

Serie: Documentos de Trabajo – N° 16

IMPACTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE ARROZ SOBRE
SUELOS DE BAÑADOS: PRODUCTIVIDAD Y CONSERVACIÓN

Universidad de la República
Facultad de Agronomía



GLOBAL
ENVIRONMENT
FACILITY

pnud

Artigas Durán
Alfredo Silva
Aracelli Ruiz
Cátedra de Edafología - Facultad de Agronomía
Universidad de la República

**IMPACTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE ARROZ SOBRE SUELOS
DE BAÑADO: PRODUCTIVIDAD Y CONSERVACIÓN**

Rocha, julio de 1998

CATALOGACIÓN EN PUBLICACIÓN (CIP)

Durán, Artigas.

Impacto productivo del cultivo de arroz sobre suelos de bañado: productividad y conservación / Artigas Durán, Alfredo Silva, Arecelli Ruiz.- Rocha, UY : PROBIDES, 1998.

36 p.: grafs. (*Documentos de Trabajo; 16*)

Incluye bibliografía.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN.....	5
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	12
1.1. Objetivos generales.....	12
1.2. Objetivos específicos	12
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Sitios de estudio	15
3.2. Procedimientos de estudio	15
3.3. Análisis de la información	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1. Propiedades físicas y químicas del suelo	18
5. CONCLUSIONES.....	34
6. BIBLIOGRAFÍA.....	36

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el departamento de Rocha cubriendo la zona de los Bañados de India Muerta hasta San Miguel y un área fuera de los bañados propiamente dichos. Los suelos de los sitios elegidos son todos de texturas finas, mayoritariamente Gleysoles, situados en zonas de bañados de diferente grado de transformación por obras de desagüe; en un caso se estudió un suelo moderadamente alcalino fuera de la zona de bañados.

Los sitios de estudio incluyen suelos sin uso arrocero y suelos de uso arrocero en una amplia gama de situaciones en cuanto a años de cultivo (chacra de 2, 3, 5 y más de 10 años). Se estudiaron varias propiedades físicas y químicas de los suelos a través de estudios de campo y de laboratorio y se analizaron estadísticamente los datos obtenidos.

La morfología, las propiedades químicas (pH, bases intercambiables, contenido de materia orgánica) y la composición mecánica son comparables a los valores determinados en estudios anteriores.

En las otras propiedades estudiadas se observó que la porosidad total fue mayor en los sitios sin cultivar en relación a los cultivados y que estas diferencias significativas se pueden atribuir al manejo.

La velocidad de infiltración es baja en todos los casos y las diferencias encontradas se atribuyen al manejo y también al tipo de suelo, siendo mayor y más variable en el promedio de las chacras con arroz que en los suelos sin cultivar.

En cuanto a la resistencia a la penetración, las variaciones observadas se asocian por una parte a las lluvias precedentes cuando se estudia un mismo sitio, y por otro al número de ciclos anteriores de arroz, resultando mayor cuanto más años de arroz tuvo cada sitio.

En relación a los contenidos de gomas microbianas como indicadores de la estabilidad estructural se observaron valores superiores en las situaciones de bañados no cultivados con respecto a los cultivados. No existe relación entre la estabilidad estructural del suelo medida por el grado de floculación y el número de años de cultivo de arroz en las situaciones de chacra.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca de la Laguna Merín ocupa en el país una superficie aproximada de 3:300.000 hectáreas que representa el 18% del territorio nacional. Dentro de la cuenca se pueden distinguir tres grandes regiones fisiográficas:

1. La zona de sierras (o zona alta), de relieve muy fuertemente ondulado a quebrado, que se extiende desde la divisoria de aguas hacia la laguna, hasta la zona 2, y que abarca alrededor de 1:175.000 hectáreas.

2. La zona de colinas y lomadas (zona intermedia), situada entre las sierras y la zona 3, de relieve ondulado o muy suavemente ondulado, que se extiende en un área de 840.000 hectáreas.

3. La zona plana (a veces llamada zona baja), de relieve plano y desniveles muy pequeños, que se extiende desde la zona intermedia hasta la Laguna Merín en forma de franja de ancho irregular y ocupa una superficie de alrededor de 760.000 hectáreas, incluyendo casi 150.000 hectáreas de bañados y esteros y algo más de 15.000 hectáreas de cordones arenosos del litoral oceánico y lagunar.¹

En el departamento de Rocha en particular se concentran aproximadamente 300.000 hectáreas de humedales caracterizadas por comunidades vegetales de bañados y zonas bajas y por lagunas litorales, naturalmente conectadas o no con el océano.

Específicamente el área de bañados ocupa unas 120.000 hectáreas donde se incluyen los bañados de India Muerta, Rincón de la Paja, Rincón Bravo, San Miguel, Las Maravillas, Santa Teresa y la Angostura y los esteros de Santiagueño, Fernandiño y de las Cinco Islas. La región de bañados y planicies más altas contiene una fauna y flora muy ricas, a veces casi exclusiva: palmares, gramales, pajonales y caraguatales como ejemplos de comunidades vegetales; y una avifauna muy diversa en el orden animal.

La geomorfología del norte del departamento de Rocha ha sido estudiada recientemente en mayor detalle en el marco de PROBIDES (Montaña y Bossi 1995) lo que ha aportado un mayor conocimiento relativo al origen de las formas del terreno y las condiciones de sedimentación de los materiales parentales de los suelos de la región. Por mayores detalles, se debe consultar dicho trabajo que contiene la mejor aproximación disponible al conocimiento del origen de los humedales de Rocha y terrenos asociados.

La cuenca de la Laguna Merín se caracteriza por el claro predominio de la actividad agropecuaria, practicándose la ganadería extensiva en todas las tierras, aún aquellas que se inundan regularmente durante períodos prolongados (bañados y esteros). En el sector agrícola, el cultivo de mayor importancia es el arroz, iniciado a comienzos de los años 30 y que ha mostrado un marcado dinamismo, particularmente a partir de la década del 60. A fines de los años 40 el área sembrada en

¹ A las tres zonas mencionadas deben agregarse más de 210.000 hectáreas de planicies de costa de ríos y arroyos, que se extienden a lo largo de los cauces fluviales que las recorren conformando una densa red de drenaje superficial.

todo el país no llegaba a las 15.000 hectáreas, situación que se mantuvo incambiada -aunque con oscilaciones- hasta 1960. A fines de la década del 70, la superficie sembrada llegó a 35.000 hectáreas; pasó a 67.000 hectáreas en 1980 y ha llegado a 140.000 hectáreas en 1995/96. De este total, el 75% aproximadamente se siembra en esta cuenca.

Como actividad productiva, el arroz tiene un importante efecto dinamizador regional al ocupar un gran volumen de recursos directamente, a la vez que requiere de múltiples servicios y de obras de infraestructura en la propia zona de producción. Conforme a estudios bastante recientes, el arroz representa el 13% del valor bruto de la producción agrícola del país, ocupa una persona cada 15 hectáreas y un profesional cada 800; alrededor del 80% de lo producido se exporta (es el principal rubro agrícola destinado al mercado externo), lo que supone una cifra próxima al 10% de todas las exportaciones del país. La productividad elevada en el contexto internacional - a diferencia de otros rubros agropecuarios - y el valor de la producción obtenida en una hectárea de arroz es unas 36 veces superior al logrado en una de ganadería tradicional y tres veces mayor que el alcanzado en promedio en la actividad agrícola del país. Aunque el requerimiento de divisas por unidad de superficie en el arroz es elevado, el balance es de todas maneras muy favorable: el cultivo genera alrededor de tres dólares de exportación por cada dólar importado para su producción.

A escala mundial el arroz se cultiva en una gran diversidad de suelos que van desde arenas hasta arcillas, muy profundos a moderadamente profundos, ácidos a calcáreos, pobres en materia orgánica hasta turbosos, bien a muy pobremente drenados y de mineralogía muy variada. Asimismo, la topografía de las tierras de arroz va desde plana hasta montañosa. En Uruguay, en cambio, el arroz se ha cultivado desde el inicio en las zonas topográficas que se consideraron más adecuadas (planicies) y en los suelos más aptos, caracterizados por un horizonte A de textura media en la gran mayoría de los casos y un horizonte B de textura pesada que reduce a un mínimo las pérdidas de agua por percolación, mejorando la eficiencia del riego. Se trata mayormente de Planosoles, Argisoles y Solods, con Gleysoles en menor proporción, donde el arroz no es un cultivo competitivo con otros rubros agropecuarios ya que esos suelos son de alta productividad arroceras pero de baja aptitud natural para casi todos los demás rubros agrícolas y ganaderos.

Una revisión somera de las principales exigencias y limitaciones de suelos para el cultivo de arroz a nivel mundial indica que:

- * La textura óptima varía desde franco hasta arcillosa.
- * Una profundidad mayor de 40 cm se considera ventajosa.
- * La permeabilidad varía desde moderada hasta lenta.
- * El drenaje varía desde bueno hasta pobre. Períodos breves de inundación profunda son tolerables y algunas variedades de arroz crecen bien donde las aguas de inundación se elevan hasta 3 m, si la corriente no es muy fuerte y la elevación del nivel del agua no supera los 10 cm/día².
- * Los requerimientos de fertilidad varían desde bajo hasta alto.
- * La reacción del suelo varía desde pH 4,0 hasta 7,0 encontrándose el óptimo entre pH 5,0 y 6,0.

² Inundaciones de esta magnitud no serán consideradas en este trabajo, toda vez que no corresponden a las condiciones de las tierras de arroz del Uruguay ni las variedades utilizadas en el país las toleran.

- * Contenidos de materia orgánica mayores de 65% en peso en una profundidad mayor de 60 cm son normalmente limitantes para la producción de arroz regado o pluvial³.
- * Los excesos de salinidad y de acidez son factores limitantes del crecimiento.

Aunque los rangos considerados son muy amplios - por referirse a un contexto mundial -es evidente que todas las tierras dedicadas hasta ahora al arroz en Uruguay se ajustan sin mayores inconvenientes a las exigencias del cultivo, al menos dentro de condiciones tan generales como las enumeradas. Obviamente, a un nivel de mayor detalle, existen diferencias significativas en aptitud para el arroz de los diferentes suelos en que se lo planta en Uruguay.

En EE.UU. el arroz se cultiva en establecimientos grandes, enteramente mecanizados, bajo riego controlado y sobre suelos de terrenos planos, con pendiente menor al 0,5% y mediante siembra y no trasplante.⁴ La distribución del cultivo de arroz en aquel país está determinada por una combinación de clima, suelo y agua: el arroz se planta donde hay agua disponible para regar suelos de baja permeabilidad en clima cálido. Los suelos usados para arroz representan la combinación óptima de los tres factores, lo que ocurre en dos áreas principales: el valle inferior del Río Mississippi y la planicie costera baja de Luisiana y Texas por un lado, y el valle del Río Sacramento en California por otro.

Se trata siempre de suelos pertenecientes a familias finas (por textura), montmorilloníticas (por mineralogía) y térmicas (por régimen de temperatura). En lo que respecta al tipo de suelo en que se lleva a cabo el cultivo, el arroz se siembra principalmente en Acualfes, Acueptes, Acuoles y Udertes en la zona arroceras del Mississippi y en Acuoles, Xerertes y Xeralfes en la de California. Dominan los suelos pertenecientes a subórdenes Acuicos o a grandes grupos Acuicos de otros subórdenes, es decir, suelos húmedos en todos los casos.

El clima juega un rol importante en la determinación de las zonas arroceras de EE.UU. La del valle del Mississippi y la planicie costera de Luisiana y Texas - donde se produce más del 80% del arroz - posee una temperatura media anual de 16,6 a 20,5°C y una precipitación anual de 1.200 a 1.400 mm. En el valle del Río Sacramento, la temperatura media es de 16°C y la precipitación solamente alcanza a 300 - 400 mm. En California no solamente llueve menos sino que la precipitación es nula en verano, en tanto que en la otra zona está distribuida más o menos equitativamente a lo largo del año. Se atribuye al clima una influencia decisiva en la productividad del cultivo y se destaca que los altos rendimientos de California (6,0 ton/ha) se deben probablemente a la alta radiación solar acumulada durante la estación de crecimiento, ya que esa zona no tiene virtualmente precipitación ni cobertura nubosa durante la estación de crecimiento. En el otro extremo, los menores rendimientos se dan en Luisiana (4,4 ton/ha), donde se presenta el mayor número de días durante esa etapa, con cielo cubierto. (Las cifras deben valorarse sin embargo con cautela ya que corresponden en ambos casos solamente a datos de un año, 1976).

³ Tampoco se considerarán suelos turbosos de contenidos tan elevados de materia orgánica pues son excepcionales en el país y su uso en agricultura está desaconsejado por razones ambientales y en gran medida prohibido por ley ya que tales suelos ocurren mayormente en áreas protegidas (principalmente Bañado de Santa Teresa, Ley N° 16170 del 28 de diciembre de 1990).

⁴ La comparación con EE.UU. es válida porque la tecnología utilizada en el cultivo del arroz en Uruguay es muy similar a la aplicada en aquel país.

En las condiciones iniciales del cultivo en Uruguay, y durante muchos años, el arroz se sembró en las proximidades de los principales ríos de la cuenca de la Laguna Merín, en las tierras más aptas (llanuras altas y medias), con riego por bombeo de las fuentes de aguas citadas. Al crecer el área sembrada y mantenerse sin modificaciones importantes la rotación tradicional arroz - ganadería, el cultivo fue ganando tierras desde las zonas iniciales hasta las más alejadas de las fuentes de agua- al desarrollarse la construcción de presas de riego - y hasta llegar a zonas de bañados antes consideradas improductivas. Esto último requirió inversiones en drenaje y protección contra inundaciones, además de las ya utilizadas en riego y sistematización de tierras.⁵

A través de canales y diques protectores se recuperaron para el cultivo tierras inundables, y con la habilitación de represas (India Muerta, Sauce del Peñón) se posibilitó el riego de una zona que carecía de fuentes de agua superficial. Tanto en la construcción de las obras de protección contra inundaciones y de desagüe como en la de riego tuvo un rol protagónico el Estado, sin cuya realización no habrían sido posibles las que ejecutaron los agentes privados. Las obras citadas son los grandes canales colectores (Nº 1, Nº 2, Coronilla y Laguna Negra) y la presa de India Muerta.

El proceso de habilitación de tierras ha provocado numerosas polémicas entre grupos que defienden el desarrollo productivo arrocerero - ganadero, y grupos que defienden la conservación de los humedales por su valor como recurso natural con fines culturales, científicos, recreativos y como hábitat de una flora y fauna casi únicas.

Existen razones en favor de ambas argumentaciones:

- **El arroz** es un cultivo rentable tanto para el productor como para el país en general, más allá de los ciclos de auge y de crisis que afectan a todo rubro agropecuario. A fines de la década del '80 representaba alrededor del 10% de todas las exportaciones del país. Su productividad es muy alta en comparación con otros rubros agropecuarios, se complementa - o puede complementarse - muy bien con varios de ellos y es un gran dinamizador del sector primario, genera empleo rural directa e indirectamente en un grado muy elevado para el contexto nacional y ocupa, para ello, apenas el 0,8% del territorio nacional.⁶

- **Los bañados**, por su parte, constituyen una comunidad compleja, valiosa y frágil, que alberga un importante número de especies vegetales y animales dentro de las que se destacan las aves acuáticas, tanto residentes como migratorias. Cumplen un rol importante como regulador y purificador del sistema hídrico y un servicio de reserva de agua dulce de calidad que recarga las napas subterráneas. Asimismo se afirma que se deben conservar los suelos típicos de bañado en su múltiple y valioso rol de humedal, al mismo tiempo que producir arroz en áreas con vocación agrícola.

⁵ En el norte del país se viene dando desde algunos años atrás otra fuerte expansión del área arrocerera, también en terrenos diferentes a los tradicionales; en este caso se trata de la incorporación al cultivo de suelos de laderas, generalmente suaves, cuyas pendientes no superan el 3%.

⁶ Esta cifra se refiere a la superficie sembrada anualmente en los últimos dos años; si se considera la superficie total que interviene en la rotación arrocerera, quizá se alcance al 4,5-5% del territorio.

Desde el punto de vista productivo existe una población que, en una forma organizada o no, utiliza los recursos de los bañados para explotarlos. Tal es el caso de los quinchadores que cosechan la paja y el de los nutrieros. Se ha mencionado reiteradamente que el 40% de las familias rurales del departamento de Rocha obtiene sus ingresos de la caza de la nutria, pero sin que se haya aportado evidencia empírica sobre la veracidad de dicha afirmación (FAO 1979)⁷. Datos del Banco República indican que en el año 1984 se exportaron 3:800.000 dólares en pieles y ropa de vestir.

El suelo constituye un elemento básico en los ecosistemas terrestres, tanto en su estructura como en su funcionamiento. Es a su vez, una parte esencial en el diseño y gestión de los sistemas de producción. Pero sobre todas las cosas el suelo y sus características es un elemento común en una región que de hecho refleja una realidad productiva natural en el país.

Ya en el período colonial se consideró a la economía de la zona del Este como un problema independiente y con características propias con relación al resto del territorio uruguayo. Ello llevó a que, en lo sucesivo, se gestaran propuestas numerosas y diversas - con el propósito declarado de desarrollar la zona y mejorar las condiciones de vida en la misma - de las que pueden mencionarse las siguientes:

- * 1779: habilitación de la red hidrográfica de la Laguna Merín y plan de explotación de los territorios adyacentes.
- * 1859: conexión de los Arroyos San Miguel y Chuy mediante un canal navegable.
- * 1873: conexión ferroviaria entre el "Puerto de La Coronilla" y un puerto sobre la Laguna Merín.
- * 1882: construcción de un canal desde el "Puerto de La Coronilla" hasta el Arroyo San Miguel.
- * 1883: construcción de un gran puerto oceánico en La Coronilla.
- * 1885 (±): construcción de un canal - puerto, uruguayo brasileño, desde la desembocadura del Arroyo Chuy hasta el Arroyo San Miguel y canalización de los ríos Cebollatí, Olimar, Tacuarí y Yaguarón, colonizando sus márgenes.
- * 1888: construcción de un puerto en La Coronilla y un ferrocarril hasta la desembocadura del Río San Luis, donde se construiría otro puerto. La construcción de un puerto en La Coronilla fue reiterada en 1892.
- * 1895: concesión para desaguar los Bañados del Este en el Departamento de Rocha. Esta solicitud fue concedida a quienes la gestionaron (Ing. L. Andreoni y J. P. Lamolle) y el primero de ellos estudió y ejecutó un canal para sanear los bañados de Santa Teresa, Las Maravillas y San Miguel (unas 20.000 hectáreas). La obra, luego de algún tiempo de construida, fue descuidada, encontrándose casi fuera de servicio en la década del 30.

Las obras más significativas construidas en los últimos 60 años y antes de 1978 son el tramo inferior del canal N° 1 (unos 13 km) en las nacientes del Río San Luis (1935 - 1939), la prolongación del canal Andreoni (N° 2) hasta Salinas Marítimas hacia fines de la década del 40 y la construcción

⁷ Lineamientos para el plan maestro sobre manejo de áreas silvestres y conservación de la fauna nativa en la República Oriental del Uruguay. FAO. Oficina Regional para América Latina. Basado en el trabajo del consultor Carlos Ponce del Prado. Santiago, enero 1979.

del canal Laguna Negra (N° 3). Ellos forman parte del plan del Ing. Martínez Bula que incluyó cinco grandes colectores de los que no llegaron a construirse el N° 4 (canal interceptor de ladera en el límite sur de los bañados) y el N° 5 (Estero Pelotas).

Las obras ejecutadas por el Estado (entre 1978 y 1982), directamente o por concesión, fueron las prolongaciones de los canales N° 1 y 2, rectificación y profundización del N° 3, y construcción de los canales Coronilla y Los Ajos y de la presa de India Muerta. Estas obras son plenamente conocidas y no se justifica entrar en detalles acerca de sus objetivos y características.

En los últimos 20 años se han generado y aprobado propuestas para la zona de carácter y objetivos muy diferentes a los enumerados antes (ejecutados o no). Ellos apuntan a la conservación de humedales y su diversidad biológica y se reflejan en la designación de una Reserva de Biosfera (1976) que comprende, dentro de un área mayor, a los Bañados de Rocha, y la adhesión de Uruguay a la Convención de Ramsar, inscribiendo en la lista de humedales de interés internacional un área de alrededor de 435.000 hectáreas (incluida la superficie de aguas jurisdiccionales uruguayas de la Laguna Merín).

Por último, y dentro de la óptica de compatibilizar la conservación de la biodiversidad y el desarrollo productivo de la zona comienza en 1993 la actividad del PROBIDES, de lo que no corresponde aquí formular otras apreciaciones.

Las conclusiones más relevantes a extraer de la somera reseña introductoria son las siguientes:

1. Los Bañados de Rocha y terrenos aledaños, particularmente la zona costera, han sido objeto de estudios, proyectos o simplemente propuestas de ideas con el propósito de ordenamiento territorial. Estas iniciativas se generaron en gran número y a lo largo de un período muy prolongado, **de más de 200 años**, si se considera que aún en la actualidad hay proyectos presentados y pendientes de ejecución o aprobación.
2. Todas las iniciativas y proyectos buscaron, de una manera u otra, modificar la situación vigente en su momento, particularmente en lo relativo a las comunicaciones fluviales y ferroviarias y a la construcción de canales de navegación o desagüe; por lo mismo casi todas suponían un manejo determinado del recurso agua y muchas de ellas también del recurso tierra.
3. Con relación a los proyectos que llegaron a plasmarse en realizaciones efectivas, completas o inconclusas, el Estado actuó hasta fecha muy reciente como ejecutor directo o como apoyo a la actividad del sector privado en la construcción de obras de desagüe y de recuperación de tierras para el uso agrícola ganadero.
4. Solamente en los últimos 20 años aparece el Estado involucrado en opciones de uso del territorio orientadas a la conservación de ambientes naturales (Reserva de Biosfera, Convención de Ramsar), aún cuando se incluyeran en tales áreas algunos terrenos cuyo régimen hídrico estaba ya fuertemente modificado por obras anteriores, dando lugar a contradicciones ya mencionadas y aún no resueltas.

5. PROBIDES es el primer esfuerzo concreto y orgánico de promoción de la conservación y del desarrollo sustentable. Esto aparece hoy como una vía posible para plasmar una propuesta fundada y realista que facilite destrabar las situaciones de indefinición en el manejo de recursos naturales y la gestión del territorio.

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1 Objetivos generales

Estudiar la dinámica del suelo en terrenos de bañados, en su relación con cambios en la productividad de los mismos para el cultivo de arroz y en su propia dinámica.

1.2 Objetivos específicos

Evaluar cambios en las propiedades físicas y químicas de los suelos de bañados bajo distintos tiempos de cultivo de arroz y sin uso arrocero hasta la fecha.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El interés en definir opciones productivas para la zona baja de la cuenca de la Laguna Merín se manifestó hace ya más de dos siglos pero los estudios de nivel científico más destacados son los de Martínez Bula (1939) y los del Proyecto Laguna Merín desarrollado en forma conjunta entre Uruguay y Brasil con apoyo financiero del PNUD y la cooperación técnica de FAO. Dentro de este proyecto, el levantamiento de suelos y la clasificación por aptitud de uso de la tierra en seco y por aptitud para el riego están descritos exhaustivamente por Sombroek (1969).

En el Uruguay aún no se ha puesto suficiente énfasis en los efectos del cultivo de arroz en el largo plazo sobre las propiedades físicas de los suelos (Panario *et al.* 1995).

Es probable que el cultivo de arroz produzca transformaciones negativas en el ambiente edáfico en el largo plazo, como puede ocurrir en el caso de otros cultivos, pero aún no han sido estudiados en profundidad.

La potencialidad de un suelo para el cultivo de arroz está determinada primariamente por el clima, la topografía y la hidrología. Características del suelo tales como: drenaje, permeabilidad, textura, fertilidad, entre otras, afectan también el potencial de rendimiento y limitan el desarrollo del cultivo en algunos casos (Keersebilck y Soeprapto 1985, citados por Panario *et al.* 1995).

El laboreo con alto contenido de humedad que se realiza en el cultivo del arroz, sobre todo en países asiáticos, se considera que afecta negativamente y en forma acentuada sus propiedades físicas⁸ en relación al laboreo en seco, que es el único utilizado en Uruguay. Propiedades como la permeabilidad, la infiltración y la porosidad del suelo pueden verse particularmente afectadas por el laboreo del suelo mojado. Investigaciones en China e India han asociado los mejores rendimientos en el cultivo del arroz a una buena estructura y a una adecuada proporción de poros capilares y no capilares (Jia-fang y Shi-ye 1981; Kar *et al.* 1972, 1976 y 1979, citados por Panario *et al.* 1995). Tales condiciones se pueden lograr si el laboreo se realiza en seco, aunque ello por sí solo no asegura el resultado deseado.

Hoekstra (1969) investigó algunas propiedades físicas de los suelos del área sedimentaria plana de la cuenca de la Laguna Merín, pero sus estudios se limitaron a las llanuras altas y medias y a las planicies bajas de la costa de la laguna. No se incluyeron por lo tanto los suelos de los humedales⁹ que son objeto de este estudio y por lo mismo no es posible establecer comparaciones entre los resultados de aquel autor y los obtenidos en esta investigación. De todas maneras debe tenerse presente que la investigación de Hoekstra tuvo como propósito la caracterización objetiva de

⁸ Ello es sin embargo un objetivo explícito del laboreo del suelo saturado, que justamente se conoce con el nombre de "fangueo" y que procura aumentar la retención de humedad en el suelo y reducir las pérdidas por percolación.

⁹ Razones de inaccesibilidad explican que los suelos de los bañados no fueran incluidos por Hoekstra en su estudio, tal como lo señala Sombroek (1969). Debe tenerse presente que en la fecha de la investigación de Hoekstra, no se habían llevado a cabo las obras de drenaje de los bañados, lo que impidió el acceso a los mismos con el equipo pesado necesario para la determinación de propiedades físicas de los suelos en el campo.

los suelos, independientemente del uso anterior o actual (a la fecha del estudio), por lo que tampoco se relacionaron las propiedades físicas con el uso de la tierra.

El estudio de Hoekstra aporta por lo tanto información de poco valor para los objetivos de esta investigación. Solamente se puede mencionar que para un suelo de la zona de llanura media - comparable al sitio San Luis de este estudio - los datos de Hoekstra indican una laborabilidad aceptable en función de su plasticidad, y una velocidad de infiltración considerada buena. Sin embargo, el sitio elegido por Hoekstra no parece ser el más representativo de esta unidad edafológica, en la que los resultados obtenidos en el presente estudio indican una infiltración lenta, más próxima a la evidencia empírica obtenida en más de 20 años de uso de la tierra para arroz.

Adicionalmente, en un único suelo de la zona de humedales, los resultados de Hoekstra fueron contradictorios, indicando buena infiltración pero laborabilidad muy difícil, aunque la estructura superficial fue clasificada como estable. Por lo tanto, ambos antecedentes son irrelevantes para este estudio, pero ponen de relieve la importancia de avanzar en el estudio de las propiedades físicas de los suelos de los humedales de Rocha, lo que ya había sido señalado explícitamente por Sombroek (1969).

De acuerdo con Alvarez *et al.* (1984) en el suelo el ambiente físico, químico y biológico está determinado en gran medida por la dinámica del agua y del aire. Esta dinámica depende en parte del estado de agregación del suelo y de su estabilidad. Estas últimas propiedades son afectadas por la presencia de coloides orgánicos, inorgánicos, sesquióxidos y cationes polivalentes. Son numerosos los trabajos fuera del Uruguay que han encarado la evaluación de la importancia que tienen las gomas microbianas como agregantes y su incidencia en la estabilidad de los agregados del suelo.

Recientemente se ha estudiado la relación entre el contenido de gomas, estabilidad estructural y distintos manejos del suelo. Se encontró una estrecha relación entre el contenido de gomas microbianas y el nivel de degradación de la estructura del suelo. Los microorganismos del suelo a través de compuestos que sintetizan, poliurónidos y polisacáridos, favorecen la formación y estabilidad de la estructura del suelo. Se puede mencionar el efecto favorable de las especies *Lytrophaga* y *Sporocytophaga* al producir poliurónidos en aerobiosis y *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Dexia*, y otros al producir sustancias prehúmicas, interactuando con arcillas, óxidos de hierro y aluminio. El hombre mediante los distintos manejos promueve la modificación del ecosistema donde se sintetizan los compuestos orgánicos que actúan como agregantes, alterando el tipo de estructura y estabilidad de los mismos. El presente estudio se emprendió con el objetivo de comprobar en qué medida diferentes ciclos del cultivo de arroz pueden afectar las propiedades del suelo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitios de estudio

El estudio se llevó a cabo en el departamento de Rocha cubriendo la zona de los Bañados de India Muerta hasta San Miguel y un área fuera de la de bañados propiamente dichos.

Los suelos de los sitios elegidos son mayoritariamente Gleysoles situados en áreas de bañados en diferente grado de transformación por obras de desagüe, en tanto que en San Luis se estudió un suelo moderadamente alcalino (Solod) situado en la llanura media. Los sitios de bañado incluyen suelos con y sin uso arrocero a la fecha del estudio.

A los efectos de estudiar el impacto del cultivo de arroz se seleccionaron seis sitios con y sin cultivo anterior. Estos sitios se seleccionaron de manera que cubrieran una gama amplia de situaciones en tanto a años de cultivo de arroz o de tiempo transcurrido luego del desagüe.

- 1) **Bañado drenado**, desde la década del 80, sin actividad agrícola posterior. Ruta 14. **Bañado de India Muerta**.
- 2) **Bañado drenado** también desde la década del 80 sin actividad agrícola posterior; campo del **Sr. Urrusty** en Paso de los Sauces sobre el camino a Barrancas.
- 3) **Chacra de arroz con dos cultivos previos** (chacra 2 años) en terrenos drenados por la prolongación del canal N° 2 a fines de la década del 40; campo del **Ing. Agr. J. Uriarte** sobre el canal N° 2 próximo a Salinas Marítimas.
- 4) **Chacra de arroz con tres cultivos previos** (chacra 3 años) en terrenos drenados a partir de la década del 80; campo del **Sr. Urrusty** sobre el camino a Barrancas.
- 5) **Chacra de arroz con cinco cultivos previos** (chacra 5 años) en terrenos drenados a partir de la década del 80; campo del **Ing. Agr. J. M. Pérez Ferreira** en Ruta 14, km 465.
- 6) **Chacra de arroz con más de diez cultivos** de arroz (chacra más de 10 años) en la **zona de San Luis**, Ruta 19 km 33, fuera del área de bañados.
- 7) **Bañado drenado** desde fines de la década del 40, sin cultivo de arroz; campo del **Ing. Agr. J. Uriarte** sobre el canal N° 2, próximo a Salinas Marítimas.
En todas las situaciones con cultivo de arroz el último cultivo realizado corresponde a la zafra 93/94.

3.2 Procedimientos de estudio

Morfología del suelo: mediante sondeos con taladro Edelman y siguiendo las pautas convencionales para la separación y descripción de los horizontes del perfil.

Análisis mecánico: método de Bouyoucos sin destrucción de materia orgánica; arcilla y limo determinados por densidad de la suspensión de suelo y arena separada por tamizado en húmedo.

Grado de floculación: arcilla dispersable en agua, sin agregado de dispersante como porcentaje de la arcilla total determinada por el análisis mecánico.

pH: determinado potenciométricamente en suspensión en agua y solución normal de KCl, con una relación de suelo a líquido de 1:2,5.

Capacidad de intercambio catiónico: por percolación con acetato de amonio normal y neutro y destilación del amonio retenido.

Bases intercambiables: determinadas en el percolado de acetato de amonio por espectrofotometría de absorción atómica.

Materia orgánica: por el método de Walkley - Black, sin aplicación de calor externo, utilizando bicromato de potasio normal como oxidante y se titula el exceso de bicromato con sal de Mohr.

Gomas microbianas: la técnica comprende dispersión del suelo en medio alcalino, posterior floculación y precipitación de ácidos húmicos en medio ácido y la precipitación de gomas microbianas con acetona sobre el líquido sobrenadante. Se desarrolla un color a través del ataque con bicromato de potasio y ácido sulfúrico, leyendo la absorbancia a 660 nm. Se tomaron cuatro muestras compuestas por sitio, manteniendo su individualidad para observar la variabilidad y estudiar la relación de la misma entre los parámetros medidos.

Densidad aparente: en muestras imperturbadas de 68,71 cc del horizonte superficial extraídas con anillos metálicos, saturadas hasta máxima expansión y ajustadas a dicho volumen y luego secadas a 105° C durante 24 horas, antes de pesarlas.

Porosidad total: calculada por la fórmula

$$Por. total(\%) = (1 - Da/Dr) \cdot 100$$

donde: Da = densidad aparente y Dr = densidad real (2,65)

Penetrabilidad: medida hasta 50 cm de profundidad con penetrómetro de aguja, utilizando pesa de 2 kg que realiza un recorrido vertical de 55 cm. Se midió cada 5 cm el número de golpes necesarios para introducir el penetrómetro en ese espesor de suelo.

Velocidad de infiltración: con infiltrómetro de doble anillo midiendo el descenso del nivel de agua en el anillo central hasta la estabilización de la velocidad de infiltración. Se tomaron lecturas cada minuto durante los primeros diez minutos y luego cada diez hasta alcanzar la velocidad estable.

La porosidad total, la densidad aparente, la composición mecánica, el grado de floculación,

el pH, la capacidad de intercambio catiónico, las bases intercambiables y la materia orgánica se determinaron en el laboratorio para cada horizonte del perfil representativo de los sitios elegidos. La porosidad total y la densidad aparente se determinaron como promedio de doce repeticiones por cada sitio.

La velocidad de infiltración y la penetrabilidad se determinaron en el campo, se realizaron cinco a ocho repeticiones para la penetrabilidad y dos o tres para la velocidad de infiltración.

3.3 Análisis de la información

Los datos obtenidos de porosidad y los de estabilidad estructural (gomas microbianas), se analizaron estadísticamente separando las medias a través del test de mínima diferencia significativa.

En las situaciones donde se realizaron repeticiones, se estudió la variación entre sitios, fechas de muestreo y su interacción a través de análisis de varianza para un modelo de muestreo completamente al azar. Cuando la interacción resultó significativa se analizó en forma separada el efecto de sitio y de fecha de muestreo. Cuando hubo efecto del factor considerado, se realizó la prueba de comparación de medias t de Student para un nivel de significancia de 0.05.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Propiedades físicas y químicas del suelo

Porosidad total

En la figura 1¹⁰ se representa la variación de la porosidad total en todos los sitios estudiados. Se puede apreciar una clara diferencia entre los valores de chacra y los bañados no cultivados. Para las chacras los valores de porosidad total varían entre 50 y 60% aproximadamente, mientras que para los bañados sin agricultura los mismos son sensiblemente superiores y se sitúan en el entorno de 55 a 70%.

Por su lado, en las figuras 2 y 3 se comparan las situaciones de bañados (no cultivados) con 2 años y 3 años de arroz, campos de Uriarte y Urrusty respectivamente. Se observa, en ambos sitios, valores superiores y de mayor variabilidad en la situación campo natural respecto a la chacra.

Por último, en la figura 4 se observan los valores promedio de todos los sitios. Mediante el test de Mínimas Diferencias Significativas (MDS) de separación de medias, se distinguen como significativamente diferentes entre sí (5%) y del resto de las situaciones los valores de porosidad total en los sitios Uriarte-bañado, 2 años e India Muerta-bañado, cuyos promedios de porosidad total decrecen en ese orden respectivamente. Los valores medios menores se dan en las chacras 3 años y más de 10 años, sin diferencias significativas entre ellas. Los casos de chacra 5 años y bañado drenado (Urrusty) se encuentran en una situación intermedia, no distinguiéndose claramente de 3 años ni de más de 10 años.

En conclusión, la porosidad total es significativamente superior (valor medio de 55 - 65%) para las situaciones de bañados no cultivados en relación a las situaciones de bañados drenados y cultivados (valor medio de 50 - 55%). De esta manera el origen de las diferencias observadas podría atribuirse al manejo en cada sitio. La excepción se da en el sitio Uriarte, que cuando se sometió a dos años de cultivo de arroz, su porosidad bajó significativamente con respecto a la situación no cultivada, pero igualmente supera los valores del resto de los sitios y situaciones.

Velocidad de infiltración

En las figuras 5a y 5b se pueden apreciar los valores medios de velocidad de infiltración obtenidos para cada sitio, en los que se pueden destacar dos hechos. El primero es que en todos los sitios los valores obtenidos son bajos, lo que concuerda con medidas realizadas años atrás en la zona (Proyecto Laguna Merín 1969).

En tal sentido, la velocidad de infiltración en los sitios drenados pero no cultivados ya es muy baja desde el inicio: 2 a 3 mm/minuto en el bañado de India Muerta y virtualmente nula en los de Uriarte y Urrusty. A su vez, en el primer caso, la baja velocidad inicial se reduce muy rápidamente y se hace nula o insignificante al cabo de 10 minutos. En los otros dos bañados, por lo

¹⁰ Las figuras se presentan juntas al final del capítulo.

expuesto antes, la infiltración resultó despreciable desde el inicio.¹¹ La capacidad de infiltración de los suelos, es decir, el volumen total infiltrado luego de estabilizada la velocidad, resultó en consecuencia muy baja, inferior o muy inferior a 10 mm en todos los casos, salvo una repetición en el bañado de India Muerta donde llegó a 11 mm.

El segundo hecho a destacar es que la situación es parcialmente diferente en el caso de las situaciones de chacra. En ellas la velocidad inicial de infiltración es muy superior a la observada en los bañados no cultivados, llegando 20 - 30 mm en las chacras de 2 y 3 años. En el caso del sitio con más de 10 años de arroz, con una historia agrícola mucho más larga que los anteriores - pero también con un suelo diferente, algo alcalino - la velocidad de infiltración resultó mucho menor pero más variable entre repeticiones, observándose valores de 1 - 9 mm. Dicho parámetro tiende a estabilizarse con el tiempo, al igual que en los campos no cultivados, pero el tiempo necesario para ello es en promedio más prolongado, aunque también más variable.

Así, la estabilización se alcanza a los 20 - 30 minutos en 3 años, en 15 - 20 en más de 10 años y en sólo 10 en la de 2 años. Parece evidente que el uso agrícola del suelo tiende a incrementar la infiltración en las chacras nuevas (3 años) y posiblemente a enlentecerla en las más viejas (más de 10 años). La situación de 2 años, muy nueva, muestra diferencias importantes en la velocidad inicial y en la capacidad de infiltración con el campo drenado sin cultivar, siendo mayores ambos parámetros, pero la estabilización en la velocidad se alcanza en igual tiempo que en él.

La capacidad de infiltración resultó igualmente mayor y más variable en las chacras que en campo natural: 170 - 185 mm en 3 años, 80 - 85 en 2 años y apenas 4 - 40 en más de 10 años.

En conclusión, las velocidades de infiltración de los suelos son muy bajas y se reducen rápidamente con el tiempo, siendo todo ello más evidente en las tierras de bañado drenadas pero no cultivadas. En las chacras, la infiltración es inicialmente más rápida y su reducción lleva más tiempo, pero de todas maneras se llega en no más de 30 minutos a velocidades muy lentas. Las diferencias citadas no pueden atribuirse solamente a condiciones de manejo, sino también a diferencias del tipo de suelo, aunque no puede profundizarse más este análisis porque el único caso en que es pertinente la comparación entre campo natural y bañado es en el sitio Uriarte, donde el suelo es idéntico bajo ambos usos. En los otros casos considerados no se logró realizar la medida de infiltración en lugares muy próximos pero con diferente uso - de manera de eliminar el tipo de suelos como fuente de diferencias en infiltración - aunque en el caso de Urrusty el suelo del bañado y el de la chacra no muestran diferencias significativas en su morfología. Lo más importante es, de todas maneras, que los suelos poseen una infiltración muy lenta, cualquiera sea su manejo anterior.

Resistencia a la penetración

Se han elegido diferentes situaciones para comparar los sitios, fundamentalmente por las lluvias que anteceden en diez días a la determinación.¹² En la figura 6, con lluvias previas

¹¹ La infiltración casi nula del bañado de Urrusty llevó a repetir la determinación en una fecha diferente y en condiciones climáticas distintas para detectar la existencia de posibles errores de medición; los resultados obtenidos verificaron los valores conocidos.

¹² Los valores de precipitación disponibles para el estudio corresponden a la lluvia medida en la presa de India Muerta. La información fue suministrada por COMISACO, en forma muy detallada,

abundantes no se observó diferencias entre situaciones de campo natural y chacra hasta los 25 cm de profundidad aproximadamente. De lo anterior se desprende que un aporte abundante de lluvias (100 mm, en los diez días previos) puede eliminar las diferencias en comportamiento, en cuanto a resistencia a la penetración, en suelos con manejo diferente.

En la figura 7 con lluvias previas de 39 mm, se observaron diferencias importantes entre chacras de diferentes edades. En la situación de más de 10 años de arroz se necesita un mayor número de golpes, prácticamente en todo el perfil, con una marcada diferencia a los 10 cm de profundidad, lo que se podría deber a la presencia de una zona compactada (suela de arada), ésta puede atribuirse a la larga historia agrícola de la zona.

En la figura 8, se compara la resistencia en un mismo sitio (Uriarte, bañado drenado y no cultivado) en dos situaciones diferentes de lluvias en los diez días anteriores (0 y 100 mm). No hay diferencias en penetrabilidad hasta 20 cm de profundidad, observándose por debajo una mayor resistencia en el caso del suelo más seco. La similitud en la penetrabilidad en las dos situaciones puede deberse a que se trata de un suelo muy bien estructurado en la superficie (hasta 30 cm de profundidad).

La figura 9 muestra que en superficie (5 cm), la resistencia a la penetración es igual con lluvias antecedentes diferentes. Lo que reflejaría el efecto de la degradación del suelo y lo que no se supera con lluvias abundantes en los diez días previos.

Finalmente, en la figura 10 se puede apreciar un comportamiento teórico, donde las chacras de más años de uso agrícola requieren mayor esfuerzo mecánico para la penetración en profundidad. En el sitio de 10 años (Solod con horizonte B cuasi nátrico) se agrega a lo expuesto, el tipo de suelo, dado que estos horizontes siempre ofrecen gran resistencia mecánica a la penetración.

Composición granulométrica

La figura 11 muestra el contenido de arcilla en profundidad para cuatro sitios (Uriarte no cultivado, tres, cinco y más de diez ciclos de arroz). En superficie el contenido de arcilla es similar en todos los suelos y lo mismo se observa en el horizonte C. En los horizontes intermedios el suelo de la llanura media (más de 10 años) es de contenido de arcilla sistemáticamente más alto que los suelos de bañado, que son de textura prácticamente idéntica a esas profundidades. En todos los suelos los contenidos de limo son elevados (40 a 60%) y los de arena bajos (casi siempre menores a 15%), verificándose la información disponible para los suelos del área. Las gráficas que muestran la composición granulométrica para cada perfil (figura 12) ilustran claramente lo afirmado en el párrafo anterior.

Bases intercambiables

Con respecto a la distribución de bases en profundidad para cada perfil, ilustrada en la tabla 1, se observa que las bases alcalino térreas son dominantes sobre las alcalinas en todo el perfil. Dentro de las primeras el calcio es más abundante que el magnesio, salvo en muy pocos casos.

indicando los valores diarios para cada mes de 1995.

Dentro de las alcalinas el sodio es dominante sobre el potasio, alcanzándose los mayores valores de sodio en sitio 10 años a partir de los 20 cm. El alto nivel de sodio en este sitio es lo que justifica su clasificación como Solod. El alto contenido de calcio en el subsuelo de la chacra de 3 años se asocia a la presencia de una acumulación de carbonato libre en el mismo.

Materia orgánica

En la figura 13 se observa que los contenidos de materia orgánica en el horizonte superficial varían entre 3.5 y 5.7% superando dicha cifra sólo el bañado no cultivado de Uriarte que alcanza un contenido de aproximadamente 10%.

En profundidad, la materia orgánica disminuye en forma gradual hasta el horizonte Bt y luego más bruscamente hacia el horizonte C, con valores muy homogéneos entre 0,25 y 0,5 %.

El bañado Uriarte se aparta del perfil de distribución de materia orgánica en profundidad, mostrando un carácter más isohúmico que los otros sitios.

Estabilidad estructural (gomas microbianas)

Se realizó un análisis de varianza para cada propiedad, encontrándose diferencias significativas entre los valores de materia orgánica y contenido de gomias microbianas entre los diferentes sitios ($P < 0.04$ y $P < 0.0001$ respectivamente). Se separaron los valores medios de éstos dos últimos, mediante test de Duncan ($P < 0.05$) hallándose los resultados que se observan en las figuras 14 y 15.

En la figura 14, para materia orgánica, se separa significativamente la chacra de 2 años de las restantes. A su vez la situación con más de 10 años de cultivos de arroz no se diferencia de 5 y 3 años de cultivo. Por su lado las medidas de estabilidad estructural evaluadas a través del grado de floculación, no muestran diferencias significativas entre los cuatro sitios, aunque se observa una tendencia a un mayor valor en el sitio de 2 años. En cambio, el contenido de gomias microbianas, evaluando la estabilidad del suelo, permitió distinguir claramente entre sitios según su historia agrícola. Este método se mostró como una técnica más sensible para apreciar los efectos de la intensidad de uso de los suelos.

Como se aprecia en la figura 15 en la situación de bañados sin cultivar ocurre algo similar que en las situaciones de chacra, diferenciándose netamente el sitio de Uriarte de los restantes. En este sitio se encuentran valores significativamente mayores de gomias microbianas y materia orgánica. En cambio el grado de floculación no mostró diferencias entre los tres sitios de bañados sin cultivar.

Se observó en todas las situaciones una relación clara entre el nivel de materia orgánica y contenido de gomias microbianas. En cuanto a estas últimas, los resultados muestran valores del orden de diez veces superiores en las situaciones de bañados no cultivados respecto a los cultivados. No existe relación entre la estabilidad estructural del suelo medido por el grado de floculación y el número de años de cultivo de arroz en las situaciones de chacra.

pH

En la figura 16 se observa la variación de pH (en agua) en función de la profundidad para cuatro sitios; todos ellos muestran una tendencia similar, con valores que crecen de manera bastante uniforme desde 6,2 - 6,9 en el horizonte A hasta 7,2 - 7,9 en el subsuelo. El incremento del pH en profundidad es normal en este tipo de suelos y también verifica información analítica anterior para la zona.

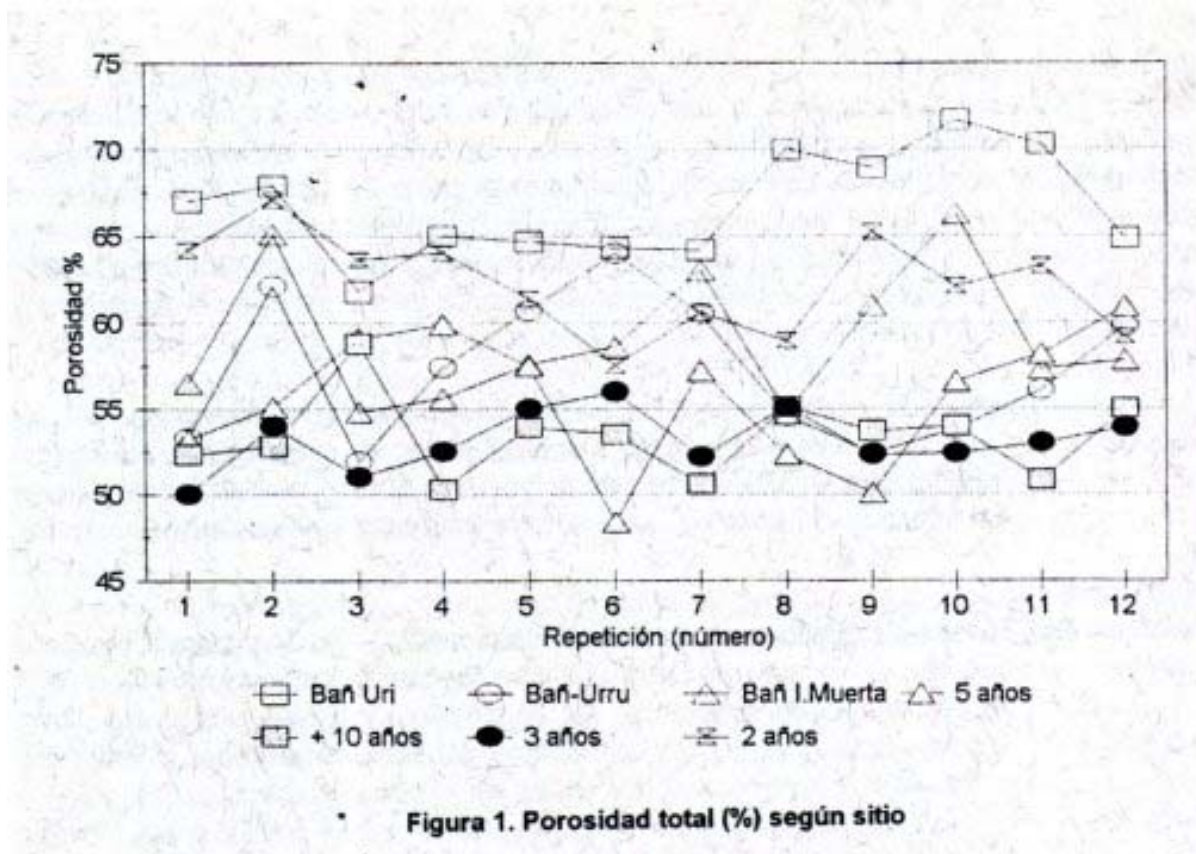
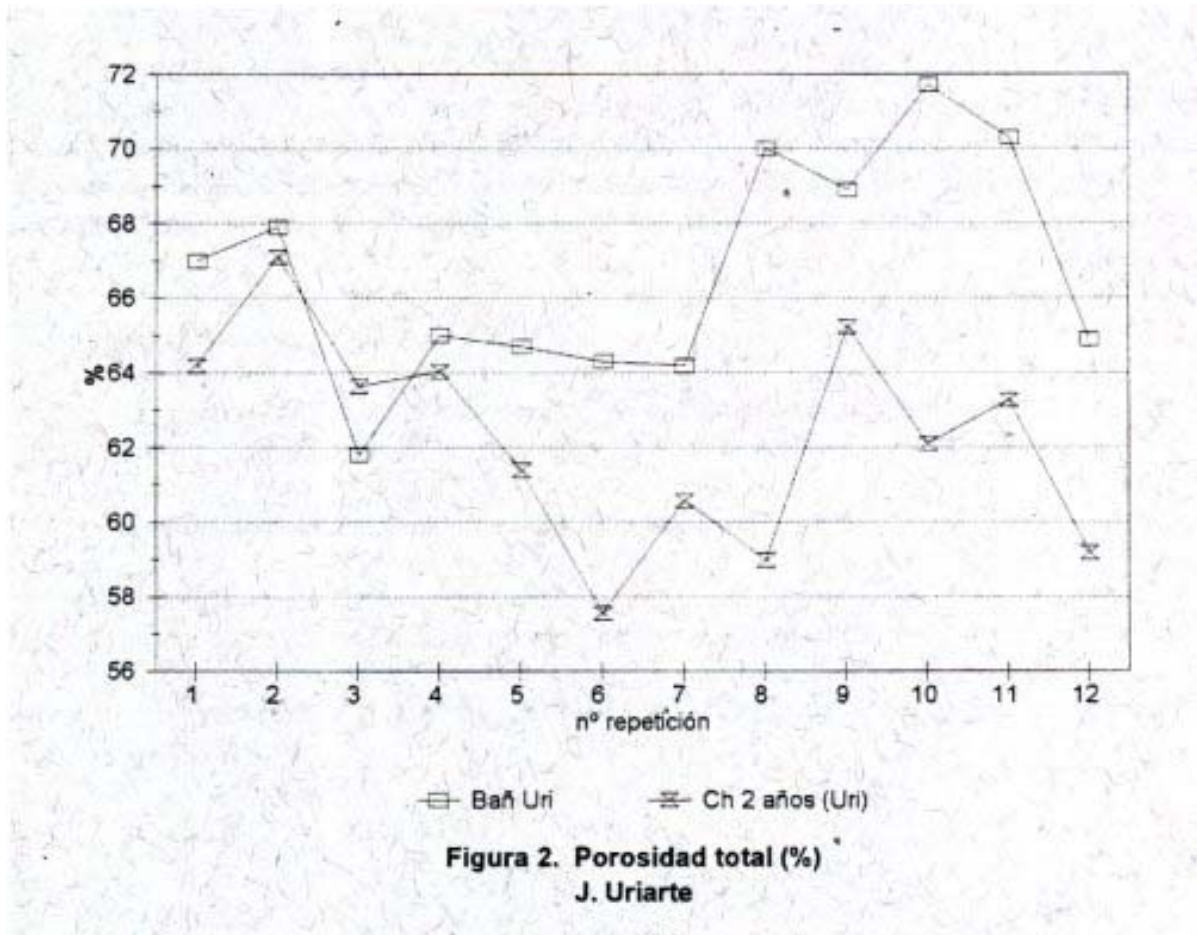
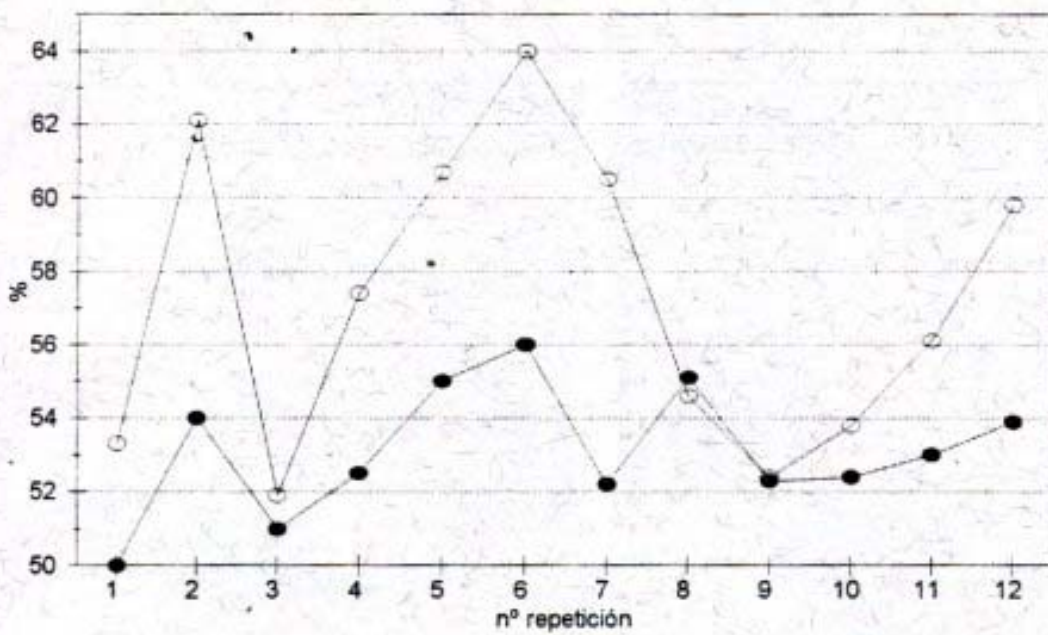


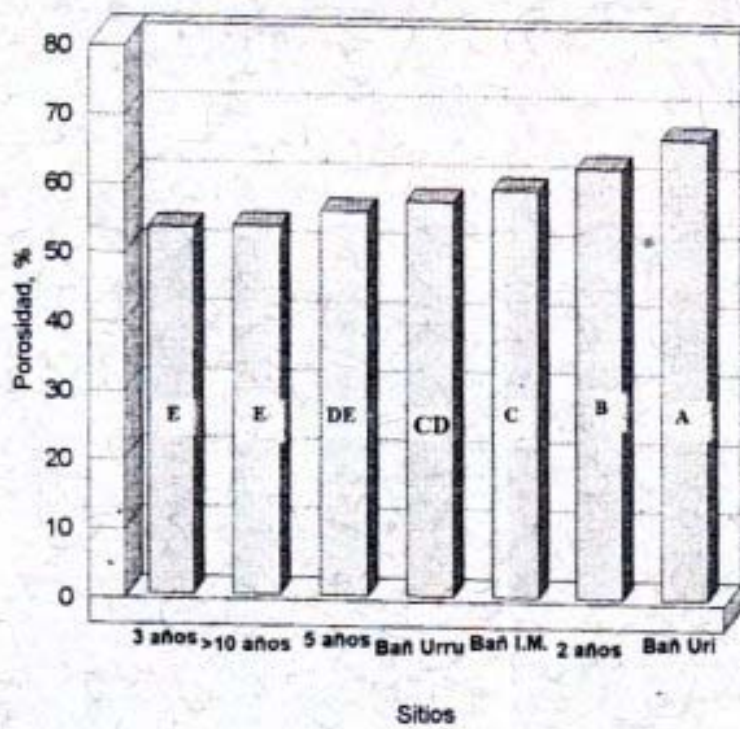
Figura 1. Porosidad total (%) según sitio





○ Bañ Urru ● Ch 3 años (Urru)

Figura 3. Porosidad total (%)
Urrusty



Los sitios seguidos de igual letra no difieren significativamente según test de MDS ($P < 0.05$)

Figura 4. Porosidad total promedio (%)

Fig. 5 a
VELOCIDAD DE INFILTRACION EN BAÑADOS DRENADOS NO CULTIVADOS

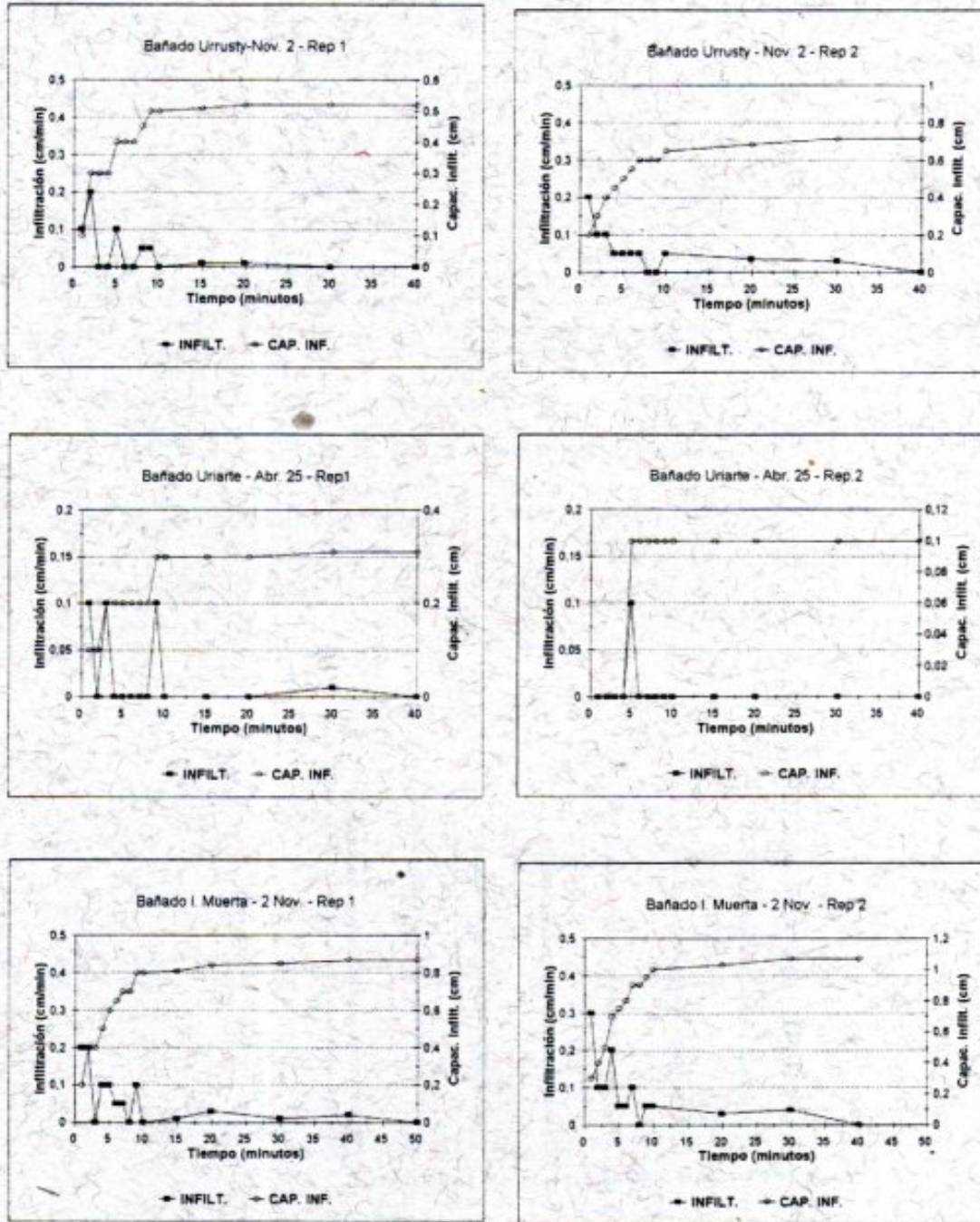
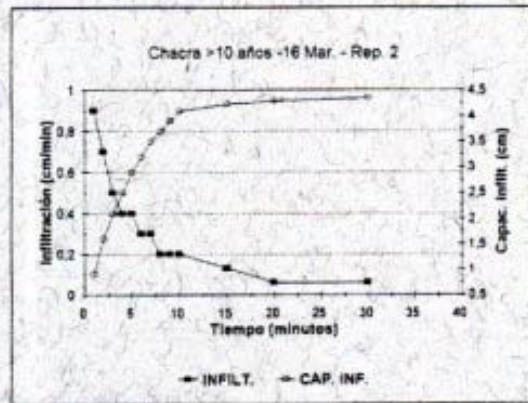
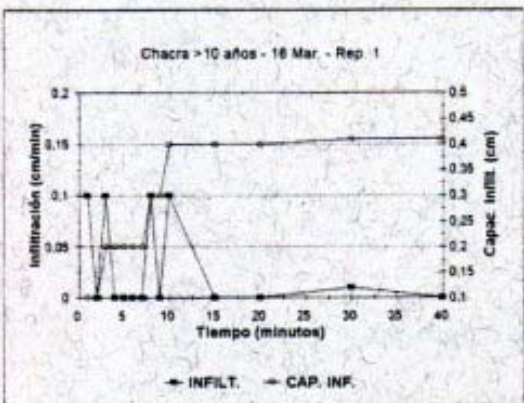
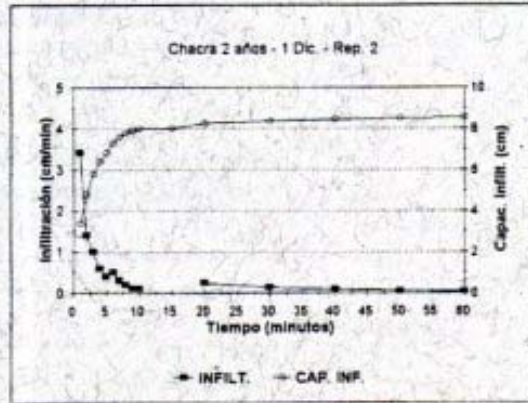
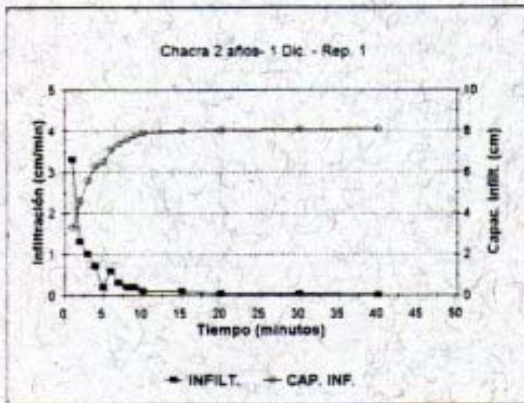
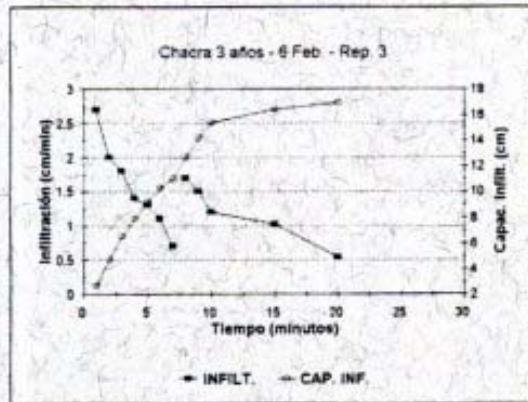
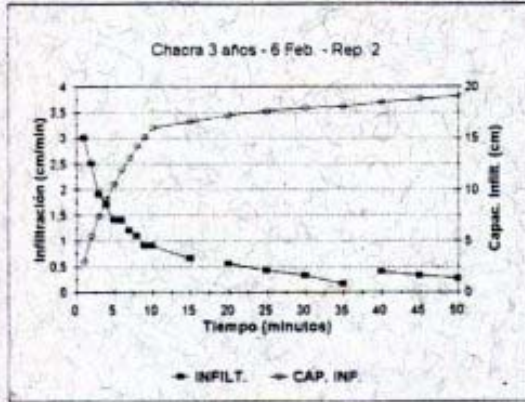
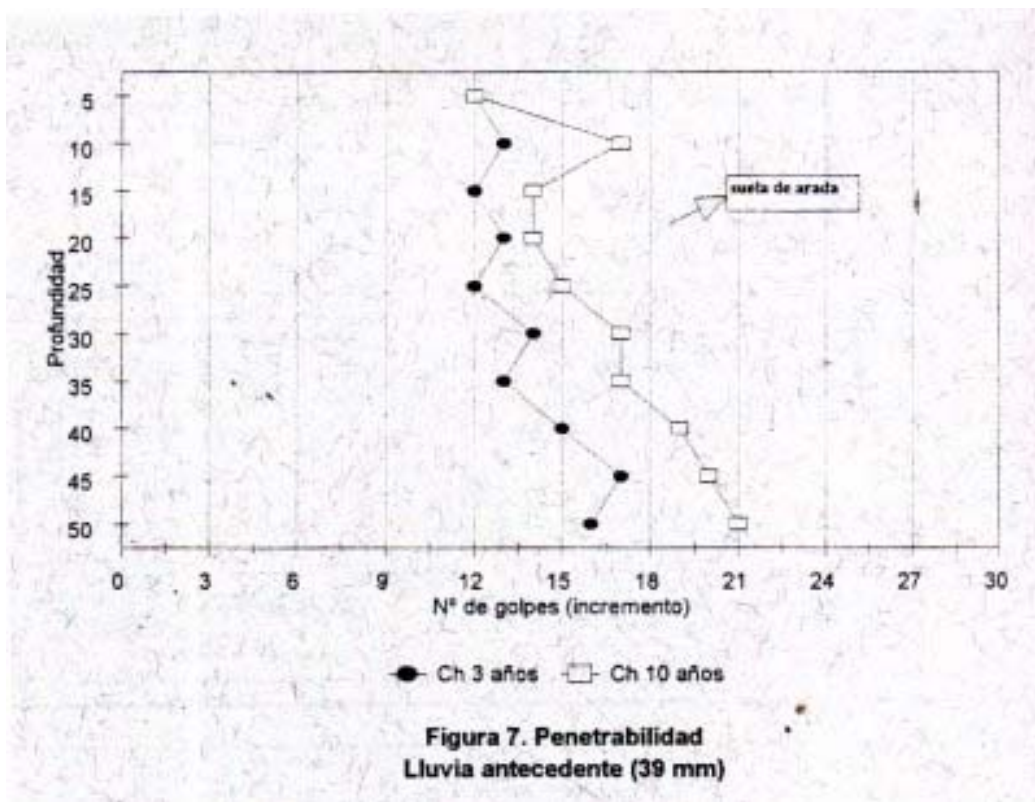
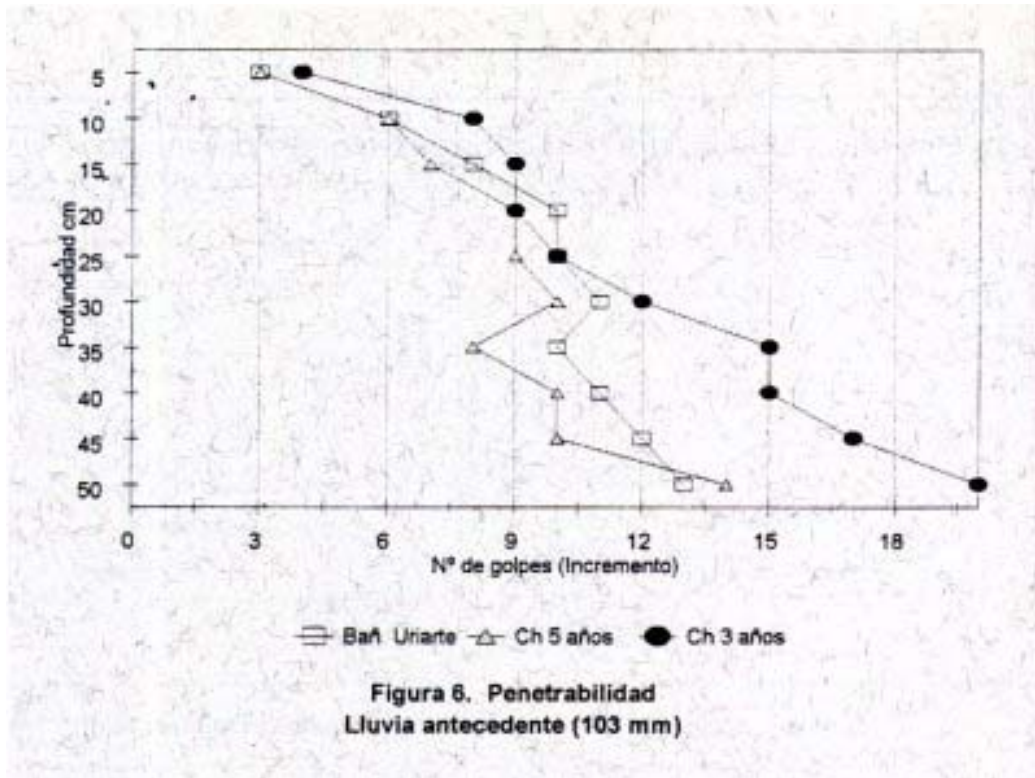


Fig 5 b

VELOCIDAD DE INFILTRACION EN BAÑADOS DRENADOS Y CULTIVADOS





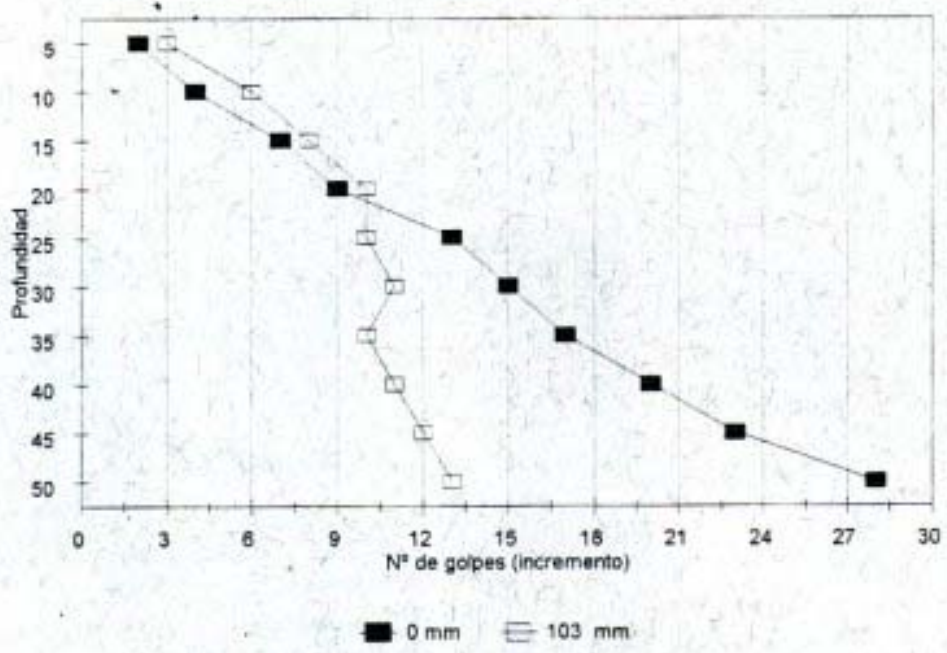


Figura 8. Penetrabilidad. B. Uriarte
Lluvia antecedente 0 y 103 mm

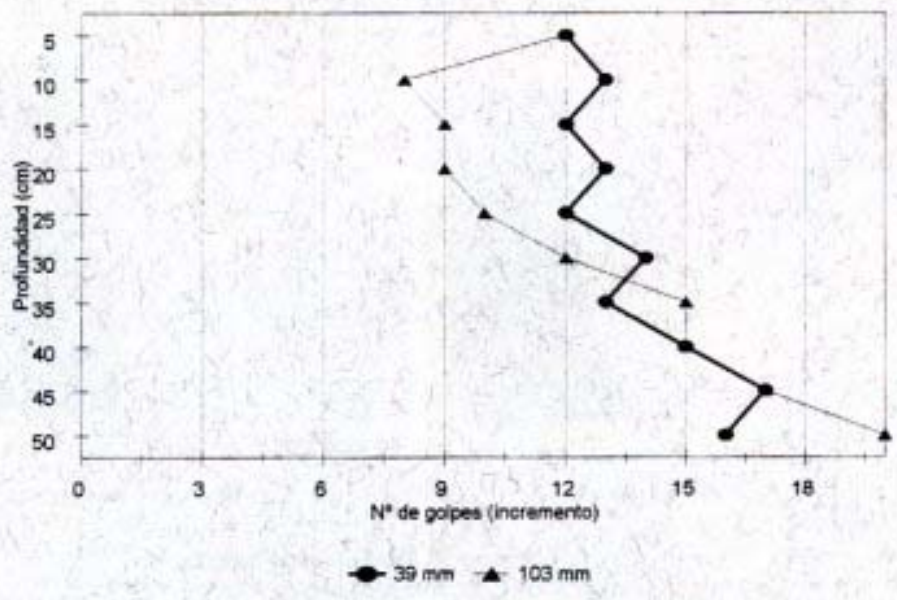
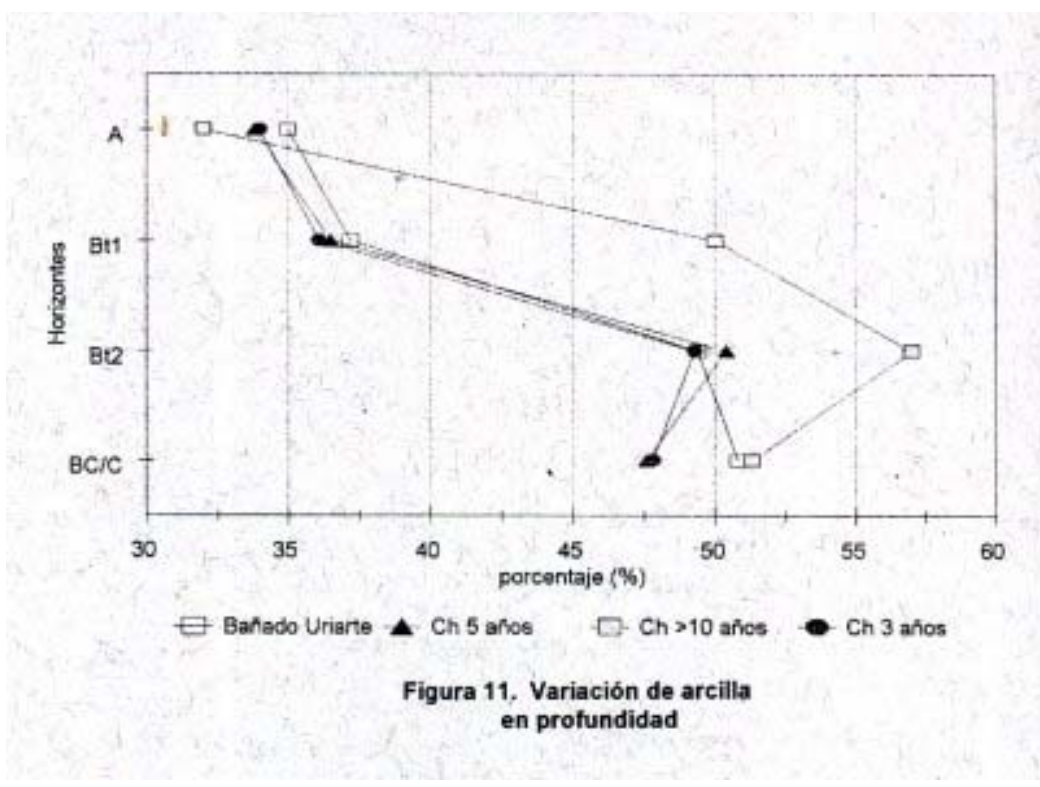
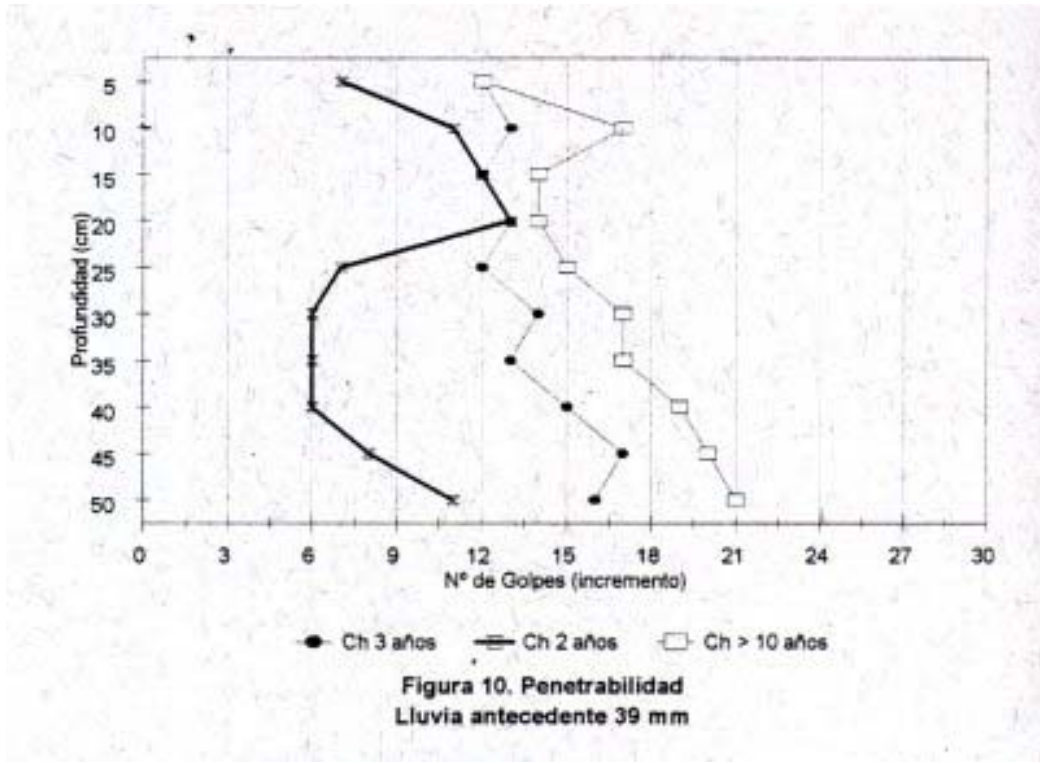


Figura 9. Penetrabilidad Chacra 3 años
Lluvia antecedente (39 y 103 mm)



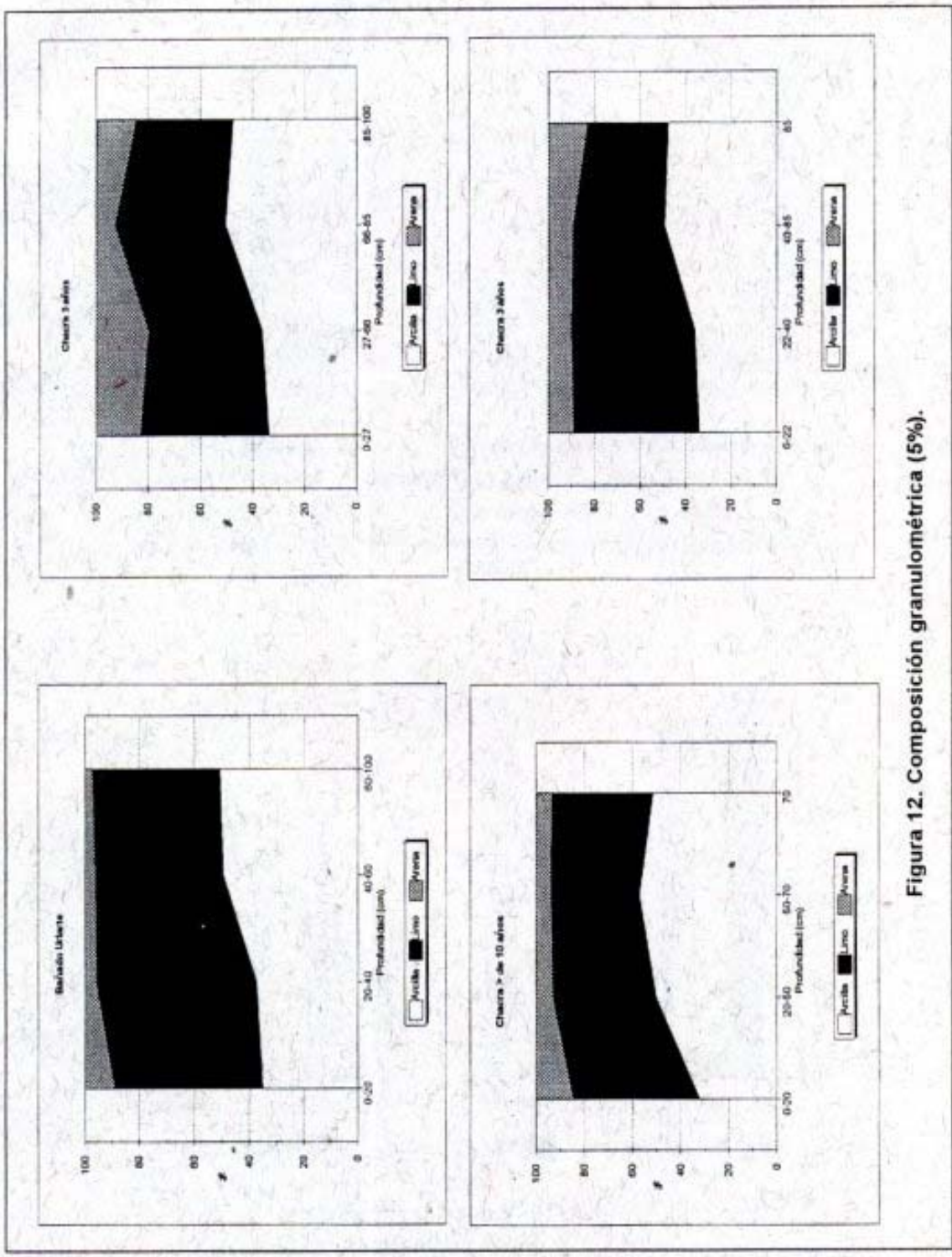
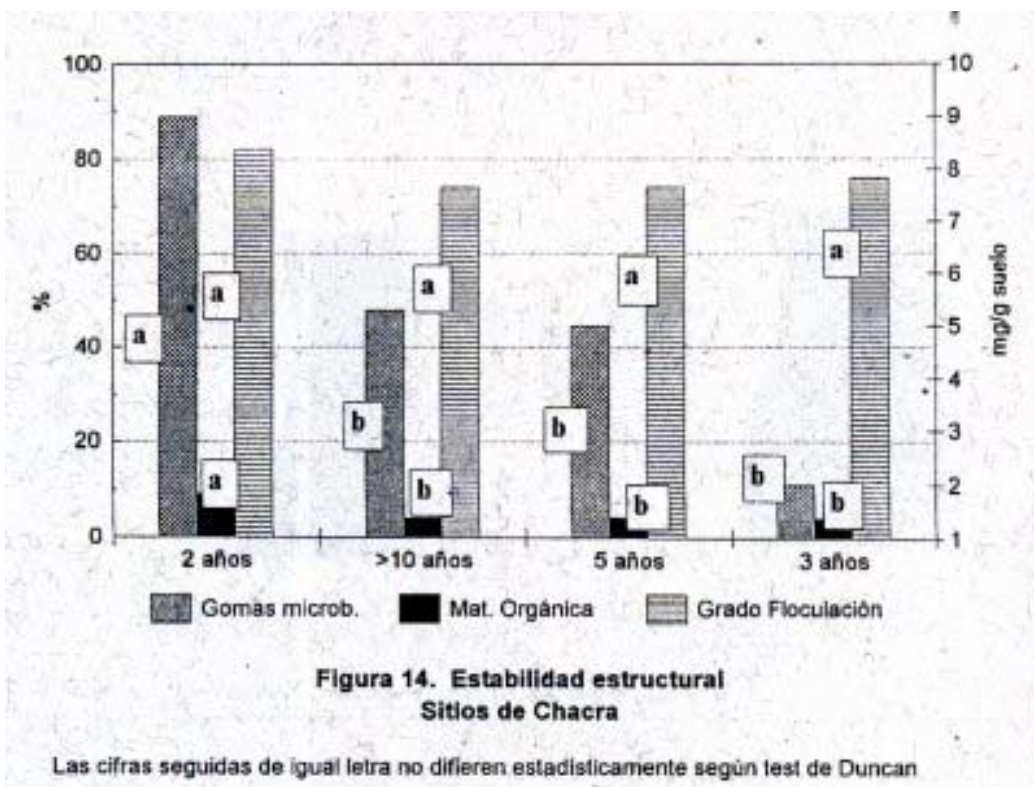
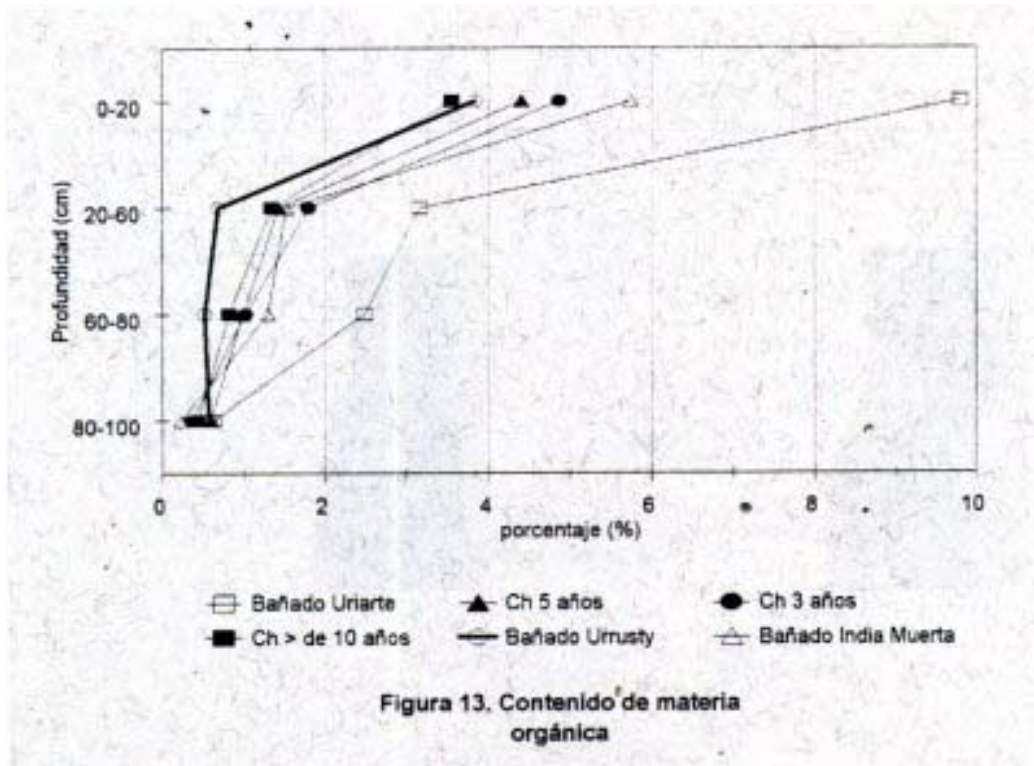
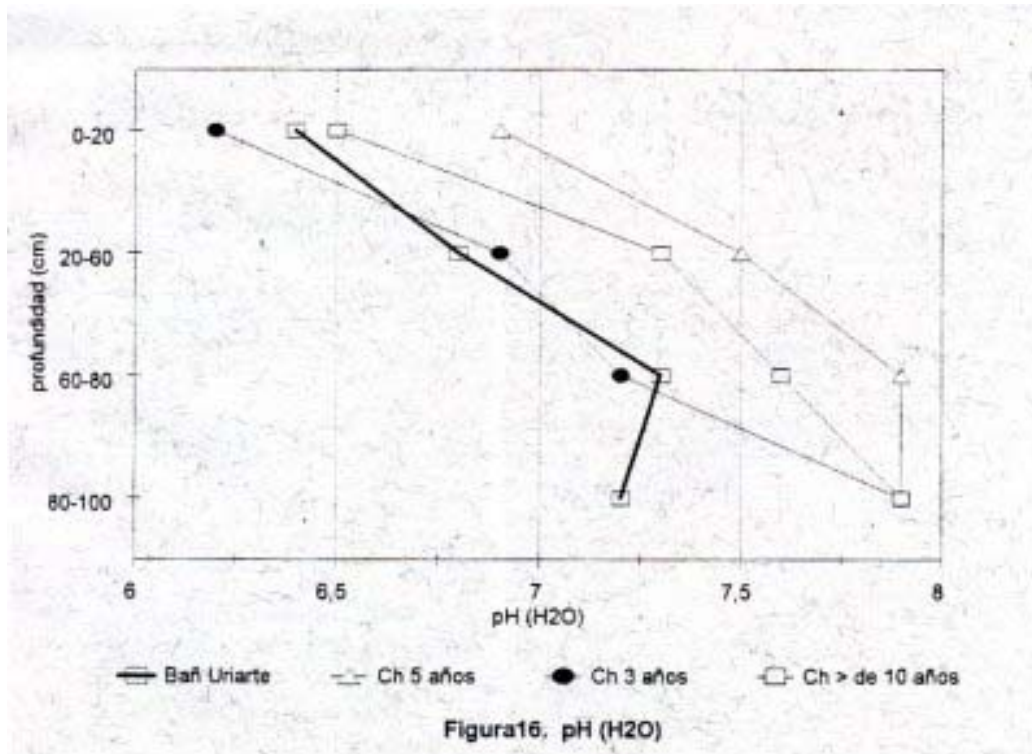
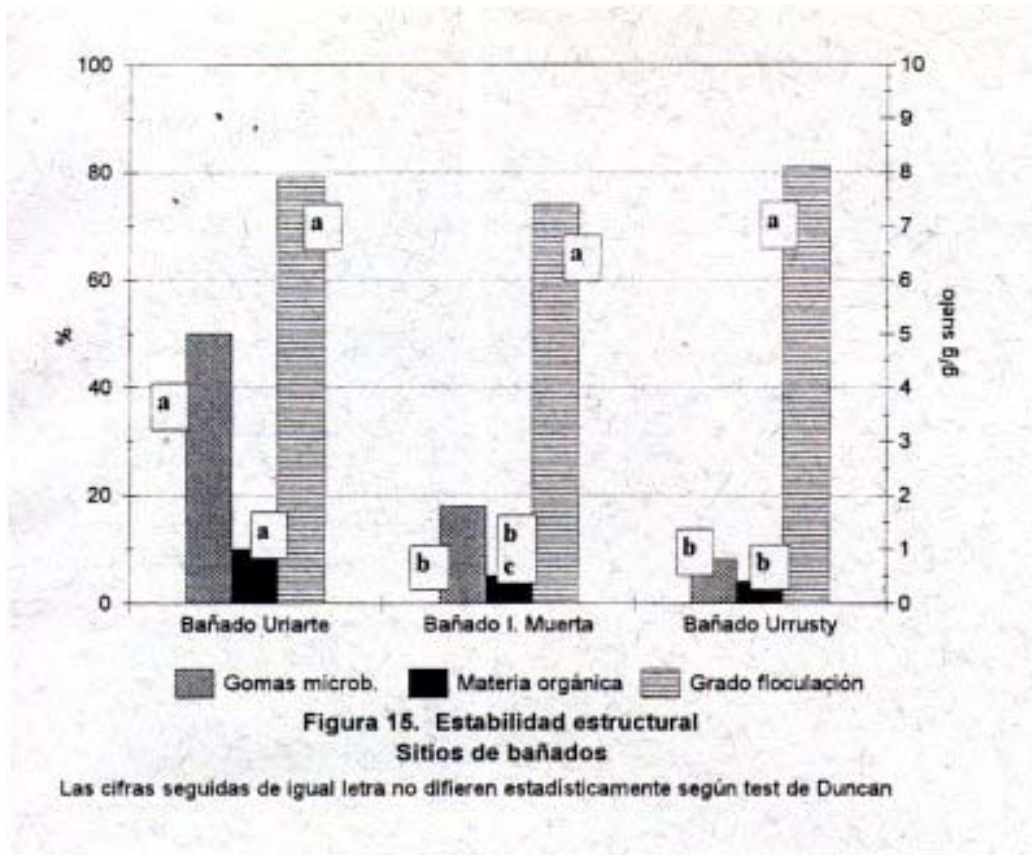


Figura 12. Composición granulométrica (5%).





5. CONCLUSIONES

En todos los casos se trata de suelos de textura fina, pobremente drenados y de infiltración y permeabilidad muy lentas. Los valores de pH, nivel de bases intercambiables y contenido de materia orgánica son comparables a los determinados en estudios anteriores.

La morfología, las propiedades químicas y la composición mecánica de los suelos no aportan elementos diferentes a los ya conocidos para los suelos del área estudiada, salvo en el caso del sitio San Luis donde se verifica una tendencia a la alcalinidad del perfil mayor a la definida en publicaciones anteriores¹³.

Se encontraron diferencias entre las situaciones estudiadas en la porosidad total, velocidad de infiltración, resistencia a la penetración y estabilidad estructural del suelo.

Respecto a la porosidad total los resultados mostraron diferencias significativas entre las situaciones de bañados no cultivados en relación a los sitios drenados y cultivados. Esta última fue un 5% menor en promedio que los valores de la situación natural. La densidad aparente del suelo está en concordancia con la porosidad y con las observaciones de campo sobre estructura superficial. Las diferencias observadas podrían atribuirse al manejo diferencial.

Las velocidades de infiltración de los suelos son muy bajas y se reducen rápidamente con el tiempo. En las situaciones agrícolas, la velocidad es inicialmente más rápida y su reducción lleva más tiempo. Las diferencias encontradas no pueden atribuirse solamente a condiciones de manejo, sino también a diferencias en el tipo de suelo.

En cuanto a la resistencia a la penetración, se constató una reducción en el número de golpes requeridos para alcanzar cierta profundidad, dentro de un mismo sitio, al incrementarse el contenido de humedad del suelo, siendo la magnitud del cambio del orden del 30%. Por otro lado, lluvias precedentes de una misma magnitud igualaron el número de golpes requeridos hasta alcanzar la profundidad de humedecimiento en diferentes sitios. Para una misma lluvia precedente, si se comparan chacras de diferentes años de uso agrícola, se puede observar - al pasar de 2 a 3 años - una tendencia al incremento en el número de golpes del orden de 50 a 60 %, mientras que dicho incremento se reduce al pasar de 3 a 10 años a valores de alrededor de 30%.

La estabilidad estructural del suelo fue evaluada a través del contenido de gomas microbianas y grado de floculación. Los contenidos de las primeras resultan en valores del orden de diez veces superiores en las situaciones de bañados no cultivados respecto a los cultivados. Ello demostraría una mayor estabilidad estructural en las situaciones no cultivadas. Dentro de las situaciones de chacra no existe relación entre la estabilidad estructural, evaluada por el grado de floculación, y el número de años de cultivos de arroz.

¹³ Véase por ejemplo Sombroek, G. W.: Soil Studies in the Merim Lagoon Basin, CLM/FAO/UNDP, 1969 y MAP/DS: Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay, 1976.

La intervención sobre el bañado modifica la mayoría de las propiedades físicas estudiadas en los suelos. En promedio las chacras con arroz muestran valores menores de porosidad, y una capacidad de infiltración más elevada y más variable. Dichas variaciones no difieren de las medidas en la mayoría de los suelos agrícolas, cuando se las comparan con situaciones cercanas a la original.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alvarez, R., O. Santanatoglia y N. Fernández. 1984. **Determinación colorimétrica de gomas microbianas del suelo**. Ciencia del suelo, Vol.2, Nº 2: 173-178.

Díaz, A. 1994. **Desarrollo sustentable y humedales**. En: Bañados del Este, Año 1, Nº3: 2. PROBIDES. Hemisferio Sur. Montevideo.

Hoekstra, A. 1969. **Some physical characteristics of the sedimentary soils around the Merim Lagoon Basin, Treinta y Tres, FAO**. Merim Lagoon Regional Project, CLM/FAO/PNUD. 63 pp.

Martínez Bula, F. 1939. **Zona del Este - El mejoramiento territorial en la cuenca de la Laguna Merín**. A. Monteverde y Cía. Montevideo. 108 pp.

Montaña, J. y J. Bossi, 1995. **Geomorfología de los humedales de la cuenca de la laguna Merín en el departamento de Rocha**. Serie: Documentos de Trabajo Nº 2. PROBIDES. Rocha. 32 pp.

Panario, D., O. Gutiérrez y A. González. 1995. **Algunos efectos del cultivo de arroz en los agrosistemas**. Gestión ambiental de los humedales de la Cuenca de la Laguna Merín Nº 25. Serie: Investigaciones Nº 121. CIEDUR. Montevideo. 96 pp.

Sombroek, G. W. 1969. **Soil Studies in the Merim Lagoon Basin**. CLM/PNUD/FAO. Treinta y Tres. 325 pp.