad de agregados. • Profundidad de capas restrictoras. • Disponibilidad de nutrientes. • Materia orgánica, pH, salinidad. • Capacidad de intercambio calórico.
Pendiente y posición del sitio en el paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto sobre la erodabilidad, temperatura del suelo, calidad del suelo.
Infestación de plagas	Malezas, insectos, enfermedades, microfauna.
VARIABILIDAD INDUCIDA POR MANEJO	
Condiciones del cultivo e insumos	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del híbrido o variedad. • Densidad de siembra y uniformidad • Distanciamiento entre hileras. • Profundidad de siembra. • Control de malezas. • Control de enfermedades y plagas. • Fertilizante aplicado. • Tipo, dosis, momento y posicionamiento del fertilizante y agroquímico. • Eficiencia de aplicación de cada insumo.
Historia del lote	<ul style="list-style-type: none"> • Rotaciones.

	<ul style="list-style-type: none"> • Labores y compactación. • Años de siembra directa y cobertura del suelo con residuos. • Estructuras y prácticas anteriores: caminos, aguadas, alambrados, etc.
Prácticas culturales y/o errores	<ul style="list-style-type: none"> • Mala aplicación de agua de riego, fertilizantes y/o agroquímicos. • Problemas de sembradoras o cosechadoras. • Conservación de la humedad del suelo.

En general la disponibilidad de agua de los cultivos, incluye tanto deficiencias como excesos, tiene el efecto simple más grande sobre el rendimiento. En Argentina, el rendimiento de los cultivos es proporcional al uso de agua o evapotranspiración. De hecho que hay muchos trabajos de modelos de crecimiento de soja en USA basados solamente en la disponibilidad de agua, que explican hasta el 69% de la variación de rendimiento, en lotes de considerable variación de suelo y topografía.

Algunos ejemplos de factores de rendimiento a cuantificar:

1. Condiciones de la génesis del suelo.
2. Historia del lote, la secuencia de cultivos, sistema de labranza, etc.
3. Condiciones climáticas de los últimos años y de la campaña
4. Respuesta genética del cultivo implantado.
5. Uniformidad en la implantación en la línea.
6. Fecha, densidad y distanciamiento de siembra.
7. Disponibilidad de agua y nutrientes en cada etapa del ciclo del cultivo.
8. Influencia de la cantidad y uniformidad de la cobertura y su relación con la eficiencia en el uso del agua.
9. Compactación del suelo por el tránsito agrícola.
10. Disminución del potencial genético frente al ataque de una plaga o enfermedad.
11. Competencia de malezas, y la competencia entre plantas de un mismo cultivo (plantas dominantes).

12. Elección, dosis, y eficiencia de aplicación de cada insumo.
13. Momento óptimo y eficiencia en la cosecha.

Cada uno de estos factores puede correlacionarse y tener respuesta diferente frente a diversos tipos de suelo. A estos se los puede desdoblar en muchos más, sólo se los menciona para mostrar que el rendimiento de una parte del lote, puede estar indicando y ponderando el grado de influencia de uno o varios de esos factores.

Se deben diferenciar dos caminos distintos, uno es *determinar la influencia de diferentes factores de manejo* (variabilidad inducida). Se deben ordenar los diferentes factores de manejo a medir en parcelas no menores de 1 ha o 2000 kg de grano, siendo el mapa de rendimiento una herramienta valiosa para evaluarlos, en ese caso resultará difícil poder extraer conclusiones de la variabilidad de potencial de rendimiento de los sitios del lote. En cambio, si desde un primer momento se pretende *determinar la variabilidad del potencial productivo del lote* (variabilidad natural), se debe programar la siembra utilizando un único plan de manejo para eliminar factores que puedan dificultar la lectura de la variabilidad del cultivo y sus causas.

Si el rendimiento dentro de un lote no varía significativamente y su nivel es satisfactorio, entonces hay poco incentivo para invertir en tecnologías adicionales de agricultura de precisión. Por el contrario, rendimientos altamente variables dentro de un lote indican que las prácticas corrientes pueden no estar proveyendo las mejores condiciones de crecimiento en todos los sectores del lote. En este caso la agricultura de precisión será beneficiosa.

2.6 Seguimiento y toma de observaciones del lote

La calidad de observación, el seguimiento realizado por personas con conocimiento agronómico y el buen criterio, permitirán profundizar el diagnóstico hasta cierto punto.

Para poder mejorar el diagnóstico, se puede recurrir a los mapas de análisis de suelos realizados con el método de cuadrículas georreferenciadas solamente a nivel de lote, o bien a nivel de áreas de rendimiento homogéneas. Estos mapas de fertilidad, pH, conductividad, etc, superpuestos a los de rendimiento, pueden correlacionarse orientando

el diagnóstico según la necesidad de conocer la influencia de una u otra variable sobre la producción del cultivo.

2.7 Diagnóstico

Ubicada la variabilidad y sus causas, aparece la tercera etapa de la Agricultura de Precisión, que es el *diagnóstico preciso para cada sitio del lote*, éste puede indicar la necesidad de aplicar soluciones muy distintas para cada lugar del campo.

3- Manejo sitio-específico

3.1 Definición de Manejo Sitio-Específico

El manejo sitio específico reconoce e identifica variaciones en tipo de suelo, textura, color y productividad dentro de los lotes. Luego trata de manejar esa variabilidad en una escala mucho menor que en las prácticas normales. Incluye recolectar, interpretar y manejar gran cantidad de datos agronómicos detallados, de lugares precisos en los lotes en un intento de ajustar y mejorar la eficiencia de la producción de cultivos. (10)

Las prácticas de manejo sitio específico serían recomendables en situaciones donde, en el potrero, exista una alta variabilidad de los factores de producción (fertilidad, malezas, agua, etc.) y los rendimientos varíen en función de ellos. Bajo estas condiciones, idealmente debieran aplicarse manejos diferenciales dentro del sitio en términos de fertilización, control químico de malezas, entre otros, en vez del tradicional manejo promedio utilizado en la actualidad. (11)

Es necesario reconocer si un factor es causa principal de variación o al igual que el rendimiento es consecuencia de la influencia de otro factor. Por ejemplo, si la diferente capacidad de retención de agua de los suelos (loma y bajo) de un mismo lote condiciona el rendimiento y el efecto acumulado de diferencias de rendimiento condiciona en el tiempo los contenidos de materia orgánica, es posible que también encontremos relación entre el contenido de N y la información obtenida por monitores de rendimiento (cosechadora).

Esto nos llevaría a fertilizar diferencialmente con N los ambientes. Sin embargo tanto el rinde como N son consecuencias de variaciones en la capacidad de retención hídrica, con lo cual el ajuste de la fertilidad nitrogenada no produce necesariamente los efectos esperados. (12)

3.2 Diferencia entre Agricultura de Precisión y Manejo Sitio-Específico

El Manejo Sitio Específico de Cultivos considera todos los tipos de manejo espacial, con ayuda o sin ella, de la electrónica, realizando el manejo correcto en el lugar indicado y en el momento oportuno. En cambio, Agricultura de Precisión consiste en automatizar ese Manejo Sitio Específico de Cultivos usando computadoras, sensores y otros equipos electrónicos. (13)

3.3 Muestreo intensivo de suelos

Es el proceso que le permite al agricultor conocer cuál es el factor limitante que provoca las diferencias de rendimiento dentro de las distintas parcelas de un mismo cultivo y tomar acciones para mejorar este hecho. (14)

Consta de tres etapas:

1. Toma de muestras representativas de cada área considerada
2. Análisis en laboratorio e interpretación de resultados
3. Toma de decisión sobre el siguiente tratamiento del cultivo a realizar

3.4 Diagnóstico de la Fertilidad del Suelo

Cuando se muestrea el suelo con fines de fertilidad, normalmente se obtiene una muestra compuesta de áreas consideradas visualmente homogéneas. Éste método es una excelente aproximación cuando las áreas definidas son realmente similares en sus propiedades del suelo y rendimientos. Cuando los suelos son altamente variables y se fertiliza en base a un promedio, existirán sectores sub-fertilizados y otros sobre-fertilizados. En el caso de producirse una sub-fertilización, el cultivo no alcanzará su potencial productivo, observándose una pérdida de rendimiento. En el caso contrario, el cultivo podría alcanzar su óptimo de crecimiento, sin embargo los excesos de insumos no utilizados constituyen una pérdida económica para el productor. En el caso de sobre

aplicaciones de nitrógeno, los excesos pueden quedar libres para perderse por lixiviación y contaminar las aguas subterráneas.

La clave para describir adecuadamente la variabilidad de las propiedades químicas del suelo que limitan el rendimiento es la obtención de muestras espacialmente diferenciadas. El rango, definido como la distancia en terreno sobre la cual las muestras se hacen independientes, es único para un tipo de suelo determinado y para cada propiedad en particular. Esto significa en la práctica que la intensidad de muestreo es distinta dependiendo de qué propiedad se desee describir y de que suelo se trate. (11)

Tanto el tiempo, la frecuencia y la profundidad de muestreo dependen de la movilidad del nutriente que se va a considerar y para los de mayor movilidad como el nitrógeno, el muestreo debe ser realizado con una frecuencia anual o semestral y a una profundidad de 0-60 cm. En cambio para nutrientes poco móviles tales como: P, K, Ca, Mg es suficiente realizarlo a una profundidad de 20 cm y con una frecuencia de cada tres años. (15)

3.5 Manejo Sitio Específico en ambientes semiáridos

En ambientes semiáridos, donde frecuentemente la disponibilidad de agua y de nutrientes en el suelo son limitantes para la producción, la rotación con cultivos de gramíneas, tales como maíz (*Zea mays* L.) o trigo (*Triticum aestivum* L.) es una práctica agronómica recomendable para mantener los niveles de materia orgánica y la fertilidad de los suelos; para ello es conveniente lograr mejoras en su productividad y rentabilidad. En este sentido la Agricultura de Precisión permite implementar estrategias de manejo sitio-específico para abordar la variabilidad espacio-temporal de la producción agrícola, que favorecerían incrementos en rentabilidad al ajustar por ejemplo las dosis de fertilizantes según el tipo de suelo y otras condiciones del ambiente. (16)

Los suelos de la zona pampeana de Argentina presentan diferencias muy marcadas en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas y también respecto a las precipitaciones que ocurren anualmente en sus diferentes áreas geográficas. Esto produce variabilidad espacial (que ocurre principalmente a diferentes escalas) y temporal (a través de los años y estaciones de crecimiento). La mencionada variabilidad es natural (genes del suelo) e inducida (debida a manejos de los suelos y cultivos). (15)

El desafío de hacer mas eficientes los sistemas mixtos implica adecuar los recursos y prácticas agronómicas a los requerimientos de los cultivos y aptitud de los suelos. Para alcanzar este objetivo resulta clave identificar los factores que inciden sobre la productividad, y con mas razón, establecer un orden jerárquico de los mismos para distintos ambientes de acuerdo a la “Ley del Mínimo”. Un manejo integral debe incorporar ademas aspectos de gestión ambiental que al igual que el rendimiento de un cultivo requiere de precisiones y abordaje sitio-especifico. (12)

Objetivo

Consiste en obtener información de ensayos físico-químico en suelos de diferentes ambientes de loma y bajo de la región semiárida pampeana y a partir de la misma, establecer pautas para el manejo de suelos y cultivos que tiendan a mejorar la eficiencia de agua y la productividad de los mismos.

Materiales y Métodos

1. Descripción de sitio

Las cuatro localidades muestreadas pertenecen a la región oriental, más precisamente a la subregión de las planicies medanosas de la provincia de La Pampa, cuya caracterización se presenta a continuación:

El clima (régimen hídrico) es subhúmedo seco, el paisaje actual modelado por acciones hídricas y eólicas sobre la pediplanicie, originó mesetas, valles, colinas y planicies. Los suelos tienen una mayor evolución, sus horizontes están claramente diferenciados y se aprecia una ganancia en el contenido de materia orgánica (predominan Molisoles). La vegetación está compuesta de cultivos, pastizales bajos, bosques abiertos caducifolios y pastizales sammófilos. (17)

2. Muestreo

Se realizaron 2 muestreos en diferentes ambientes de loma y bajo en distintas localidades de la provincia de La Pampa (fig. 2.1):

- Metileo
- Uriburu
- Embajador Martini
- Doblas

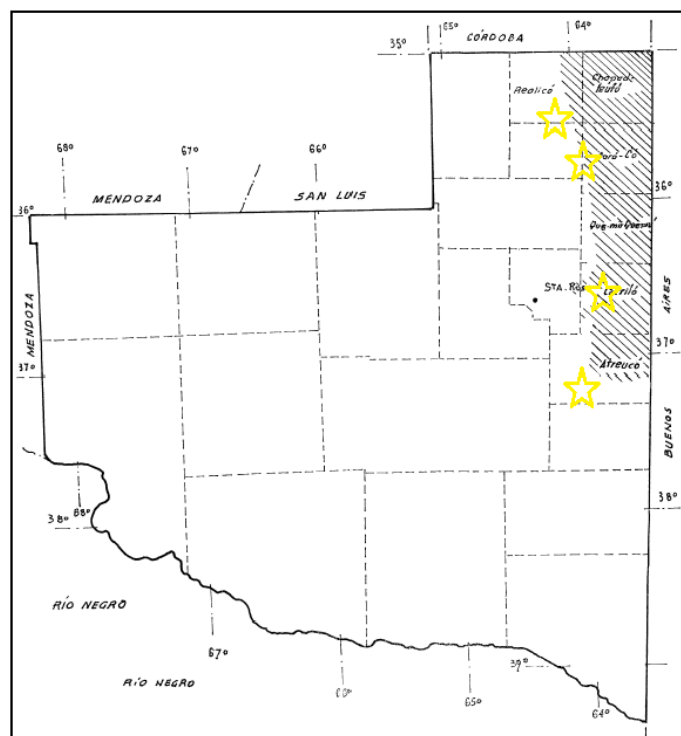


Fig. 2.1 Localidades muestreadas de la región semiárida pampeana.

La toma de muestra se realizó con una diferencia de 6 meses entre ambos (el primero fue en mayo y el segundo en noviembre del año 2009). Los muestreos fueron hechos de forma aleatoria tomando los primeros 20 cm de la capa arable. Se tomaron con pala 10 muestras por lote (5 de la loma y 5 del bajo), las cuales se unificaron por ambiente en el mismo lugar en donde se muestreó. En el laboratorio se acondicionaron de manera que la fracción de suelo obtenida para realizar los diferentes análisis sea representativa del correspondiente ambiente muestreado. Luego se secaron al aire y se tamizaron por un tamiz de 2 mm de abertura.

3. Análisis químico

3.1 Método del Hidrómetro de Bouyoucos

3.1.1 Reactivos

- Hexametafosfato de Sodio

3.1.2 Soluciones

- Solución de hexametafosfato de sodio: pesar 102 g de droga calidad p.a y disolver en 1 litro de agua destilada.

3.1.3 Metodología de trabajo

- a) Pesar 50 g de muestra de suelo, previamente secado al aire y tamizado por 2 mm (tamiz N° 10), y colocar en vaso de precipitado de 1 l.
- b) Adicionar 200 ml de agua destilada y 5 ml de solución de HMF. Para ello se emplean respectivamente un vaso de precipitado de 200 ml y una pipeta o recipiente con graduación a 5 ml.
- c) Dejar en reposo durante 20 horas aproximadamente.
- d) Trasvasar la mezcla al vaso de la batidora, lavar el vaso de precipitado con agua destilada empleando una piseta para transferir todo el suelo. Batir durante 2 minutos exactos.

- e) Transferir cada muestra a una probeta de 1 l, lavando el vaso de la batidora para trasvasar cuantitativamente todo el suelo.
- f) Agitar manualmente sumergiendo 30 veces el agitador manual para probeta.
- g) Inmediatamente después de la agitación sacar el agitador y activar el cronómetro.
- h) Sumergir el hidrómetro en la mezcla y realizar una lectura a los 40 seg.
- i) Luego de realizar la primera lectura para todas las muestras, medir la temperatura en cada una de ellas.
- j) Realizar una segunda lectura de cada muestra a las 2 h, y medir la temperatura inmediatamente después de ello.

Los cálculos se realizaron de la siguiente manera:

* Primera lectura: % Arcilla + Limo (A+L)

$$\% A+L = \{ [R1 + (0,36 \times (T1m - 19,44))] - [R1b + (0,36 \times (T1b - 19,44))] \} / 50 \times 100$$

R1: Lectura del hidrómetro en la muestra a los 40 seg.

R1b: Lectura del hidrómetro en el blanco a los 40 seg.

T1m: Temperatura de la muestra a los 40 seg.

T1b: Temperatura del blanco a los 40 seg.

* Segunda lectura: % Arcilla (A)

$$\% A = \{ [R2 + (0,36 \times (T2m - 19,44))] - [R2b + (0,36 \times (T2b - 19,44))] \} / 50 \times 100$$

R2: Lectura del hidrómetro en la muestra a las 2 h.

R2b: Lectura del hidrómetro en el blanco a las 2 h.

T2m: Temperatura de la muestra a las 2 h.

T2b: Temperatura del blanco a las 2 h.

Por cada grado centígrado de temperatura se aplica un factor de corrección a la lectura del hidrómetro, definido como $(0,36 \times (T - 19,44))$. Si la temperatura medida es mayor a 19,44 °C el factor se suma, mientras que si es menor a 19,44 °C el factor se resta. (18)

* % Limo (L)

$$\% L = (\% A+L) - (\% A)$$

* % Arena (Ar)

$$\% Ar = 100 - (\% A+L)$$

3.1.4 Equipamiento

- Batidora eléctrica para la dispersión del suelo (fig. 3.1.4)
- Hidrómetro de Bouyoucos calibrado en g/l, desde 0 a 60 g de suelo en suspensión por l.
- Termómetro con graduación a 1° C.
- Cronómetro digital.
- Agitador manual para probetas de 1 l



Fig. 3.1.4 Batidora eléctrica para la dispersión del suelo

3.2 pH

3.2.1 pH Actual

Metodología de trabajo

Se pesan 20 g de suelo seco al aire y tamizado por malla de 2 mm, se agregan a un vaso de precipitado y se incorporan 50 ml de agua destilada hervida, se agita intermitentemente durante 30 minutos y se determina el pH introduciendo en la suspensión sobrenadante los electrodos de un potenciómetro. (19)

3.2.2 pH Hidrolítico

Metodología de trabajo

Se toma el vaso de precipitado al que se le determinó pH actual, se le agregan 150 ml más de agua destilada y se agita durante 30 min. Luego se determina pH con potenciómetro. (19)

3.2.3 Equipamiento

pHmetro Water Quality Meter 850081 (fig. 3.2.3)

Electrodo de pH General Purpose pH Probe 840016

Rango: 0 – 14

Resolución: 0,01



Fig. 3.2.3 pHmetro Water Quality Meter 850081

3.3 Conductividad (Conductímetro de celda)

3.3.1 Metodología de trabajo

Se pesan 20 g de suelo, se introduce en un recipiente y se agregan 100 ml de agua destilada. Se agita durante 15 minutos y se deja en reposo por lo menos durante 1 h. Antes de filtrar se agita con la mano varias veces. Se filtra con embudo y sobre el filtrado se determina la conductividad eléctrica. (20)

3.3.2 Equipamiento

Conductímetro Water Quality Meter 850081 (fig. 3.3.2)

Electrodo de conductividad Conductivity and TDS Probe 850084

Rango: 0,2 – 2,000 mS

Resolución: 0,001



Fig 3.3.2 Conductímetro Water Quality Meter 850081

3.4 Humedad (Método gravimétrico)

3.4.1 Metodología de trabajo

En un pesafiltro, tarado previamente, se pesa la muestra de suelo proveniente del campo, y se coloca en estufa a 105 - 110 °C, hasta peso constante. Dejar enfriar en un desecador y obtener el peso seco. El cálculo es el siguiente:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso suelo húmedo} - \text{Peso suelo seco}}{\text{Peso suelo húmedo}} \times 100$$

3.5 Nitrógeno Total (Semimicro Kjeldhal)

3.5.1 Reactivos

- Acido sulfúrico p.a
- Acido clorhídrico
- Sulfato de potasio anhidro
- Oxido de mercurio amarillo
- Hidróxido de sodio
- Acido bórico
- Verde de bromocresol
- Rojo de metileno

3.5.2 Soluciones

- Mezcla catalítica: mezclar 24 g de K_2SO_4 anhidro y 1 g de oxido de mercurio amarillo
- NaOH 10 N
- Mezcla de ácido bórico 4% e indicador
- HCl 0,10604 N

3.5.3 Metodología de trabajo

Colocar 0,5 g de suelo seco al aire y tamizado por tamiz de 2 mm en tubos digestores Kjeldahl seco, agregar 1,25 g de la mezcla catalítica con 2,5 ml de H_2SO_4 concentrado. Calentar los tubos en el digestor Tekator (fig. 3.5.4.2), hasta la oxidación completa de la materia orgánica (color claro del digesto).

Dejar enfriar y agregar aproximadamente 80 ml de agua destilada cuidadosamente, agitando para disolver cualquier residuo que hubiera quedado.

Llevar al titulador automático (fig. 3.5.4.1)–y observar del display del equipo los ml de titulante gastados (21).

3.5.4 Equipamiento

Tecator Kjeltec Auto 1030 Analyzer (fig. 3.5.4.1) con Sistema de digestión para 12 tubos 1009 (fig. 3.5.4.2)



Fig. 3.5.4.1 Equipo Tecator Kjeltec Auto 1030 Analyzer.



Fig. 3.5.4.2 Sistema de digestión para 12 tubos 1009.

3.6 Carbono Total (Método Walkley y Black)

3.6.1 Reactivos

- Dicromato de potasio
- Sulfato ferroso amoniacal
- Acido sulfúrico concentrado
- Fluoruro de sodio
- Acido fosfórico concentrado
- Difenilamina

3.6.2 Soluciones

- Dicromato de potasio 4 N
- Sulfato ferroso amoniacal 0,5 N
- Difenilamina

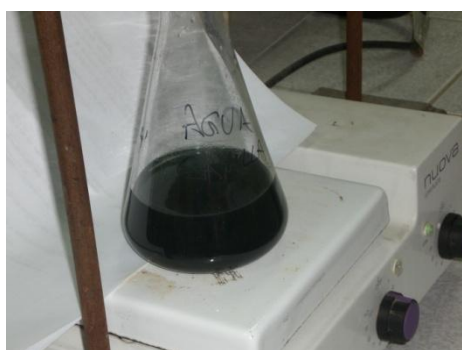
3.6.3 Metodología de trabajo

Pesar 1 g de suelo seco y tamizado por 2 mm y agregar a un erlenmeyer de 500 ml. Añadir exactamente 10 ml de solución de dicromato de potasio con pipeta de doble aforo, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y dejar enfriar durante 30 min.

Paralelamente preparar un blanco en idénticas condiciones pero sin la muestra de suelo.

Una vez enfriado, agregar 170 ml de agua destilada, una pizca de fluoruro de sodio y 10 ml de ácido fosfórico concentrado. Agitar y agregar 10 gotas de difenilamina y titular con sulfato ferroso amoniacal (Sal de Mohr). En primer lugar titular el blanco y luego las muestras. El color de la solución antes de titular es pardo amarillento u oscuro, al comenzar la titulación pasa a azul oscuro y el punto final se caracteriza por un color verde intenso (fig. 3.6.3) (22).

Fig. 3.6.3 Color de la solución alcanzado el punto final.



Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% C = \frac{1.3 * 0.003 \text{ g/meq} * 0.5 \text{ meq/ml} * (B - P) \text{ ml}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Donde:

1.3 - factor de corrección por la incompleta oxidación.

0.003 - peso de un miliequivalente de C en g.

0.5 - normalidad de la Sal de Mohr.

B - ml de Sal de Mohr gastados con el blanco.

P - ml de Sal de Mohr gastados con la muestra.

3.7 Materia Orgánica

Se calcula a partir del valor de carbono orgánico obtenido anteriormente a través de la siguiente ecuación (22):

$$\% \text{ MO} = \frac{1}{0,58} * \% \text{ C} = \% \text{ C} * 1,72$$

Donde: 0,58 surge de que se considera un contenido promedio de C del 58 % en la materia orgánica.

3.8 Capacidad de Intercambio Catiónico

3.8.1 Reactivos

- Acetato de Sodio trihidratado
- Etanol
- Acetato de Amonio
- Cloruro de Amonio
- Hidróxido de Amonio
- Hidróxido de Sodio
- EDTA
- Cloruro de Magnesio
- Indicador NET
- Hidrocloruro de hidroxilamina
- Alcohol metílico

3.8.2 Soluciones

- Solución de Acetato de Sodio 1 N pH 8,2
- Etanol al 95 por ciento.
- Hidróxido de Sodio al 10 %
- Solución de Acetato de Amonio 1 N pH 7
- Buffer de Cloruro de Amonio-Hidróxido de Amonio
- EDTA 0,01 N
- Indicador negro de Eriocromo T

3.8.3 Metodología de trabajo

3.8.3.1 Extracción de los cationes intercambiables

Pesar 5 gramos de suelo, llevar a un tubo de centrifuga y corregir el peso por el factor de corrección de humedad.

A. Reemplazo de cationes intercambiables por amonio:

Agregar 33 ml de acetato de amonio al tubo de centrifuga y agitar durante 5 minutos. Centrifugar 5 minutos a 1000 r.p.m. para que el líquido quede claro. Filtrar y recoger el sobrenadante en matraces de 100 ml. Repetir este procedimiento dos veces más y completar el volumen del matraz con acetato de amonio. Esta solución contiene los cationes intercambiables del suelo, reemplazados por el amonio. Las concentraciones de los distintos cationes se determinan por los métodos descriptos posteriormente.

B. Saturación con sodio:

Al mismo tubo de centrifuga utilizado en el paso A agregar 33 ml de acetato de sodio, agitar durante 5 minutos, centrifugar 5 min. a 1000 rpm y descartar el sobrenadante. Esta operación se repite en total tres veces para asegurar una completa saturación sódica.

C. Lavado del exceso de sodio no intercambiable:

Agregar 33 ml de etanol al residuo solido del tubo utilizado en el paso B, agitar 5 minutos, centrifugar hasta que el líquido sobrenadante quede claro y desechar el líquido. Repetir este lavado dos veces más. En este paso se elimina todo el exceso de sodio que no va a ser intercambiado.

D. Reemplazo de sodio por amonio:

Al igual que en los pasos anteriores agregar 33 ml de acetato de amonio al tubo de centrifuga, agitar por 5 minutos, centrifugar hasta que el líquido quede claro, filtrar y recoger el sobrenadante en un matraz aforado de 100 ml. La operación se repite dos veces más.

Si luego de los tres centrifugados el matraz no se ha completado, enrasar con la solución de acetato de amonio.

3.8.3.2 Determinación de Calcio + Magnesio

Tomar 10 ml del extracto obtenido en el paso A, colocar en un erlenmeyer de 250 ml, adicionar 10 ml de solución buffer (Cloruro de amonio-hidróxido de amonio) con lo que se logra un pH aproximado de 10. Añadir indicador y titular con solución de EDTA 0,01 N hasta el viraje del color.

3.8.3.3 Determinación de Calcio

Tomar 10 ml del extracto A, agregar 20 ml de agua en un erlenmeyer de 250 ml, luego agregar 10 ml de hidróxido de sodio al 10 % e indicador y titular con solución de EDTA 0,01 N. El punto final está dado por coloración azul.

3.8.3.4 Determinación de Sodio

Realizar por fotometría de llama utilizando el extracto A para la medición. Según la respuesta del aparato diluir la muestra hasta obtener una lectura estable, dado que en el rango en que se calibra el fotómetro de llama posee mayor sensibilidad y por ende mayor precisión. Los cálculos se realizan de la siguiente manera:

A (Lectura Patrón del Fotómetro) = 0.4 meq/l

$$[\text{Na}] \text{ meq/l} = \frac{0,4 \text{ meq/l}}{A} * \text{Lectura de la muestra.}$$

$$[\text{Na}] \text{ meq/100 g} = \frac{[\text{Na}] \text{ meq/l} * 250 \text{ ml} * 100}{1000 \text{ ml/l} * 5 \text{ g}}$$

3.8.3.5 Determinación de Potasio

Se realiza al igual que sodio, por fotometría de llama. En este caso se debe nebulizar con solución patrón de cloruro de potasio de 0.6 meq/l. Los cálculos se obtienen de la misma forma que para sodio.

3.8.3.6 Capacidad de Intercambio Catiónico

Determinar por medio de la cuantificación de Sodio en el extracto obtenido en el inciso D por medio de fotometría de llama (23).

3.8.4 Equipamiento

Fotómetro de llama Crudo Caamaño con compresor (fig. 3.8.4)

Rango espectral: 600 a 1100 m μ



Fig. 3.8.4 Fotómetro de llama Crudo Caamaño con compresor

3.9 Fosforo (Bray y Kurtz N° 1)

3.9.1 Reactivos

- Acido Clorhídrico
- Fluoruro de Amonio
- Acido Sulfúrico
- Molibdato de Amonio
- Acido Ascórbico
- Tartrato de Antimonio y Potasio

- Fosfato Diácido de Potasio

3.9.2 Soluciones

- HCl 5 N
- Solución extractiva (NH_4F 0,03 N + HCl 0,025 N) pH 2,6
- H_2SO_4 5 N
- Molibdato de amonio (12 gr en 250 ml agua destilada)
- Ácido ascórbico 0,1 M
- Tartrato de antimonio y potasio (0,29 gr en 100 ml agua estilada)
- Reactivo A (H_2SO_4 5 N + Molibdato de amonio + Tartrato de antimonio y potasio)
- Reactivo mezcla (Reactivo A + acido ascórbico)
- Solución madre de fósforo de 50 ppm
- Solución estándar de fósforo de 5 ppm

3.9.3 Metodología de trabajo

3.9.3.1 Curva de calibración

A 7 matraces aforados de 50 ml, numerados de 0 a 6, transferir 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 ml respectivamente de solución estándar de fósforo. Agregar a cada matraz 5 ml de solución extractiva. Incorporar a la serie de matraces otro, N° 7, que no lleva solución estándar de fósforo, ni solución extractiva. Agregar a todos los matraces agua destilada hasta un volumen aproximado de 35 ml.

Añadir, empleando bureta, 8 ml de reactivo mezcla, cuidando que este se vierta directamente sobre la solución del matraz y no quede en el cuello del mismo. Enrasar a 50 ml con agua destilada, tapar y mezclar invirtiendo. Esperar hasta que desarrolle el color azul, aproximadamente 20 min, dicho color es estable por 24 hs.

Seleccionar una longitud de onda de 882 nm en el espectrofotómetro, o el filtro correspondiente en el fotocolorímetro para trabajar con luz de 660 nm. Se lee la absorbancia correspondiente, la cual sigue la ley de Beer. Se grafica la curva Absorción vs. Concentración de fósforo.

3.9.3.2 Tratamiento de la muestra

En un erlenmeyer de 125 ml se colocan 2,5 g de suelo seco al aire y a la sombra, molido y tamizado por tamiz de 0,5 mm.

Se agrega en rápida secuencia a los distintos erlenmeyers que contienen el suelo, 20 ml de solución extractiva exactamente medidos. Se tapan rápidamente y se agitan durante 5 min controlados a una velocidad de 190 g.p.m (golpes por minuto).

Filtrar por papel de filtro Whatman N° 3, de 11,5 cm de diámetro. Antes de agregar la solución extractiva a los suelos (punto anterior) debe prepararse el material necesario para realizar la filtración. Debe obtenerse un filtrado o extracto incoloro o muy ligeramente amarillento. De no ser así se procede como sigue: Tomar 5 ml del extracto, diluir a 50 ml con agua destilada (volumen a que se lleva el extracto problema cuando se desarrolla el color) y se lee la absorbancia; esta lectura se sustrae de la lectura que se obtiene con el mismo extracto (otra alícuota) después de desarrollar el color azul (pasos siguientes) (24).

En matraz aforado de 50 ml se colocan exactamente 5 ml medidos de extracto, 8 ml de reactivo mezcla y se enrasa a 50 ml con agua bidestilada. Se tapa y mezcla por inversión. Después de 20 min se lee la absorbancia.

Para calcular la concentración de P que poseen las diferentes muestras se emplea la curva de calibración del espectrofotómetro (25).

3.9.4 Equipamiento

- Agitador electromecánico vaivén de ± 190 golpes por minuto (g.p.m) y 2 o 3 cm de recorrido.
- Espectrofotómetro que permita trabajar con luz de 882 nm de longitud de onda, o fotocolorímetro con filtro que permita trabajar con luz de 660 nm de longitud de onda.
- Tamiz de 0.5 mm (N° 35 según ASTM).
- Tubos de agitación de plástico con tapa, de 50 ml.
- Papel de filtro Whatman N° 3, de 11,5 cm de diámetro.

Espectrofotómetro Metrolab 1700.(fig. 3.9.4)

Rango espectral: 200 a 1100 nm.

Ancho de Banda: 2nm.

Luz dispersa: menor que 0,1 % a 220 nm (según norma ASTM).

Exactitud de longitud de onda: mejor que 1 nm.

Precisión de longitud de onda: +/- 0,2 nm.

Linealidad fotométrica: mejor que +/- 0,002 en 0,4 Å.

Detector: silicio con alta sensibilidad UV.

Microprocesador: intel 8032.

Lectura: mediante conversor híbrido tensión-secuencia de 100 KHz



Fig. 3.9.4 Espectrofotómetro Metrolab 1700

4. Análisis de datos

4.1 Utilización del programa Microsoft Excel 2007

Los datos para el análisis de la variabilidad estacional de los muestreos y variabilidad entre los diferentes ambientes fueron obtenidos utilizando el programa antes mencionado.

5. Utilización del programa Infostat

Los datos para el análisis de la correlación entre los diferentes parámetros, la topografía y las localidades muestreadas fueron obtenidos utilizando el programa antes mencionado.

Resultados y discusiones

1. Variabilidad estacional de los muestreos

A continuación se presenta un análisis detallado de las variaciones de los diferentes factores analizados entre los 2 muestreos.

1.1 pH Hidrolítico

Tabla 1.1 Variaciones de pH Hidrolítico entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	7,27	6,8	0,33
Metileo Bajo	8,64	8,79	0,11
Doblas Loma	7,06	7,14	0,06
Doblas Bajo	9,3	8,76	0,38
Embajador Martini Loma	7,09	7,19	0,07
Embajador Martini Bajo	8,10	8,21	0,04
Uriburu Loma	6,89	6,9	0,01
Uriburu Bajo	10,27	8,86	1,00

Los valores que se observan en Tabla 1.1 varían entre un valor mínimo de **6,89** y uno máximo de **10,27**. Ambos son pertenecientes **al primer muestreo en la localidad de Uriburu, el primero perteneciente a la loma y el restante al bajo.**

No presenta grandes variaciones con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **1,00** perteneciente al bajo de Uriburu, mientras que la menor diferencia la presenta la loma de Uriburu con un valor de **0,01**.

1.2 pH Actual

Tabla 1.2 Variaciones de pH Actual entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	6,66	6,4	0,18
Metileo Bajo	8,58	8,56	0,01
Doblas Loma	6,68	7,08	0,28
Doblas Bajo	9,08	8,58	0,35
Embajador Martini Loma	6,94	6,94	0,00
Embajador Martini Bajo	7,54	7,88	0,24
Uriburu Loma	7,27	6,61	0,47
Uriburu Bajo	10,13	8,83	0,92

Los valores que se presentan en la tabla 1.2 varían entre un valor mínimo de **6,4**, perteneciente **al segundo muestreo de la loma de Metileo**, y un valor máximo de **10,13** perteneciente **al primer muestreo del bajo de Uriburu**.

No presenta grandes variaciones con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **0,92** perteneciente **al bajo de Uriburu**, mientras que la menor diferencia la presenta **la loma de Embajador Martini** con un valor de **0**.

1.3 Humedad

Tabla 1.3 Variaciones de Humedad entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	1,23	1,38	0,11
Metileo Bajo	1,11	1,51	0,28
Doblas Loma	0,43	0,57	0,10
Doblas Bajo	1,46	1,02	0,31

Embajador Martini Loma	1,19	1,6	0,29
Embajador Martini Bajo	1,49	2,93	1,02
Uriburu Loma	1,08	1,42	0,24
Uriburu Bajo	0,86	2,1	0,88

Los valores que se presentan en la tabla 1.3 varían entre un valor mínimo de **0,43**, perteneciente al **primer muestreo de la loma de Doblas**, y un valor máximo de **2,93** perteneciente al **segundo muestreo del bajo de Embajador Martini**.

No presenta grandes variaciones con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **1,02** perteneciente al **bajo de Embajador Martini**, mientras que la menor diferencia la presenta la **loma de Doblas** con un valor de **0,1**.

1.4 Conductividad (dS/m)

Tabla 1.4 Variaciones de Conductividad entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	0,023	0,089	0,05
Metileo Bajo	0,096	0,485	0,28
Doblas Loma	0,013	0,000	0,01
Doblas Bajo	0,847	0,304	0,38
Embajador Martini Loma	0,065	0,032	0,02
Embajador Martini Bajo	0,985	1,541	0,39
Uriburu Loma	0,027	0,040	0,01
Uriburu Bajo	1,838	0,142	1,20

Los valores que se presentan en la tabla 1.4 varían entre un valor mínimo de **0**, perteneciente al **segundo muestreo de la loma de Doblas**, y un valor máximo de **1,838** perteneciente al **primer muestreo del bajo de Uriburu**.

No presenta grandes variaciones con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **1,20** perteneciente **al bajo de Uriburu**, mientras que la menor diferencia la presenta **la loma de Doblas** con un valor de **0,01**.

1.5 Nitrógeno (g/kg suelo)

Tabla 1.5 Variaciones de Nitrógeno entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	0,51	0,61	0,07
Metileo Bajo	1,22	1,83	0,43
Doblas Loma	0,71	1,11	0,29
Doblas Bajo	1,02	0,51	0,36
Embajador Martini Loma	0,51	0,71	0,14
Embajador Martini Bajo	1,64	1,74	0,07
Uriburu Loma	0,91	1,52	0,43
Uriburu Bajo	1,52	1,83	0,22

Los valores que se presentan en la tabla 1.5 varían entre un valor mínimo de **0,51**, perteneciente al **primer muestreo de la loma de Metileo y Embajador Martini** y **del segundo muestreo del bajo de Doblas**, y un valor máximo de **1,83** perteneciente al **segundo muestreo del bajo de Uriburu**.

No presenta grandes variaciones con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **0,43** perteneciente **al bajo de Metileo y loma de Uriburu**, mientras que la menor diferencia la presenta **la loma de Metileo y el bajo de Embajador Martini** con un valor de **0,07**.

1.6 C (g/kg de suelo)

Tabla 1.6 Variaciones de Carbono entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	9,90	11,82	1,36
Metileo Bajo	11,57	9,85	1,22
Doblas Loma	9,29	6,16	2,21
Doblas Bajo	19,69	10,76	6,32
Embajador Martini Loma	11,77	6,80	3,52
Embajador Martini Bajo	14,66	12,20	1,74
Uriburu Loma	15,25	13,23	1,43
Uriburu Bajo	8,83	15,12	4,45

Los valores que se presentan en la tabla 1.6 varían entre un valor mínimo de **6,16**, perteneciente al **segundo muestreo de la loma de Doblas**, y un valor máximo de **15,25** perteneciente al **primer muestreo de la loma de Uriburu**.

Presenta grandes variaciones con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **6,32** perteneciente al **bajo de Doblas**, mientras que la menor diferencia la presenta el **bajo de Metileo** con un valor de **1,22**.

1.7 Materia Orgánica (g/kg suelo)

Tabla 1.7 Variaciones de Materia Orgánica entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	16,97	20,30	2,36
Metileo Bajo	19,79	16,95	2,01
Doblas Loma	15,86	10,61	3,71
Doblas Bajo	33,80	18,47	10,84

Embajador Martini Loma	20,30	11,67	6,10
Embajador Martini Bajo	25,22	21,01	2,97
Uriburu Loma	26,16	22,73	2,43
Uriburu Bajo	15,12	25,98	7,68

Los valores que se presentan en la tabla 1.7 varían entre un valor mínimo de **10,61**, perteneciente al **segundo muestreo de la loma de Doblas**, y un valor máximo de **26,16** perteneciente al **primer muestreo de la loma de Uriburu**.

Presenta grandes variaciones, al igual que Carbono, con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **10,84** perteneciente al **bajo de Doblas**, mientras que la menor diferencia la presenta el **bajo de Metileo** con un valor de **2,01**.

1.8 Calcio (cmol/kg de suelo)

Tabla 1.8 Variaciones de Ca entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	1,97	2,10	0,09
Metileo Bajo	2,38	3,14	0,54
Doblas Loma	1,13	1,04	0,06
Doblas Bajo	2,49	3,45	0,68
Embajador Martini Loma	2,74	2,76	0,01
Embajador Martini Bajo	2,80	5,51	1,92
Uriburu Loma	2,36	2,48	0,09
Uriburu Bajo	1,58	2,66	0,76

Los valores que se presentan en la tabla 1.8 varían entre un valor mínimo de **1,04**, perteneciente al **segundo muestreo de la loma de Doblas**, y un valor máximo de **5,51** perteneciente al **segundo muestreo del bajo de Embajador Martini**.

No presenta grandes variaciones con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **1,92** perteneciente **al bajo de Embajador Martini**, mientras que la menor diferencia la presenta **la loma de Embajador Martini** con un valor de **0,01**.

1.9 Magnesio (cmol/kg de suelo)

Tabla 1.9 Variaciones de Mg entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	1,06	1,82	0,54
Metileo Bajo	1,59	2,31	0,51
Doblas Loma	0,89	0,65	0,17
Doblas Bajo	3,00	1,60	0,99
Embajador Martini Loma	1,45	1,45	0,00
Embajador Martini Bajo	1,32	2,00	0,48
Uriburu Loma	0,93	0,80	0,09
Uriburu Bajo	1,19	2,38	0,84

Los valores que se presentan en la tabla 1.9 varían entre un valor mínimo de **0,65**, perteneciente **al segundo muestreo de la loma de Doblas**, y un valor máximo de **3** perteneciente **al primer muestreo del bajo de Doblas**.

No presenta grandes variaciones con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **0,99** perteneciente **al bajo de Doblas**, mientras que la menor diferencia la presenta **la loma de Embajador Martini** con un valor de **0**.

1.10 Sodio (cmol/kg de suelo)

Tabla 1.10 Variaciones de Na entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	0,46	0,55	0,06
Metileo Bajo	2,54	4,78	1,59
Doblas Loma	0,60	0,52	0,06
Doblas Bajo	4,87	2,33	1,79
Embajador Martini Loma	0,70	0,60	0,07
Embajador Martini Bajo	5,69	9,23	2,50
Uriburu Loma	0,57	0,65	0,06
Uriburu Bajo	12,89	3,96	6,32

Los valores que se presentan en la tabla 1.10 varían entre un valor mínimo de **0,46**, perteneciente al **primer muestreo de la loma de Metileo**, y un valor máximo de **12,89** perteneciente al **primer muestreo del bajo de Uriburu**.

Presenta grandes variaciones, al igual que C y MO, con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **6,32** perteneciente al **bajo de Uriburu**, mientras que la menor diferencia las presentan **las lomas de Metileo, Doblas y Uriburu** con un valor de **0,06**.

1.11 Potasio (cmol/kg de suelo)

Tabla 1.11 Variaciones de K entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	1,52	1,60	0,06
Metileo Bajo	1,75	1,64	0,07
Doblas Loma	1,18	0,89	0,21
Doblas Bajo	2,95	1,78	0,83

Embajador Martini Loma	1,85	1,31	0,38
Embajador Martini Bajo	1,58	1,82	0,17
Uriburu Loma	1,91	1,81	0,07
Uriburu Bajo	1,82	3,05	0,87

Los valores que se presentan en la tabla 1.11 varían entre un valor mínimo de **0,89**, perteneciente **al segundo muestreo de la loma de Doblas**, y un valor máximo de **3,05** perteneciente **al segundo muestreo del bajo de Uriburu**.

No presenta grandes variaciones con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **0,87** perteneciente **al bajo de Uriburu**, mientras que la menor diferencia la presenta **la loma de Metileo** con un valor de **0,06**.

1.12 Capacidad de Intercambio Catiónico (cmol/kg de suelo)

Tabla 1.12 Variaciones de Capacidad de Intercambio Catiónico entre los muestreos estacionales

	1° Muestreo	2° Muestreo	Diferencia
Metileo Loma	5,11	5,19	0,06
Metileo Bajo	6,06	5,98	0,06
Doblas Loma	2,98	2,95	0,02
Doblas Bajo	8,41	5,08	2,36
Embajador Martini Loma	5,58	5,82	0,17
Embajador Martini Bajo	7,87	11,07	2,26
Uriburu Loma	5,36	5,35	0,01
Uriburu Bajo	6,17	7,71	1,09

Los valores que se presentan en la tabla 1.12 varían entre un valor mínimo de **2,95**, perteneciente **al segundo muestreo de la loma de Doblas**, y un valor máximo de **11,07** perteneciente **al segundo muestreo del bajo de Embajador Martini**.

Presenta grandes variaciones, al igual que C, MO y Na, con respecto a las diferencias calculadas a partir de los datos obtenidos. La mayor diferencia es de **2,36** perteneciente **al bajo de Doblas**, mientras que la menor diferencia la presenta **la loma de Uriburu** con un valor de **0,01**.

1.13 Fósforo (cmol/kg de suelo)

Tabla 1.13 Valores de P obtenidos en un único muestreo

	1° Muestreo
Metileo Loma	0,08
Metileo Bajo	0,03
Doblas Loma	0,13
Doblas Bajo	0,08
Embajador Martini Loma	0,02
Embajador Martini Bajo	0,12
Uriburu Loma	0,11
Uriburu Bajo	0,04

Los valores varían entre un valor mínimo de **0,02**, perteneciente a **la loma de Embajador Martini**, y un valor máximo de **0,13** perteneciente **a la loma de Doblas**.

Los análisis por causas prácticas únicamente se realizaron sobre el primer muestreo, debido a que teniendo en cuenta que el P es un elemento que su variación en el suelo es muy pequeña al cabo de 6 meses (tiempo de diferencia entre los muestreos) y la falta de equipamiento necesario se decidió cuantificar únicamente uno de los muestreos.

En conclusión, factores como pH Hidrolítico, pH Actual, Humedad, fósforo, Conductividad no presentaron grandes variaciones al cabo de los 6 meses debido a que no son tan dependientes de la variabilidad estacional. Otros factores como Materia Orgánica (MO), Na, CIC del suelo si presentaron mayor variación que los anteriores entre los dos muestreos.

2. Variabilidad entre diferentes ambientes

A continuación se realizara un análisis detallado comparando los diferentes ambientes de loma y bajo para cada una de las localidades que fueron muestreadas. Los valores que se presentan en las tablas son promedios de los dos muestreos realizados.

2.1 Localidad de Metileo

Tabla 2.1 Comparación de los ambientes de loma y bajo para cada uno de los parámetros físico-químicos cuantificados en la localidad de Metileo

Parámetros	Loma	Bajo	Diferencia
pH Hidrolítico	7,04	8,72	1,19
pH Actual	6,53	8,57	1,44
Arcilla (%)	8	8	-
Limo (%)	24	36	-
Arena (%)	68	56	-
Humedad (%)	1,31	1,31	0,00
Conductividad (dS/m)	0,056	0,29	0,17
Nitrógeno (g/kg suelo)	0,56	1,52	0,68
Carbono (g/kg suelo)	10,86	10,71	0,11
Materia Orgánica (g/kg suelo)	18,63	18,37	0,18
Ca (cmol/kg suelo)	2,03	2,76	0,52
Mg (cmol/kg suelo)	1,44	1,95	0,36
Na (cmol/kg suelo)	0,51	3,66	2,23
K (cmol/kg suelo)	1,56	1,7	0,10
CIC (cmol/kg suelo)	5,15	6,02	0,62

P (cmol/kg suelo)	0,08	0,03	0,04
-------------------	------	------	------

La localidad de Metileo presenta una marcada variación en el pH Actual entre los diferentes ambientes muestreados. El bajo posee un pH mucho más alcalino que la loma, esto puede ser debido a capas freáticas cercanas. La condición señalada hace que el balance hídrico sea negativo, es decir, alta temperatura y baja precipitación llevan a una tasa alta de evapotranspiración con el consecuente ascenso de sales hacia la superficie del suelo. Con respecto al pH Hidrolítico, el cual nos da una idea de la cantidad de sodio presente en el suelo en forma de carbonatos, presenta una variación muy similar a la del pH actual. El bajo presenta un pH muy alcalino debido a un gran contenido de carbonatos de Na, mientras que la loma posee un pH neutro debido a que sus valores de Na son muy bajos, corroborándose a lo expuesto por Salomon y Covas (26)(27). También otras sales como sulfatos, carbonatos y cloruros que contengan como cationes predominantes el Ca, Mg y K son superiores en el bajo. Esto se ve reflejado en los valores de conductividad eléctrica como así también en la cuantificación de los diferentes cationes, afirmándose lo expresado por Covas (27).

Con respecto a la textura ambos ambientes presentan un suelo franco arenoso con mayores valores de arena y menores valores de limo para la loma manteniéndose constante la cantidad de arcilla.

Los valores de N son mayores en el bajo que en la loma, esto puede ser debido a que, en el último de los ambientes nombrados, las pérdidas por desnitrificación, volatilización o lixiviación son mayores que en el bajo, convalidando lo afirmado por Covas (27). Una de las fuentes que provee este elemento es la mineralización de la materia orgánica, la cual presenta una muy baja variabilidad entre los dos ambientes presentándose mayores niveles en el ambiente de loma, ratificando lo expuesto por Silva y Herrera. (28)(29).

Con respecto a la CIC, ambos ambientes presentan valores similares debido a que es un parámetro dependiente de los niveles de materia orgánica y contenido de arcilla, los cuales presentan valores similares dentro del lote, apoyando lo expresado por Otero (30)(31).

Como último parámetro, los niveles de P no presentan diferencias significativas entre la loma y el bajo de esta localidad.

2.2 Localidad de Doblas

Tabla 2.2 Comparación de los ambientes de loma y bajo para cada uno de los parámetros físico-químicos cuantificados en la localidad de Doblas

	Loma	Bajo	Diferencia
pH Hidrolítico	7,1	9,03	1,36
pH Actual	6,88	8,83	1,38
Arcilla (%)	2	3	-
Limo (%)	48	47	-
Arena (%)	50	50	-
Humedad (%)	0,5	1,24	0,52
Conductividad (dS/m)	0,006	0,576	0,40
Nitrógeno (g/kg suelo)	0,91	0,76	0,11
Carbono (g/kg suelo)	7,73	15,23	5,30
Materia Orgánica (g/kg suelo)	13,23	26,14	9,13
Ca (cmol/kg suelo)	1,09	2,97	1,33
Mg (cmol/kg suelo)	0,77	2,3	1,08
Na (cmol/kg suelo)	0,56	3,6	2,15
K (cmol/kg suelo)	1,04	2,36	0,93
CIC (cmol/kg suelo)	2,96	6,74	2,67
P (cmol/kg suelo)	0,13	0,08	0,04

La localidad de Doblas, al igual que la de Metileo, posee diferencias significativas en los valores de pH Actual. La loma presenta un pH cercano al neutro, mientras que el bajo presenta un valor de pH actual muy alcalino, el cual puede ser debido a capas freáticas cercanas, en donde la combinación de alta temperatura y baja precipitación llevan a una tasa alta de evapotranspiración con el consecuente ascenso de sales hacia la superficie del suelo. Los valores de pH Hidrolítico se comportan de manera similar a los del Actual. El bajo presenta un valor muy alcalino debido a la gran cantidad de Na que posee mientras

que la loma sigue manteniendo un pH neutro producto de la baja cantidad del elemento antes nombrado, corroborándose a lo expuesto por Salomon y Covas (26)(27).

El bajo también presenta mayor cantidad de sales disueltas como son los carbonatos, sulfatos y cloruros de Ca, Mg y K. Esto se puede afirmar viendo tanto el valor de conductividad eléctrica como así también los valores de las concentraciones de Ca, Mg y K, afirmándose lo expresado por Covas (27).

Con respecto a la textura tanto el bajo como la loma presentan valores similares de arcilla, limo y arena. Ambos ambientes poseen una textura franco-arenosa.

Los valores de N son mayores para la loma que para el bajo, esto es algo que permite plantear un interrogante debido a que los valores de MO son mayores en el bajo y el N analizado proviene principalmente de la mineralización del carbono orgánico, ratificando lo expuesto por Silva y Herrera (28)(29). Esto se debe a que las pérdidas de N por desnitrificación, volatilización o lixiviación son mayores en el bajo, convalidando lo afirmado por Covas (27).

Otro parámetro que presenta una considerable variación entre los dos ambientes es la CIC, en donde los valores del bajo superan de manera considerable a los de la loma. Esto es debido a la gran diferencia en el contenido de materia orgánica que presentan los ambientes superando ampliamente el contenido en el bajo al de la loma. Los valores de arcilla son similares en los dos ambientes, apoyando lo expresado por Otero (30)(31).

Por último, el P no muestra diferencias significativas entre los ambientes muestreados.

2.3 Localidad de Embajador Martini

Tabla 2.3 Comparación de los ambientes de loma y bajo para cada uno de los parámetros físico-químicos cuantificados en la localidad de Embajador Martini

	Loma	Bajo	Diferencia
pH Hidrolítico	7,14	8,15	0,45
pH Actual	6,94	7,71	0,54
Arcilla (%)	9	15	-
Limo (%)	24	35	-

Arena (%)	67	50	-
Humedad (%)	1,4	2,21	0,57
Conductividad (dS/m)	0,048	1,263	0,86
Nitrógeno (g/kg suelo)	0,61	1,69	0,76
Carbono (g/kg suelo)	9,29	13,43	2,93
Materia Orgánica (g/kg suelo)	15,99	23,11	5,03
Ca (cmol/kg suelo)	2,75	4,15	0,99
Mg (cmol/kg suelo)	1,45	1,66	0,15
Na (cmol/kg suelo)	0,65	7,46	4,82
K (cmol/kg suelo)	1,58	1,7	0,08
CIC (cmol/kg suelo)	5,7	9,47	2,67
P (cmol/kg suelo)	0,02	0,12	0,07

La localidad de Embajador Martini, en contraste con la de Metileo y Doblas, no presenta variaciones significativas en los valores de pH Actual. La loma posee un pH neutro mientras el bajo ligeramente alcalino. El pH Hidrolítico se comporta de manera similar al Actual presentando poca variación entre los dos ambientes; sus valores superan al Actual en ambos ambientes presentando muy baja variación en el ambiente de loma debido a la baja cantidad de Na que posee el mismo. El bajo presenta mayor variabilidad entre los dos tipos de pH analizados debido a mayores niveles de Na, corroborándose a lo expuesto por Salomon y Covas (26)(27).

Con respecto a la textura ambos ambientes presentan un suelo franco arenoso con mayores valores de arena y menores valores de limo y arcilla para la loma.

El ambiente loma posee menores valores de conductividad eléctrica que el bajo. Esto se debe a que posee menores cantidades de sales disueltas en la solución del suelo. Tanto los valores de Ca, como los de Mg y K son más elevados en el bajo generando esta diferencia en las conductividades de los ambientes muestreados, afirmándose lo expresado por Covas (27).

Los valores de N del ambiente bajo superan a los de la loma, este último pudo haber sufrido pérdidas por desnitrificación, lixiviación o volatilización generando esta diferencia entre los ambientes, convalidando lo afirmado por Covas (27). Esto concuerda con los valores de MO analizados, debido a que es una importante fuente, a parte de la atmósfera, del N inorgánico cuantificado, ratificando lo expuesto por Silva y Herrera (28)(29).

Los valores de P, al contrario que las otras localidades anteriormente analizadas, presentan diferencias significativas entre los ambientes muestreados. Una de las posibles causas es la marcada diferencia en el contenido de MO entre los ambientes de la cual puede provenir, mediante la mineralización de la misma, el P inorgánico cuantificado. El bajo posee mayor contenido de P y MO que la loma (27).

Por último, la CIC que presenta el bajo supera en gran medida a la cuantificada en la loma debido a mayores niveles de materia orgánica y arcilla en el primer ambiente nombrado anteriormente, apoyando lo expresado por Otero (30)(31).

2.4 Localidad de Uriburu

Tabla 2.4 Comparación de los ambientes de loma y bajo para cada uno de los parámetros físico-químicos cuantificados en la localidad de Uriburu

	Loma	Bajo	Diferencia
pH Hidrolítico	6,9	9,57	1,89
pH Actual	6,94	9,48	1,80
Arcilla (%)	4	12	-
Limo (%)	22	32	-
Arena (%)	74	56	-
Humedad (%)	1,25	1,48	0,16
Conductividad (dS/m)	0,034	0,99	0,68
Nitrógeno (g/kg suelo)	1,21	1,67	0,33
Carbono (g/kg suelo)	14,24	11,98	1,60
Materia Orgánica (g/kg suelo)	24,44	20,55	2,75
Ca (cmol/kg suelo)	2,42	2,12	0,21
Mg (cmol/kg suelo)	0,86	1,78	0,65
Na (cmol/kg suelo)	0,61	8,42	5,52
K (cmol/kg suelo)	1,86	2,43	0,40
CIC (cmol/kg suelo)	5,36	6,94	1,12
P (cmol/kg suelo)	0,11	0,04	0,05

Al realizar los análisis de datos de la localidad de Uriburu es en donde más se plantean interrogantes a medida que se observan los valores obtenidos.

Comparando los valores de pH Actual de los dos ambientes muestreados, la loma presenta un pH cercano al neutro mientras que el bajo posee un pH muy alcalino. Este puede ser debido a varias causas como ser la elevada cantidad de sodio que posee el bajo, como así también a capas freáticas cercanas. Con respecto al pH Hidrolítico, la loma no presenta variación con respecto al pH actual debido a que la cantidad de sodio es muy baja. Con respecto al bajo, se presenta un primer interrogante debido a que la variación entre el pH actual y el pH Hidrolítico es muy baja y la concentración de sodio es muy alta, por lo que el pH Hidrolítico tendría que ser un valor mucho mayor al pH Actual, corroborándose a lo expuesto por Salomon y Covas (26)(27).

Con respecto a la textura ambos ambientes presentan un suelo franco arenoso con mayores valores de arena y menores valores de limo y arcilla para la loma.

No existe una variación importante entre los valores de conductividad eléctrica en los ambientes. Los mayores corresponden al bajo debido a que la concentración de Na, Mg y K es mayor comparados con los de la loma, afirmándose lo expresado por Covas (27). El único catión que se presenta en mayor cantidad en la loma es el Ca.

Otro interrogante que parece es el valor de Nitrógeno (N) que no concuerda con los valores de Materia Orgánica (M.O.) . La loma presenta el mayor valor de MO pero el menor valor de N, en el caso del bajo se presenta al revés de la loma. La correlación teórica tendría que ser que a mayor contenido de MO tendría que haber mayor concentración de N pero no se da de esta manera. Una de las causas podría ser la pérdida de N por desnitrificación, volatilización o lixiviación, por ejemplo, en el ambiente loma mayor a la producida en el bajo, convalidando lo afirmado por Covas (27).

La CIC presenta mayores valores para el bajo como es de esperar debido a la gran diferencia en el contenido de arcilla que se presenta en éste respecto al de la loma. Los valores de CIC en el bajo son mucho menores que los valores de Na. Esto puede ser debido a que gran parte del Na cuantificado sea parte de la solución del suelo y no se encuentre adsorbido sobre los coloides del suelo, apoyando lo expresado por Otero (30)(31).

Los valores de P entre los dos ambientes presentan una baja variabilidad que puede ser relacionada con los niveles de MO. A mayor cantidad de MO, mayor puede ser el valor

que se presente de P producto de la mineralización del carbono orgánico, convalidando lo expuesto por Covas (27).

La loma presenta un mayor contenido de MO que el bajo lo cual nos genera un último interrogante para esta localidad. Esto pudo ser debido a una diferencia en el laboreo lo que produjo una mayor oxidación de la MO en el bajo, ratificando lo expuesto por Silva y Herrera (28)(29).

3. Interpretación del efecto topográfico y local de las variables

Para poder interpretar el efecto de la topografía sobre los parámetros de suelo analizados, se realizó un análisis de varianza. Se podrá observar si existen grandes diferencias significativas entre los datos obtenidos en los ensayos químicos y de esta manera poder afirmar cuales son los parámetros que se modifican y cuáles no en función de la topografía y localidad.

3.1 Correlación entre los diferentes parámetros y la topografía

En la tabla 3.1 se presentan las diferencias significativas entre los diferentes parámetros cuantificados y la topografía:

Tabla 3.1 Correlación entre los diferentes parámetros y la topografía

<i>Parámetros</i>	<i>Media Loma</i>	<i>Media Bajo</i>	<i>DMS</i>	<i>Medias significativamente diferentes</i>
pH Actual	6,82	8,65	0,92847	Si
pH Hidrolítico	7,05	8,72	1,05259	Si
Humedad (%)	1,12	1,56	0,74403	No
Nitrógeno (g/kg suelo)	0,82	1,41	0,65218	No
Carbono (g/kg suelo)	10,53	12,84	4,15418	No
Materia Orgánica (g/kg suelo)	18,07	22,04	7,14392	No
Calcio (cmol/kg suelo)	2,07	3	1,35913	No
Magnesio (cmol/kg suelo)	1,13	1,92	0,56220	Si
Sodio (cmol/kg suelo)	0,58	5,79	3,08299	Si
Potasio (cmol/kg suelo)	1,51	2,05	0,64595	No
Capacidad de Intercambio	4,79	7,29	2,38723	Si

Catiónico (cmol/kg suelo)				
Fosforo (cmol/kg suelo)	0,09	0,07	0,07730	No
Arcilla (%)	5,75	9,50	7,53361	No
Limo (%)	29,50	37,50	17,12838	No
Arena (%)	64,75	53	13,30420	No

DMS: Diferencia Mínima Significativa

Se puede observar en la tabla 3.1 que parámetros como pH Actual, pH Hidrolítico, Magnesio, Sodio, Capacidad de Intercambio Catiónico presentan diferencias significativas con respecto a la topografía. En cambio, los restantes parámetros analizados no son dependientes de los cambios que existen entre los ambientes. Ver **Anexo I** para cálculos de varianzas parámetros en función de la topografía.

3.2 Correlación entre los diferentes parámetros y las localidades muestreadas

En la siguiente tabla 3.2 se presentara las diferencias significativas existentes entre los diferentes parámetros cuantificados y las localidades muestreadas:

Tabla 3.2 Correlación entre los diferentes parámetros y las localidades muestreadas

<i>Parámetros</i>	<i>Media E.M.</i>	<i>Media Metileo</i>	<i>Media Doblas</i>	<i>Media Uriburu</i>	<i>DMS</i>	<i>Medias significativamente diferentes</i>
pH Actual	7,33	7,55	7,86	8,21	3,80289	No
pH Hidrolítico	7,35	7,88	8,07	8,24	3,65241	No
Humedad (%)	1,81	1,31	0,87	1,37	1,10038	No
Nitrógeno (g/kg suelo)	1,15	1,04	0,84	1,44	1,49584	No
Carbono (g/kg suelo)	11,36	10,79	11,48	13,11	8,69828	No
Materia Orgánica (g/kg suelo)	19,55	18,50	19,69	22,50	14,96972	No
Calcio (cmol/kg suelo)	3,45	2,40	2,03	2,27	2,42786	No
Magnesio	1,56	1,70	1,54	1,32	1,83421	No

(cmol/kg suelo)						
Sodio (cmol/kg suelo)	4,06	2,09	2,08	4,52	11,04210	No
Potasio (cmol/kg suelo)	1,64	1,63	1,70	2,15	1,42294	No
Capacidad de Intercambio Catiónico(cmol/kg suelo)	7,59	5,59	4,85	6,15	5,53156	No
Fosforo (cmol/kg suelo)	0,07	0,06	0,11	0,08	0,13847	No
Arcilla (%)	12	8	2,5	8	9,86517	No
Limo (%)	29,50	30	47,50	27	18,77952	Si
Arena (%)	58,50	62	50	65	27,00797	No

DMS: Diferencia Mínima Significativa

Como se podrá observar en la tabla 3.2, únicamente las medias del contenido de limo son significativamente diferentes entre las localidades muestreadas, mientras que los restantes parámetros no presentan diferencias significativas. Ver **Anexo II** para cálculos de varianza parámetros en función de las localidades.

Conclusiones

Las prácticas de manejo sitio específico con el paso del tiempo están cobrando cada vez mayor importancia debido a que resultan beneficiosas con respecto al uso intensivo de los suelos y al costo de los insumos utilizados.

La variación que se presenta en los lotes es producto de la acción antrópica, por un manejo indebido de los suelos por parte de algunos productores y también por factores climáticos tales como las precipitaciones, vientos, etc. los cuales pueden llegar a generar una degradación mayor a la producida por manejo en zonas de climas extremos.

Sin tener conocimiento de la historia de los suelos de la región semiárida pampeana, debido a la calidad y al laboreo intensivo de los mismos, fue necesario realizar análisis de los diferentes parámetros físico-químicos y de esta manera poder afirmar la variabilidad existente en un mismo lote.

Teniendo en cuenta los muestreos estacionales que se realizaron se puede inferir que factores como pH Hidrolítico, pH Actual, Humedad, fósforo, Conductividad no presentaron grandes variaciones al cabo de los 6 meses debido a que no son dependientes de la variabilidad estacional. Otros factores como Materia Orgánica (MO), Na, CIC del suelo si presentaron mayor variación que los anteriores entre los dos muestreos.

En función de los datos obtenidos de las localidades muestreadas se pudo observar la existencia de variaciones dentro de un mismo lote, principalmente en parámetros como ser pH Actual, pH Hidrolítico, Materia Orgánica y sodio los cuales se correlacionaron a su vez estadísticamente proporcionando una idea más acabada de dichas variaciones.

Como conclusión de este trabajo de tesina, las prácticas de manejo por ambientes es una de las alternativas que más relevancia tienen en estos días, debido a que posibilitan el aumento del rendimiento económico como también así la preservación de la calidad de los suelos labrados.

Glosario

Abonadora: equipo agrícola diseñado para distribuir fertilizantes; está compuesta por tres partes principales: la tolva o depósito del abono, el tubo de caída del fertilizante y el distribuidor del fertilizante.

Arado: equipo agrícola diseñado para abrir surcos en la tierra; está compuesto por una cuchilla, reja, vertedera, talón, cama, timón y mancera, las cuales sirven para cortar y nivelar la tierra, sostener las piezas del arado, fijar el tiro y servir de empuñadura.

Asperjadora: equipo agrícola diseñado para fumigar; está compuesta por un depósito de líquido, bomba de presión, tapa, boca, tanque y válvula de presión, correas, manguera, llave y la boquilla por donde sale el líquido para fumigar, sea insecticida, fungicida o herbicida.

Cosechadora: máquina agrícola de motor potente, peine cortador para segar las plantas maduras de cereales y un largo rastrillo que va delante de la máquina y gira sobre un eje horizontal.

Empacadora: equipo agrícola diseñado para empaquetar o empacar la paja de los cereales u otras plantas herbáceas forrajeras en balas (también llamadas pacas o alpacas).

Equipos agrícolas: grupo de aparatos diseñados para abrir surcos en la tierra, desmenuzar, fumigar y fertilizar en el suelo.

Maquinarias agrícolas: elementos que se utilizan para dirigir la acción de fuerzas de trabajo a base de energía; por su parte en el campo agrícola, los mecanismos a motor que se emplean en estas labores aligeran la producción y mejoran las técnicas de cultivo. Entre las máquinas agrícolas más utilizadas en las labores del campo se mencionan.

Motocultor: máquina agrícola de un solo eje y se opera por manillar; suele tener mediana potencia pero, en cambio puede ser muy versátil con los numerosos aperos e implementos que se han venido desarrollando. Es la maquinaria ideal para parcelas pequeñas o minifundios, muy frecuentes en los países del Sur de Europa, y también del sudeste asiático, así como de otras partes del mundo.

Rastra: equipo agrícola diseñado para desmenuzar las partes o porciones de tierra que han sido removidas por el arado; están compuestas por un armazón, que pueden ser de madera y metal, los dientes y el enganche que lo une al tractor.

Sembradora de siembra directa: equipo para colocar las simientes sobre la cama de siembra, sin laboreo previo.

Tractor: máquina agrícola muy útil, con ruedas o cadenas diseñadas para moverse con facilidad en el terreno y potencia de tracción que permite realizar grandes tareas agrícolas, aun en terrenos encharcados.

Bibliografía

(1) Gran Enciclopedia Rialp, 1991 [en línea]

http://www.canalsocial.net/GER/ficha_GER.asp?id=7536&cat=historia. Ediciones Rialp S.A.

(2) Real Academia Española. «agro» (en español). [en línea] *Diccionario de la lengua española*. <http://www.rae.es/rae.html>. [Consultado el 19 de febrero de 2010].

(3) Real Academia Española. «cultura» (en español). [en línea] *Diccionario de la lengua española*. [Consultado el 19 de febrero de 2010].

(4) Irouleguy, Victoria. (1978): "Estudios sobre la historia de la agricultura de Veluwe en la Edad Media", en: *A.A.G.-Contribuciones* 1911, 195-267.

(5) Luelmo, J. (1975): "*Historia de la agricultura en Europa y América*". Madrid: Ediciones Istmo, Colección Fundamentos nº48

(6) Comité de Agricultura de la FAO, (2007) [en línea]: "La agricultura y el medio ambiente: es hora de intervención mundial" www.fao.org

(7) http://www.todo-argentina.net/geografia/argentina/agricultura_e.htm. Consultado el día 20 de octubre de 2010.

(8) Mario Bragachini, Axel von Martini, Andrés Méndez. *Proyecto Agricultura de Precisión - INTA Manfredi*. Agricultura de Precisión en Argentina. Red Agricultura de precisión. [en línea]. www.agriculturdeprecisión.org.

(9) Bragachini, M., A. Méndez, F. Scaramuzza, F. Projetti. [en línea]. H. Historia y desarrollo de la agricultura de precisión en Argentina. Proyecto Agricultura de Precisión EEA INTA Manfredi - agriculturadeprecision.org. Consultado el día 21 de octubre de 2010.

- (10) Terry L. Roberts. 2008. [en línea] Site-specific Nutrient Management Advances in Variable Dose Application. Traducida por www.agriculturdeprecisión.org
- (11) Ortega R. y Flores L. 1999. Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio-específico. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Serie Quilamapu. N°. 129. INIA. Chillán – Chile.
- (12) Curso Internacional de Agricultura de Precisión. (9°:2010: INTA Manfredi) Quiroga A. Manejo por Ambientes. Necesidad de reconocer y jerarquizar los factores que afectan la producción de granos y forraje., 14 al 16 de julio de 2010. P 187-196.
- (13) Bragachini M. Agricultura de precisión. Agrogestión. [en línea]. <http://www.agrobit.com>. Consultado 13 de noviembre de 2010
- (14) Garcia E., Flego F. 2010. Agricultura de precisión. Universidad de Palermo.
Revista de Ciencia y Tecnología N° 8. pág. 99-116.
www.palermo.edu/ingenieria/Ciencia_y_tecnologia/ciencia_y_tecno_8.html
- (15) Curso Internacional de Agricultura de Precisión. (9° :2010: INTA Manfredi). Fontanetto H., Gambaudo S., Albrecht J., Sosa N., Boschetto H., Meroi G. Importancia de la caracterización de los ambientes para el manejo de la fertilidad y el uso de fertilizantes. 14 al 16 de julio de 2010. P 147-154.
- (16) Gregoret M.; Dardanelli J.; Bongiovanni R.; Díaz-Zorita M.. 2006. Modelo de respuesta sitio-específica del maíz al nitrógeno y agua edáfica en un haplustol. *Cienc. suelo* [en línea]. vol. 24, n. 2, pp. 147-159. ISSN 1850-2067.

(17) INTA – UNLPam. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Instituto Nacional de tecnología agropecuaria – Universidad Nacional de La Pampa, Buenos Aires.

(18) Bouyoucos GJ. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*. 54: 464-465.

(19) Thomas GW. 1996. Chapter 16: Soil pH and Soil acidity. En: *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. SSSA. pp:475-490.

(20) SAMLA (Sistema de apoyo metodológico a los laboratorios de análisis de suelos, agua, vegetales y enmiendas orgánicas). 2004. Métodos de laboratorio para determinación del contenido de sales solubles de los suelos. SAGyP, Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Versión en CD.

(21) Bremner, JM. 1960. Determination of Nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *J. Agr. Sci.* 55:1-23.

(22) Nelson, DW. y Sommers LE, 1996. Chapter 34: Total carbon, organic carbon and organic matter. En: *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. SSSA. pp: 960-1007.

(23) Summer, ME. y Miller WP. 1996. Chapter 40: Cation exchange capacity and exchange coefficients. En: *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. SSSA. pp:1201-1229.

(24) Bray, R.H. & LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorous in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.

(25) Murphy, J. and Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal Chim. Acta* 27: 31-36.

(26) <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/DCSyLD/File/Anexo%206%20a-%20Suelo.pdf>
Consultado el día 26 de febrero del año 2011.

(27) Covas, G. Manual de fertilidad y evaluación de los suelos. 2007. Publicación técnica N° 71. ISSN 0325-2132.

(28) Silva, A. 2004. La materia orgánica del suelo.

http://www.fagro.edu.uy/~edafo/lo_gia/curso/Material%20de%20lectura/Materia%20Organica/organica.pdf

(29) M. Sc. Anaité C. Herrera. 2005. Verdades y mitos sobre la materia orgánica y los abonos orgánicos.

[http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/B325756563B28C9506256B22005EBA1F/\\$file/VERDADES+Y+MITOS+.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/B325756563B28C9506256B22005EBA1F/$file/VERDADES+Y+MITOS+.pdf)

(30) Otero, Lazara; Gálvez, Vicente; Navarro, Norys; Díaz, Guillermo; Rivero, Luis; Vantour, Antonio. Contribución de las fracciones adsorbentes al intercambio catiónico de suelos arroceros de la Llanura Sur Habana - Pinar del Río. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 24, Núm. 1, enero-marzo, 2006, pp. 9-15. Universidad Autónoma Chapingo, México.

(31) Otero, L.; Ortega Sastriquez, F.; Morales M.; Participación de la arcilla y la materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico de vertisoles de la provincia Granma. *Terra Latinoamericana*, Vol. 16, Núm 003, 1998, pp 189-194. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Anexo I: Parámetros vs Topografía

Los siguientes resultados son los obtenidos utilizando el programa Infostat

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH Actual	8	0,79	0,76	6,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,66	1	6,66	23,13	0,0030
Topografía	6,66	1	6,66	23,13	0,0030
Error	1,73	6	0,29		
Total	8,39	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,92847

Error: 0,2880 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	6,82	4	0,27 A
Bajo	8,65	4	0,27 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH Hidrolítico	8	0,72	0,67	7,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,59	1	5,59	15,12	0,0081
Topografía	5,59	1	5,59	15,12	0,0081
Error	2,22	6	0,37		
Total	7,82	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,05259

Error: 0,3701 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	7,05	4	0,30 A
Bajo	8,72	4	0,30 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	8	0,26	0,14	32,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,40	1	0,40	2,14	0,1937
Topografía	0,40	1	0,40	2,14	0,1937
Error	1,11	6	0,18		
Total	1,51	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,74403

Error: 0,1849 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	1,12	4	0,22 A

Bajo 1,56 4 0,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N	8	0,45	0,36	33,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,69	1	0,69	4,86	0,0697
Topografía	0,69	1	0,69	4,86	0,0697
Error	0,85	6	0,14		
Total	1,54	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,65218

Error: 0,1421 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	0,82	4	0,19 A
Bajo	1,41	4	0,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C	8	0,24	0,11	20,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,65	1	10,65	1,85	0,2230
Topografía	10,65	1	10,65	1,85	0,2230
Error	34,59	6	5,76		
Total	45,24	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,15418

Error: 5,7645 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	10,53	4	1,20 A
Bajo	12,84	4	1,20 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MO	8	0,24	0,11	20,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31,52	1	31,52	1,85	0,2228
Topografía	31,52	1	31,52	1,85	0,2228
Error	102,29	6	17,05		
Total	133,81	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,14392

Error: 17,0477 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	18,07	4	2,06 A

Bajo 22,04 4 2,06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca	8	0,32	0,20	30,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,72	1	1,72	2,79	0,1460
Topografía	1,72	1	1,72	2,79	0,1460
Error	3,70	6	0,62		
Total	5,42	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,35913

Error: 0,6170 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	2,07	4	0,39 A
Bajo	3,00	4	0,39 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg	8	0,66	0,61	21,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,26	1	1,26	11,90	0,0136
Topografía	1,26	1	1,26	11,90	0,0136
Error	0,63	6	0,11		
Total	1,89	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,56220

Error: 0,1056 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	1,13	4	0,16 A
Bajo	1,92	4	0,16 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na	8	0,74	0,70	55,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	54,13	1	54,13	17,05	0,0062
Topografía	54,13	1	54,13	17,05	0,0062
Error	19,05	6	3,17		
Total	73,18	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,08299

Error: 3,1750 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	0,58	4	0,89 A
Bajo	5,79	4	0,89 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
K	8	0,41	0,31	20,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,58	1	0,58	4,15	0,0879
Topografía	0,58	1	0,58	4,15	0,0879
Error	0,84	6	0,14		
Total	1,41	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,64595

Error: 0,1394 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	1,51	4	0,19 A
Bajo	2,05	4	0,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CIC	8	0,52	0,44	22,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,50	1	12,50	6,57	0,0428
Topografía	12,50	1	12,50	6,57	0,0428
Error	11,42	6	1,90		
Total	23,92	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,38723

Error: 1,9036 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	4,79	4	0,69 A
Bajo	7,29	4	0,69 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P	8	0,05	0,00	58,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,1E-04	1	6,1E-04	0,31	0,5996
Topografía	6,1E-04	1	6,1E-04	0,31	0,5996
Error	0,01	6	2,0E-03		
Total	0,01	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,07730

Error: 0,0020 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Bajo	0,07	4	0,02 A
Loma	0,09	4	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p <= 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Arcilla	8	0,20	0,06	57,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28,13	1	28,13	1,48	0,2689
Topografía	28,13	1	28,13	1,48	0,2689
Error	113,75	6	18,96		
Total	141,88	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,53361

Error: 18,9583 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	5,75	4	2,18 A
Bajo	9,50	4	2,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p <= 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Límo	8	0,18	0,04	29,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	128,00	1	128,00	1,31	0,2966
Topografía	128,00	1	128,00	1,31	0,2966
Error	588,00	6	98,00		
Total	716,00	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=17,12838

Error: 98,0000 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Loma	29,50	4	4,95 A
Bajo	37,50	4	4,95 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p <= 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Arena	8	0,44	0,34	13,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	276,13	1	276,13	4,67	0,0740
Topografía	276,13	1	276,13	4,67	0,0740
Error	354,75	6	59,13		
Total	630,88	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=13,30420

Error: 59,1250 gl: 6

Topografía	Medias	n	E.E.
Bajo	53,00	4	3,84 A
Loma	64,75	4	3,84 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Anexo II: Parámetros vs Localidades

Los datos presentados en la tabla anterior fueron calculados a partir del programa estadístico Infostat, a continuación se presentan los cálculos realizados:

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH Actual	8	0,11	0,00	17,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,88	3	0,29	0,16	0,9198
Localidad	0,88	3	0,29	0,16	0,9198
Error	7,50	4	1,88		
Total	8,39	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,80289

Error: 1,8761 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Embajador Martini	7,33	2	0,97 A
Metileo	7,55	2	0,97 A
Doblas	7,86	2	0,97 A
Uriburu	8,21	2	0,97 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH Hidrolítico	8	0,11	0,00	16,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,89	3	0,30	0,17	0,9101
Localidad	0,89	3	0,30	0,17	0,9101
Error	6,92	4	1,73		
Total	7,82	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,65241

Error: 1,7305 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Embajador Martini	7,35	2	0,93 A
Metileo	7,88	2	0,93 A
Doblas	8,07	2	0,93 A
Uriburu	8,24	2	0,93 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	8	0,58	0,27	29,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,88	3	0,29	1,86	0,2768
Localidad	0,88	3	0,29	1,86	0,2768
Error	0,63	4	0,16		
Total	1,51	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,10038

Error: 0,1571 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Doblas	0,87	2	0,28 A
Metileo	1,31	2	0,28 A
Uriburu	1,37	2	0,28 A
Embajador Martini	1,81	2	0,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N	8	0,25	0,00	48,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,38	3	0,13	0,44	0,7380
Localidad	0,38	3	0,13	0,44	0,7380
Error	1,16	4	0,29		
Total	1,54	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,49584

Error: 0,2903 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Doblas	0,84	2	0,38 A
Metileo	1,04	2	0,38 A
Embajador Martini	1,15	2	0,38 A
Uriburu	1,44	2	0,38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C	8	0,13	0,00	26,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,98	3	1,99	0,20	0,8895
Localidad	5,98	3	1,99	0,20	0,8895
Error	39,26	4	9,81		
Total	45,24	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,69828

Error: 9,8150 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Metileo	10,79	2	2,22 A
Embajador Martini	11,36	2	2,22 A
Doblas	11,48	2	2,22 A
Uriburu	13,11	2	2,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MO	8	0,13	0,00	26,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,53	3	5,84	0,20	0,8908
Localidad	17,53	3	5,84	0,20	0,8908
Error	116,28	4	29,07		
Total	133,81	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=14,96972

Error: 29,0703 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Metileo	18,50	2	3,81 A
Embajador Martini	19,55	2	3,81 A
Doblas	19,69	2	3,81 A
Uriburu	22,50	2	3,81 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca	8	0,44	0,01	34,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,36	3	0,79	1,03	0,4686
Localidad	2,36	3	0,79	1,03	0,4686
Error	3,06	4	0,76		
Total	5,42	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,42786

Error: 0,7647 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Doblas	2,03	2	0,62 A
Uriburu	2,27	2	0,62 A
Metileo	2,40	2	0,62 A
Embajador Martini	3,45	2	0,62 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg	8	0,08	0,00	43,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,14	3	0,05	0,11	0,9499
Localidad	0,14	3	0,05	0,11	0,9499
Error	1,75	4	0,44		
Total	1,89	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,83421

Error: 0,4364 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Uriburu	1,32	2	0,47 A
Doblas	1,54	2	0,47 A
Embajador Martini	1,56	2	0,47 A
Metileo	1,70	2	0,47 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na	8	0,14	0,00	124,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,91	3	3,30	0,21	0,8855
Localidad	9,91	3	3,30	0,21	0,8855
Error	63,27	4	15,82		
Total	73,18	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=11,04210

Error: 15,8170 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Doblas	2,08	2	2,81 A
Metileo	2,09	2	2,81 A
Embajador Martini	4,06	2	2,81 A
Uriburu	4,52	2	2,81 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
K	8	0,26	0,00	28,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,36	3	0,12	0,46	0,7245
Localidad	0,36	3	0,12	0,46	0,7245
Error	1,05	4	0,26		
Total	1,41	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,42294

Error: 0,2627 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.
Metileo	1,63	2	0,36 A
Embajador Martini	1,64	2	0,36 A
Doblas	1,70	2	0,36 A
Uriburu	2,15	2	0,36 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CIC	8	0,34	0,00	32,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo	8,04	3	2,68	0,68	0,6108
Localidad	8,04	3	2,68	0,68	0,6108
Error	15,88	4	3,97		
Total	23,92	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,53156

Error: 3,9693 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.	
Doblas	4,85	2	1,41	A
Metileo	5,59	2	1,41	A
Uriburu	6,15	2	1,41	A
Embajador Martini	7,59	2	1,41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P	8	0,21	0,00	65,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,6E-03	3	8,8E-04	0,35	0,7904
Localidad	2,6E-03	3	8,8E-04	0,35	0,7904
Error	0,01	4	2,5E-03		
Total	0,01	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,13847

Error: 0,0025 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.	
Metileo	0,06	2	0,04	A
Embajador Martini	0,07	2	0,04	A
Uriburu	0,08	2	0,04	A
Doblas	0,11	2	0,04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Arcilla	8	0,64	0,38	46,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	91,38	3	30,46	2,41	0,2072
Localidad	91,38	3	30,46	2,41	0,2072
Error	50,50	4	12,63		
Total	141,88	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,86517

Error: 12,6250 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.	
Doblas	2,50	2	2,51	A
Metileo	8,00	2	2,51	A
Uriburu	8,00	2	2,51	A
Embajador Martini	12,00	2	2,51	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Limo	8	0,74	0,55	20,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	533,00	3	177,67	3,88	0,1115
Localidad	533,00	3	177,67	3,88	0,1115
Error	183,00	4	45,75		
Total	716,00	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=18,77952

Error: 45,7500 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.		
Uriburu	27,00	2	4,78	A	
Embajador Martini	29,50	2	4,78	A	B
Metileo	30,00	2	4,78	A	B
Doblas	47,50	2	4,78		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Arena	8	0,40	0,00	16,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	252,38	3	84,13	0,89	0,5193
Localidad	252,38	3	84,13	0,89	0,5193
Error	378,50	4	94,63		
Total	630,88	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=27,00797

Error: 94,6250 gl: 4

Localidad	Medias	n	E.E.	
Doblas	50,00	2	6,88	A
Embajador Martini	58,50	2	6,88	A
Metileo	62,00	2	6,88	A
Uriburu	65,00	2	6,88	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)