



COMITE EDITORIAL
ESCUELA DE AGRONOMIA
CASILLA 114-D
SANTIAGO - CHILE



CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA

VOLUMEN 3 - Nº 2-3 - ABRIL-SEPTIEMBRE 1976

ISSN 0304 - 5709

INVESTIGACIONES

- Interacción genotipo por medio ambiente en *Triticum* spp
Isabel M. Nebreda M. y Patricio C. Parodi P. 91
- Períodos de competencia de malezas y su control químico en *Triticale*
(*Triticale* hexaploide. Larter)
Gustavo A. Rojas L. e Isabel M. Nebreda M. 99
- Utilización de cáscara de huevo como aporte de calcio en ponedoras
Manuel Camiruaga, Gonzalo Ríos y Carlota Lara 107
- Influencia del manejo y época del año al nacimiento en los niveles
de inmunoglobulinas séricas en terneros de lechería recién nacidos
F. González, G. Villouta y G. Ferrando 113
- Efectos del riego sobre el microclima y la mesofauna de terrenos
cultivados de Chile central
Ernst R. Hajek y Francisco Saiz 121
- Minerales 2:1 y 2:2 en suelos volcánicos de Chile. 2. Suelos deriva-
dos de toba riolítica en la región central
Sergio P. González M., Eduardo Besoain M. 129
- Interacciones entre sustancias húmicas, iones y coloides inorgánicos
en suelos derivados de cenizas volcánicas
Herbert Appelt R. 139
- Crianza de terneros con cantidades limitadas de leche entera
F. García, P. Hirsch-Reinshagen, R. Cañas y A. Leighton 147
- Concentrados proteicos de hojas de *atriplex nummularia*
Eduardo Silva S. y Cristina Pereira Ch. 153

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE - ESCUELA DE AGRONOMIA
SANTIAGO DE CHILE

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE AGRONOMIA

CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA

COMITE EDITOR:

Peter Hirsch-Reinshagen B., Presidente
Patricio Parodi
Paul Aldunate
Domingo Suárez F.
Alonso Bravo

CONSULTORES TECNICOS DE LA REVISTA
"CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA"

Son Consultores Técnicos de esta revista, además de los profesores de la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Chile, las siguientes personas:

EDMUNDO ACEVEDO	JORGE GARCIA HUIDOBRO	ADRIANA PINTO
HERBERT APPELT	ROBERTO GONZALEZ	ALVARO PINTO
FERNANDO ARAOS	GOETZ VON GERSDORF	MARCELO QUEZADA
EDUARDO BESOAIN	ANTONIO LIZANA	PATRICIO RAMIREZ
SERCIO BONILLA	HERNAN LOPEZ	HERNAN RIQUELME
RAUL CORTES	WALTER LUZIO	KLAUS RUSCH
ANTONIO CORVALAN	AGUSTIN MANDIETA	JUAN TOSSO
WALDO ESPINOZA	RAFAEL NOVOA	JORGE VALENZUELA
ELISEO GALLARDO	SERGIO OYARZUN	

Toda correspondencia relacionada a la revista debe dirigirse a:
All mail concerning this publication must be addressed to:
Margarita Dell'Oro C.
Oficina Editora
Escuela de Agronomía
Casilla 114-D
Santiago, Chile

SUSCRIPCIONES:

Terms of subscription:
Chile:

\$

\$

Extranjero:

Other countries:

US\$ 3, single number

US\$ 10, anual subscription

Abreviatura recomendada: Cienc. Inv. Agr.
AGRADECEMOS CANJE — WIR BITTEN UN AUSTAUSCH — EXCHANGE
SOLICITED — ON DEMANDE L'ECHANGE — GRADIREMMO CAMBIO

CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA



VOLUMEN 3 - Nº 2-3 - Abril-septiembre 1976

INTERACCION GENOTIPO POR MEDIO AMBIENTE EN *TRITICUM* SPP¹

GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION IN *TRITICUM* SPP

ISABEL MARGARITA NEBBEDA, M. y PATRICIO C. PARODI P.

Departamento de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile

SUMMARY

*We estimated the magnitude of the genotype x environment interaction in 14 wheat (*Triticum* spp.) cultivars, grown between 1963-1971 in regional experiments through Chile's North Central Region. The interaction was estimated using Eberhart and Russell's method, based on the calculation of an environmental index (I). The regression of each cultivar on I, and a function of the squared deviations of the regression were the stability estimation parameters. The analyses allowed to define the cultivars according to their sensitivity to the environmental influence, their reaction to high and low yield environments, and the consistency of their behavior through years and locations.*

INTRODUCCION

Para evaluar la eficiencia de comportamiento del material producido por la investigación genética, es necesario medir la estabilidad relativa de los genotipos sometidos a la gama de condiciones ambientales posibles dentro de su región potencial de adaptación. Los experimentos regionales, repetidos sobre años y localidades, constituyen una importante herramienta para determinar la ubicación del material en zonas ecológicas de producción. Los estudios enfocados a estimar la varianza genética, repetidos bajo diferentes condiciones ambientales, permiten obtener una medida de los efectos genéticos. En la mayoría de los casos las varianzas genéticas se estiman en relación a un promedio determinado sobre todos los ambientes posibles. Las estimaciones de la interacción genotipo por medio ambiente permiten evaluar la magnitud del error al estimar los componentes genéticos en experimentos aislados (Matzinger, 1963). Kaltsikes y Larter (1970) consideran que el material genético debe ser evaluado tanto para sensibilidad al medio ambiente como para comportamiento medio relativo. El "medio ambiente" debe incluir todos aquellos factores que pue-

den ser limitantes bajo las condiciones en que el material genético será cultivado en definitiva.

Deben ser contadas las ocasiones, si es que las hay, en que exista duplicación total de un ambiente. Las variaciones de un ambiente en una misma localidad a lo largo de los años puede ser tan grande como la variación entre localidades en un mismo año. Muchos fitomejoradores tienen como meta, en consecuencia, formar cultivares con amplia adaptación, de manera de alcanzar un máximo de estabilidad de comportamiento a lo largo de los años, aun dentro de zonas restringidas de producción (Stroike y Johnson, 1972).

El objetivo de este trabajo fue estimar la magnitud de la interacción genotipo por medio ambiente en cultivares de *Triticum aestivum* L. em. Thell. (trigo común) y *T. durum* Desf. (trigo candeal), cultivados entre 1963 y 1971 en localidades de la zona centro norte de Chile (aproximadamente 28 a 36° latitud sur).

MATERIALES Y METODOS

Cultivares. Se estudiaron nueve cultivares de *Triticum aestivum* L. y cinco de *T. durum* Desf., señalados en el cuadro I.

Se autoriza la reproducción y cita del material que aparece en *Ciencia e Investigación Agraria*, siempre que se indique el nombre del autor, año, volumen, número y páginas del cual se obtiene. Las opiniones y conclusiones expuestas en los trabajos representan exclusivamente los puntos de vista de los autores. La mención de productos o firmas comerciales en la revista, no implica una recomendación por parte de la Universidad

¹ Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 52/75.
Fecha de recepción: 5/IX/76.

Localidades. Las localidades y provincias en que se sembró el material se indican en el cuadro 2.

CUADRO 1
GERMOPLASMA UTILIZADO
Germplasm used

Cultivares	
<i>Triticum aestivum</i> L. em. Thell.	<i>Triticum durum</i> Desf.
Menflo	Capelli
Rulofén	Candalfén 4
Yafén	Candalfén 5
Huelquén	Alifén
Centrifén	Quilafén
Novafén	
Collafén	
Toquifén	
Mexifén	

CUADRO 2
LOCALIDADES CONSIDERADAS EN EL ANALISIS
Locations considered in the analyses

Provincias Provinces	Localidades Locations
	Riego Irrigation
Atacama	Vallenar
Coquimbo	Ovalle
Aconcagua	Los Andes
Valparaíso	Quillota
Santiago	La Granja
Santiago	Pirque
Santiago	Chena
Santiago	Talagante
O'Higgins	Donihue
O'Higgins	Lamahue
Colchagua	San Fernando
Curicó	Lora
Talca	Lircay
Linares	Longaví
	Secano Dryland
Valparaíso	Casablanca
Santiago	Maipú
Santiago	Rapel

ANTECEDENTES DE LOS DATOS

Los datos fueron proporcionados por el Proyecto Cereales del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental La Platina, proveniente de sus ensayos regionales de trigo 1963-1971² (Parodi, 1966).

MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Durante el período cubierto por este estudio, los ensayos regionales de trigo del INIA se sembraron bajo el diseño de bloques completos al azar, excepto en 1966, en que se usó un látice simple² (Parodi, 1965). Para el análisis se consideraron sólo las localidades que presentaron diferencias significativas de rendimiento.

Los cultivares se analizaron mediante el método de regresión lineal simple, propuesto por Eberhart y Russell (1966), basado en el cálculo de un índice ambiental (I), que computa sustrayendo del rendimiento medio ambiente, promedio de todos los cultivares estudiados en una determinada localidad en

determinado año ($\bar{X}_{.j}$), el promedio de todos los cultivares en todas las localidades de ese mismo año ($\bar{X}_{..}$), donde

$$I_j = \bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..}$$

$$I_j = \left(\frac{\sum_i Y_{ij}}{v} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{v \times n} \right)$$

$$\sum_j I_j = 0$$

Eberhart y Russell propusieron que la regresión de cada cultivar sobre el I, y la función de las desviaciones cuadradas de la regresión, proveerían estimaciones de los parámetros de estabilidad de los cultivares. Estos parámetros se definen con el modelo siguiente:

$$Y_{ij} = u + \beta I_{ij} + \delta_{ij}$$

Donde, Y_{ij} es el promedio del *i*ésimo cultivar en el *j*ésimo ambiente, u es el promedio

del *i*ésimo cultivar sobre todos los ambientes, β es el coeficiente de regresión que mide la respuesta del *i*ésimo cultivar a ambientes variables, δ_{ij} es la desviación de regresión del *i*ésimo cultivar en el *j*ésimo ambiente, e I es el índice ambiental.

La función de cada cultivar fue predicha por dos estimadores de parámetros:

1. El coeficiente de regresión (β) o la pendiente de la línea de regresión, que predice la sensibilidad de un cultivar a ambientes cambiantes.
2. El cuadrado medio de la desviación (s_d^2), computado en base a valores estimados de acuerdo al análisis de regresión, provee evidencia de la consistencia o repetibilidad de comportamiento.

Stroke y Johnson (1962) han resumido algunas de las interpretaciones que se pueden derivar del análisis combinado de estos parámetros. Han señalado, además, que estos parámetros ayudan a describir un cultivar, pero no necesariamente permiten clasificarlo como bueno, regular o malo, ya que esta categorización, para tener significado, debe relacionarse a un ambiente específico, o a requerimientos concretos de un productor. Los parámetros permiten comparaciones de comportamiento medio, nivel de sensibilidad a condiciones cambiantes, y predictibilidad de respuesta a ambientes específicos. Hay ciertos criterios, sin embargo, que deben ser reconocidos para utilizar apropiadamente este método. La confiabilidad de los parámetros es proporcional al número de años y localidades muestreadas. La distribución de las localidades a lo largo de una amplia gama de condiciones ambientales es también esencial. En este análisis se tomó como premisa que las localidades eran muestras al azar de todas las localidades posibles dentro de la región, y que los años en que se realizaron las pruebas fueron una muestra al azar de todos los años.

RESULTADOS Y DISCUSION

Triticum aestivum L.

Los rendimientos medios expresados en porcentaje, coeficientes medios de regresión ($\bar{\beta}$),

y cuadrados medios del error de la regresión (s_d^2) para los nueve cultivares de *Triticum aestivum* L. estudiados en el período 1963-1971, se presentan en el cuadro 3.

El cultivar Menflo, con un rendimiento 9,5% inferior al promedio general, y un valor de $\bar{\beta}$ notoriamente por debajo de uno, puede ser clasificado como un genotipo de baja productividad, que expresa mejor su potencial de rendimiento en ambientes pobres. Este cultivar, ya desplazado del cultivo comercial, fue formado para una agricultura de menores exigencias, donde las condiciones de cultivo no eran las que hoy conocemos como óptimas. Es comprensible, en consecuencia, que exprese mejor su capacidad de rendimiento en ambientes inferiores, y compita desfavorablemente con cultivares más modernos en ambientes de características superiores. Su alto valor s_d^2 es un indicador de inestabilidad fenotípica, y de limitada predictibilidad de comportamiento.

CUADRO 3

RENDIMIENTO EXPRESADO EN PORCENTAJE, COEFICIENTE MEDIO DE REGRESION ($\bar{\beta}$), Y CUADRADO MEDIO DEL ERROR DE LA REGRESION (s_d^2), PARA NUEVE CULTIVARES DE *TRITICUM AESTIVUM* L., PROMEDIO DE LOS AÑOS 1963-1971.

*Yield expressed as percentage, mean regression coefficient ($\bar{\beta}$), and mean square of the error for regression (s_d^2), for nine *Triticum aestivum* L. cultivars, average of the 1963-1971 period.*

Cultivar	Rendimiento % ^b	$\bar{\beta}$	s_d^2
Menflo	90,50	0,67	66,412
Rulofén	90,99	0,92	32,314
Yafén	96,36	1,01	55,040
Huelquén	98,33	0,93	73,319
Centrifén	102,63	0,96	52,288
Novafén	102,69	1,02	55,429
Collafén	103,44	1,10	39,447
Toquifén ^a	104,50	1,00	112,443
Mexifén ^a	110,73	1,15	63,262

^a Sólo dos años de datos.
^b 100% = 44,44 qq/há.

² INIA, Estación Experimental La Platina, Proyecto Cereales. Datos no publicados.

El cultivar Rulofén, cronológicamente anterior al resto de los genotipos excepto Menflo, presentó un rendimiento 9,01% inferior al promedio, un coeficiente medio de regresión similar a uno y un bajo valor de s^2_d . Puede ser descrito como un cultivar de baja productividad, con una fuerte y predecible susceptibilidad a cambios ambientales. Se esperaría que fuese más productivo en ambientes favorables, y menos productivo en ambientes desfavorables que un cultivar como Menflo, con un comportamiento promedio similar, pero un coeficiente de regresión más bajo.

El cultivar Yafén presentó un rendimiento 3,64% inferior al promedio general. Su coeficiente medio de regresión fue similar a uno, y su cuadrado medio del error de la regresión fue comparativamente bajo. Estas características lo definen como un cultivar de productividad media, con capacidad para expresar su potencial genético de rendimiento en forma uniforme y predecible bajo condiciones ambientales diversas.

El cultivar Huelquén rindió 1,67% menos que el promedio general. Su coeficiente medio de regresión fue similar a uno, pero su cuadrado medio del error de la regresión fue alto. Con estas características puede definirse como un cultivar de productividad media, con amplia adaptación y capacidad para expresarse en una gama de condiciones ambientales, pero susceptible a comportamiento errático e impredecible de acuerdo a modificaciones no especificadas del medio ambiente. Esta última característica lo hace menos descable para el productor que un cultivar que presentara valores similares de rendimiento y coeficiente de regresión, pero un valor bajo de s^2_d .

Centrifén rindió ligeramente (2,63%) por sobre el promedio general, presentó un coeficiente medio de regresión similar a uno, y un valor del cuadrado medio del error de la regresión comparativamente bajo. Este cultivar demuestra con estos valores su capacidad de producir en forma estable y predecible en un amplio rango de condiciones ambientales, y constituye por estas características un cultivar altamente recomendable en su zona de adaptación, asegurando al productor una producción si no espectacular, al menos estable. Las características de Novafén son en todo similares a las descritas para Centrifén.

Collafén rindió también por sobre el promedio general del estudio (3,44%). Su coeficiente medio de regresión fue superior a uno, y su valor del cuadrado medio del error de la regresión fue comparativamente bajo. Este cultivar puede ser descrito como un cultivar de alta productividad, altamente sensible a cambios ambientales, y con un comportamiento enteramente predecible en ambientes estables. Es en especial apropiado para ambientes favorables, ya que su comportamiento en ambientes es mejor en relación a otros cultivares. A medida que los ambientes se deterioran, y en este caso debe entenderse por deterioro la presencia de patógenos del género *Puccinia*, la superioridad de Collafén respecto a otros cultivares decrece, hasta que puede llegar a ser no diferente a cultivares inferiores.

El cultivar Toquifén tuvo un rendimiento medio 4,50% superior al promedio general. Su coeficiente medio de regresión fue de tipo exigente en cuanto a las condiciones del medio ambiente. Esto enfatiza la necesidad de que se le cultivo bajo condiciones óptimas, con normas de manejo que permitan aprovechar íntegramente su alto potencial de rendimiento. Este cultivar. Esta información indica que Toquifén se comporta con relativa independencia del medio, expresando su potencial genético en forma constante en diversas condiciones ambientales. Podría, sin embargo, ser afectado por cambios no especificados dentro del medio, cuya comprobación está sujeta a un mayor número de años para análisis.

Mexifén fue el cultivar de más alto rendimiento dentro del grupo de *Triticum aestivum*, 10,73% por sobre el promedio general. Su coeficiente medio de regresión superior a uno, su valor del cuadrado medio del error de la regresión lo definen como un cultivar productivo, altamente sensible a los cambios ambientales. Mexifén está especialmente indicada para ambientes de alto rendimiento, donde compete con ventajas por sobre otros cultivares. En ambientes inferiores las ventajas de este cultivar pueden decrecer en relación a otros cultivares.

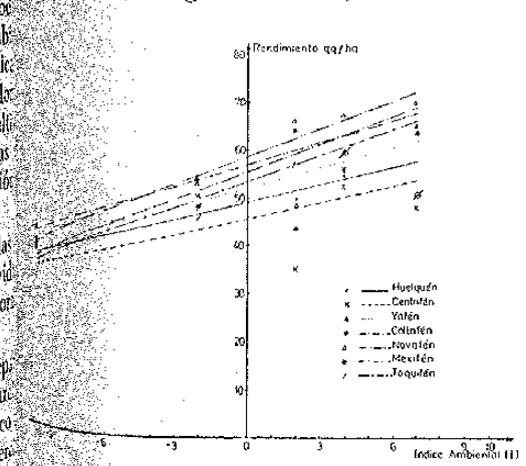
La figura 1 muestra un ejemplo de líneas de regresión y observaciones individuales de estos cultivares, durante la temporada 1969.

La información presentada permite separar a estos cultivares en tres grupos, que prácticamente coinciden con el orden cronológico de su incorporación a la agricultura comercial.

Menflo y Rulofén, los más antiguos son también los de menor rendimiento, y los menos competitivos. El grupo formado por Yafén, Huelquén, Centrifén, Novafén y Toquifén, todos producidos dentro de la última década, demostró amplia adaptación a la región. Aquellos cultivares que se han incorporado significativamente a la producción comercial han satisfecho los requerimientos de los agricultores por su comportamiento a través de años y localidades. Collafén y Mexifén demostraron a través de este análisis su potencial para comportarse mejor en ambientes de condiciones óptimas. Ambos cultivares poseen un alto potencial genético de rendimiento. Collafén, sin embargo ha sido atacado por *Puccinia striiformis* y *P. graminis*, deteriorando su rendimiento en presencia de estos patógenos. Mexifén, genotipo de reciente formación, posee las características de un cultivar moderno, y es en consecuencia exigente en cuanto a las condiciones del medio ambiente. Esto enfatiza la necesidad de que se le cultivo bajo condiciones óptimas, con normas de manejo que permitan aprovechar íntegramente su alto potencial de rendimiento.

FIGURA 1

LÍNEA DE REGRESIÓN Y OBSERVACIONES INDIVIDUALES DE LAS VARIETADES CENTRIFÉN, COLLAFÉN, HUELQUÉN, YAFÉN, MEXIFÉN, NOVAFÉN Y TOQUIFÉN, CULTIVADAS EN VALLENAR, LA GRANJA, CHENA, TALAGANTE Y LORA, LOCALIDADES DE LA ZONA CENTRO-NORTE, DURANTE EL AÑO 1969



Triticum durum Desf.

Los rendimientos medios expresados en porcentaje, coeficientes medios de regresión (\bar{b}), y cuadrado medio del error de la regresión (s^2_d) para los cinco cultivares de *Triticum durum* Desf. analizados en el período 1963-1971, se presentan en el cuadro 4.

El cultivar Capelli rindió 13,86% por debajo del promedio general. Esto, junto a sus valores de coeficiente medio de regresión y cuadrado medio del error de la regresión lo clasifican como un cultivar poco productivo, cuya interacción con el medio ambiente es limitada, dando estabilidad de rendimiento a bajo nivel.

CUADRO 4

RENDIMIENTO EXPRESADO EN PORCENTAJE, COEFICIENTE MEDIO DE REGRESIÓN (\bar{b}), Y CUADRADO MEDIO DEL ERROR DE LA REGRESIÓN (s^2_d), PARA CINCO CULTIVARES DE TRITICUM DURUM DESF., PROMEDIO DE LOS AÑOS 1963-1971

Yield expressed as percentage, mean regression coefficient (\bar{b}), and mean square of the error for regression (s^2_d), for five *Triticum durum* Desf. cultivars, average of the 1963-1971 period.

Cultivar	% ^a	Rendimiento	
		\bar{b}	s^2_d
Capelli	86,14	1,02	32,579
Candealfén 4	87,89	0,86	28,702
Candealfén 5	97,93	0,98	22,381
Alifén	102,98	0,94	46,159
Quilafén	125,03	1,36	54,311

a 100% = 41,15 qq/há.

Candealfén 4, derivado de Capelli, presenta características similares de comportamiento. Candealfén 5, descendiente de Capelli y hermano de Candealfén 4, difiere de los anteriores en su mayor rendimiento, y en una menor susceptibilidad a modificaciones ambientales, demostradas por su bajo valor de s^2_d .

Alifén, cultivar más moderno que los recién descritos, rindió 2,98% por sobre el promedio general; tuvo un valor de \bar{b} similar a uno, pero un s^2 comparativamente alto, característica que lo define como un cultivar productivo sin requerimientos específicos en cuanto a las condiciones del medio, pero susceptible a comportamiento errático por modificaciones no especificadas del medio.

Quilafén, con un promedio de 51,44 qq/há, fue el cultivar más productivo de este análisis, incluyendo ambas especies de *Triticum*.

Su alto rendimiento y altos valores de \bar{b} y s^2 , lo definen como excelente productor, fuertemente sensible a modificaciones del medio, y con la facultad de aprovechar mejor las ventajas de ambientes óptimos, en relación a otros cultivares. Comparativamente, su superioridad puede ser menor a medida que se deterioran las características del medio.

La figura 2 muestra un ejemplo de las líneas de regresión y observaciones individuales para los cultivares descritos, en la temporada 1969.

Los resultados del análisis permiten, como en el caso de *T. aestivum*, separar a estos cultivares en grupos que coinciden con su edad. Mientras Capelli, Candeaifén 4 y Candeaifén 5, los más antiguos, demuestran que no son competitivos, Alifén, producto intermedio, entregado en 1966, indica debilidades que posiblemente influyeron en su escasa aceptación. Quilafén, sin embargo, entregado en 1970, como resultado de un nuevo concepto de arquitectura genética, es más exigente en cuanto a condiciones del medio, y responde positivamente cuando se dan las características ambientales apropiadas. Simultáneamente, puede afectarse en forma negativa si las condiciones no son óptimas. Como en el caso de Mexifén, se enfatiza la necesidad de reiterar las recomendaciones técnicas de manejo de este cultivar, para maximizar la expresión de su potencial genético.

La decisión de usar uno u otro cultivar, de acuerdo a los resultados de este análisis, es-

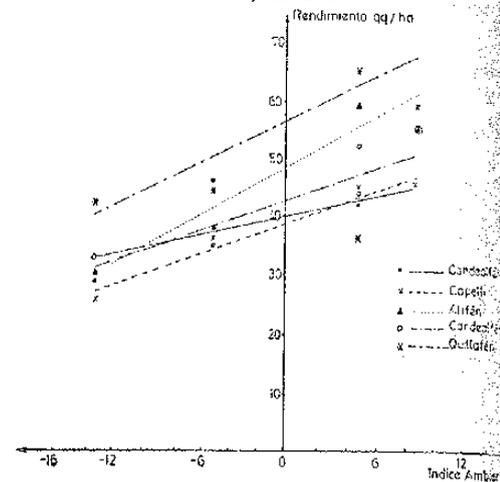
RESUMEN

Se estimó la magnitud de la interacción genotipo por medio ambiente de 14 cultivares de *Triticum* spp., cultivados durante el período 1963-1971, en ensayos regionales en la zona centro-norte de Chile.

FIGURA 2

LÍNEA DE REGRESIÓN Y OBSERVACIONES INDIVIDUALES DE LAS VARIEDADES ALIFÉN, CANDEALFEN 4, CANDEALFEN 5, CAPELLI, QUILAFEN, CULTIVADAS EN VALLENAR, GRANJA, CHENA, TALAGANTE Y LORA, CALIDADES DE LA ZONA CENTRO NOROCCIDENTAL DURANTE EL AÑO 1969

Regression line and individual observations for cultivars Alifén, Candeaifén 4, Candeaifén 5 and Capelli grown in Vallenar, La Granja, Chena, Talagante, Lora, in 1969.



La interacción se estimó mediante el método propuesto por Eberhart y Russell (1966), basado en el cálculo de un índice ambiental (I). La regresión de cada cultivar sobre el I, y una función de las desviaciones cuadradas de esta regresión constituyeron los parámetros estimadores de estabilidad.

El análisis permitió definir a los cultivares de acuerdo a su sensibilidad a la influencia del medio, su reacción a ambientes de alto o bajo rendimiento, y la repetibilidad de su comportamiento a través de años y localidades.

LITERATURA CITADA

EBERHART, S. D. and C. D. RUSSELL, 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6: 36-40.

KARSTEN, P. J. and E. N. LARTER, 1970. The interaction of genotype and environment in durum wheat. *Euphytica* 19: 236-242.

MENZINGER, D. F., 1963. Experimental estimates of genetic parameters and their applications in self-

fertilizing plants. In *Statistical Genetics and Plant Breeding*, NAS, NRC, Pub. Nº 982. Washington, D. C., USA, 624 pp.

PARODI, P. C., 1965. Comportamiento de variedades y líneas experimentales de trigo en la región Atacama-Linares. *Agr. Téc.* 25: 95-103.

STROKE, J. E. and V. A. JOHNSON, 1972. Winter wheat cultivar performance in an international array of environments. *USDA, ARS, USDS, AID, Univ. of Nebraska, Agric. Exp. Sta., Res. Bul.* 251, 48 pp.

tá en parte sometida al tipo de agricultura que prevalezca en la zona donde el cultivo sea apropiado. Los cultivares de productividad media, y amplia adaptación, son recomendables para aquellos productores cuya tecnología no dé seguridades de un manejo óptimo del material. Los cultivares de alta productividad, y de adaptación específica, deben sembrarse por los mejores agricultores de zona apropiada, para asegurar un aprovechamiento integral de potencial genético mediante una interacción positiva con un medio ambiente específico y normas de manejo avanzadas. En cualquier caso, es necesario tener presente que hay factores ambientales, como nuevos biotipos de un patógeno determinado, que pueden alterar significativamente la magnitud de la interacción genotipo por medio ambiente, modificando las conclusiones que se hubieran obtenido con anterioridad a la presencia de ese factor.

PERIODOS DE COMPETENCIA DE MALEZAS
Y SU CONTROL QUIMICO EN TRITICALE
(*Triticale hexaploide*. Larter) ^{1, 2}

WEEDS-FREE PERIODS AND CHEMICAL WEED CONTROL IN TRITICALE
(*Triticale hexaploide* Larter)

GUSTAVO A. ROJAS L. e ISABEL M. NEBREIDA M. ³

Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Departamento de Fitotecnia

SUMMARY

The minimum weed-free period (Critical period) required by the triticale line Maya II x Arm 'S', X-1802-37N-2M-1N-0M for highest production, and the best chemical treatment for weed control in line Maya II x Arm 'S', X-2802-75N-1M-2N-0M, were determined by two field experiments.

The critical period was established to be the first 40 days after emergence; weed-free periods 40, 60, 80, 100, 120 and throughout the growing season resulted in seed yields which were not significantly different. However, a tendency toward higher seed yields at larger weed-free periods was observed.

The best weed control and the highest seed yield was obtained in plots treated with a mixture of methabenzthiazuron (70%) and 2,4-D salt (72%), in applications of post-emergence at rates of 1.4 and 1.44 k/há of active ingredient, respectively. These rates however, caused damage to the crop, which was estimated at 8.74%. Plots treated with the same mixture, at rates of 0.7 and 0.72 k/há of active ingredients, respectively, gave yields similar to those of the aforementioned treatment; the damage to the plants was estimated at 2.25%. Post-emergence treatment with Methabenzthiazuron at rate of 2.8 k/há of active ingredient resulted in seed yield comparable to those of the best treatments, but phytotoxicity was estimated at 20%. Plants left without control and those treated with 2,4-D Combi (72%) (2,4-D and MCPA) at rate of 0.72 k/há of active ingredient, gave the lowest seed yields. These were statistically different from those of the other treatments. Kernels per spike did not show any variation under the various treatments in the two experiments. This result is interpreted as evidence of high stability of this morphological yield component in the two lines.

INTRODUCCION

El triticale (*Triticale hexaploide* Larter) es un nuevo cereal creado por el hombre, proveniente de cruzamientos entre trigo (*Triticum spp.*) y centeno (*Secale spp.*). Su potencial debe compararse con el de trigo, que es el cultivo de mayor importancia en Chile y que produce actualmente el 40% de las calorías y el

50% de las proteínas de la dieta diaria de la población nacional. El triticale proporcionaría, además, un cultivo adaptado a diversas condiciones ambientales y capaz de incrementar y mejorar la calidad alimenticia de la dieta (Zillinsky, F. J., 1973).

En Chile se realizan estudios en triticale desde 1972 en el Departamento de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía de la Universi-

¹ Publicación autorizada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 85/76.
² Fecha de recepción: 10/1/76.
³ Departamento de Fitotecnia, Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

dad Católica de Chile. Los objetivos principales de dichos estudios han sido adaptar en el país cultivares de alto rendimiento y de gran capacidad nutricional a través de un mayor porcentaje de proteína en sus granos, con lo cual este cultivo podría complementarse o competir con trigo en la alimentación humana.

Uno de los problemas importantes que se debe solucionar a corto plazo en este cultivo es el que se refiere al control de malezas. Con este objeto se realizó este trabajo, orientado a determinar el período crítico de competencia del cultivo con las malezas y a analizar el efecto de diversos herbicidas utilizados comúnmente en trigo.

El período crítico de competencia de malezas en trigo es relativamente corto y corresponde a las primeras 4 ó 6 semanas de desarrollo del cereal. Donald (1961) indicó que ocurre competencia cuando cada uno de dos o más organismos necesitan de algún factor determinado y el abastecimiento de este factor está bajo la demanda combinada de dichos organismos. Según Donald, la competencia puede ser intraespecífica, interespecífica y aun puede ocurrir en la misma planta, denominándose intraplanta. En todos estos casos la competencia es por agua, luz, nutrientes, oxígeno, anhídrido carbónico y agentes de polinización y dispersión.

Shebeski, en 1955, determinó que la competencia entre trigo y crucíferas se manifestó a los 35 días después de la emergencia, cuando el cultivo tenía seis hojas y tuvo lugar en seis días, ya que a los 29 días después de la emergencia no hubo disminución de rendimiento al comparar con el testigo, aunque el período crítico de competencia varía cada año. Sin embargo, la competencia entre avena y *Stap-sis arvensis* comenzó al germinar el cultivo y se hizo más pronunciada en los primeros estados de desarrollo de la avena, aunque siguió ocurriendo más allá de la formación de la panícula (Rademaker, 1966).

Número de macollas fértiles fue el componente de rendimiento más afectado por la competencia entre cebada y crucíferas, reduciéndose además, el tamaño de la espiga (número de granos) y afectando el contenido de potasio y nitrógeno del grano; también se redujo el tamaño del sistema radicular (Blackman y Templeman, 1938).

Del Pozo y Bofarul (1968), recomiendan aplicar 2,4-D en trigo de invierno entre 60 y 90 días después de la siembra y en trigos de primavera, entre 30 y 50 días, determinando

además que los herbicidas fenoxiacéticos, usados en trigo aumentan los rendimientos un 15 a 20%, no existiendo diferencias entre los herbicidas utilizados en cuanto a productividad.

Zaviezo y Lazén (1966) indican que las malezas más comunes en trigo en Chile son: correhuela (*Convolvulus sp.*), rábano (*Phanus sp.*), sanguinaria (*Polygonum caria*) y avenilla (*Avena fatua*). Godel observa que sólo las malezas anuales reducen los rendimientos en un 34,8%.

Ramírez (1970) recomienda en trigo, en dosis de 600 a 1.000 g de ingrediente por há, según la época de aplicación, siendo preferible en macolla, pero se adelantará a cinco hojas o retrasará hasta mediados de encañado reduciéndose las dosis a 500 g de i a por há. La misma autora en 1970 Metabenzthiazuron en trigo en dosis de 1.400 g de i a por há, obteniendo un control de malezas sin fitotoxicidad al ser aplicado en preemergencia. Mulder (1970) cambió usó el mismo herbicida pero en emergencia, en dosis que variaron entre 4,0 kg por há de producto comercial. Obtuvo buenos rendimientos y buen control de malezas. Se ha observado fitotoxicidad en trigo con aplicaciones de Metabenzthiazuron han alcanzado un 13%; sin embargo el tratamiento ha sido el de postemergencia, que el herbicida es absorbido por raíces y las hojas de plantas jóvenes.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la Estación Experimental de la Universidad Católica de Chile, Pirque, en un suelo de textura media y buen drenaje, con un 2% de materia orgánica. El diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y ocho tratamientos cada uno, se efectuaron dos ensayos en la temporada 1974. En el primero de ellos se terminó el efecto de ocho períodos de control de malezas en la línea experimental Maya II x Arm 'S', X-1802-37N-2M-1M-0M y en el segundo, se observó el efecto de siete herbicidas utilizados normalmente en trigo, comparadas con un testigo sin aplicación de herbicidas, lo que se realizó en un área que se limpió manualmente después de la emergencia y cuando las malezas tenían tres hojas verdaderas y se usaron 300 litros de agua por hectárea. Ambos ensayos se fertilizaron con 200 kg de superfosfato triple y 200 kg de sales por há al momento de la siembra y la

La distancia entre hileras fue de 0,30 m y cada parcela tuvo cuatro hileras de 5 m de largo, realizándose las labores normales para este cultivo. La aplicación de los herbicidas se realizó con un equipo manual, cuya presión está dada por anhídrido carbónico; se aplicó

con 4 kilos por centímetro cuadrado. Las siguientes malezas fueron detectadas en ambos ensayos: correhuela (*Convolvulus arvensis*), sanguinaria (*Polygonum persicaria*), yuyo (*Bra-sisica sp.*), rábano (*Raphanus sp.*) y chépica (*Paspalum distichum L.*).

CUADRO 1

TRATAMIENTOS PARA ENSAYO DE PERIODOS DE LIMPIA EN LINEA EXPERIMENTAL, MAYA II X ARM 'S', X-1802-37N-2M-1N-0M.

Treatments for weed competition study on the experimental line Maya II x Arm 'S', X-1802-37N-2M-1N-0M

0 (testigo)
20 días libre de malezas después de emergencia del cultivo
40 días libre de malezas después de emergencia del cultivo
60 días libre de malezas después de emergencia del cultivo
80 días libre de malezas después de emergencia del cultivo
100 días libre de malezas después de emergencia del cultivo
120 días libre de malezas después de emergencia del cultivo
Testigo siempre libre de malezas

TRATAMIENTOS PARA ENSAYOS DE HERBICIDAS EN LINEA EXPERIMENTAL MAYA II X ARM 'S', X-2802-75N-1M-2N-0M.

Treatments for herbicides experiment on the experimental line Maya II X Arm 'S', X-2802-75N-1M-2N-0M.

Tratamientos	Dosis (kg i a/há)	Epoca aplicación o limpia
Treatments	Dosis (kg i a/ha)	Time of application
2,4-D Combi 72% P.M.	1,0	Post-emergencia (macolla)
2,4-D Sal 72% P.M.	2,0	Post-emergencia (macolla)
2,4-D Amina 72% P.M.	2,0	Post-emergencia (macolla)
Metabenzthiazuron 70% P.M.	2,8	Post-emergencia (macolla)
2,4-D Sal + Metabenzthiazuron	0,72 + 0,70	Post-emergencia (macolla)
2,4-D Sal + Metabenzthiazuron	1,44 + 1,40	Post-emergencia (macolla)
Linuron 50% P.M.	2,0	Pre-emergencia
Testigo con limpia manual	—	Encañado

La siembra se efectuó el 26 de julio, con una humedad del suelo y se aplicó el mismo tratamiento de preemergencia con un volumen de 600 litros de agua. La aplicación de los herbicidas de postemergencia se efectuó 25 días después de la emergencia del cultivo, cuando las malezas tenían tres hojas verdaderas y se usaron 300 litros de agua por hectárea. Ambos ensayos se fertilizaron con 200 kg de superfosfato triple y 200 kg de sales por há al momento de la siembra y la

misma dosis de este último fertilizante a la macolla.

Las observaciones correspondieron a control de malezas y fitotoxicidad, expresada esta última visualmente en base a superficie foliar dañada con respecto al testigo en el ensayo de herbicidas. Además, también fueron medidos en el ensayo de períodos de limpia: espigas por superficie, granos por espiga, peso de granos y rendimiento. También se efectuó un análisis de contenido de proteína en el gra-

no por el método fotocolorimétrico de VDY, el cual expresa porcentaje total de proteína en el grano.

RESULTADOS Y DISCUSION

El efecto de la competencia de malezas sobre los componentes de rendimiento y rendimiento, determinada en base a días libre de malezas por parte del cultivo después de la emergencia, se presenta en el cuadro 2. A partir de los 40 primeros días libres de malezas, el cultivo no disminuyó significativamente sus rendimientos a medida que se mantuvo por un mayor período de tiempo sin

malezas lo que estaría indicando que el genotipo el mayor período de competencia entre malezas y cultivo ocurriría en los primeros 40 días después de la emergencia. En secuencia, si se controlan las malezas durante este período es posible obtener buenos rendimientos, lo que concuerda con lo que se ha observado en trigo y otros cereales, según Shaffer (1955). Sin embargo, a pesar de no haberse detectado diferencias significativas a partir de los 40 días, se detectó una tendencia a aumentar los rendimientos a medida que el cultivo estuvo libre de malezas por un mayor período de tiempo, hasta alcanzar 120 días, en donde el rendimiento es máximo.

CUADRO 2

EFFECTO DE COMPETENCIA DE MALEZAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES MORFOLOGICOS EN TRITICALE

Effects of weed competition on yield and morphological yield components in triticale

Días libre de malezas después de emergencia Weeds free days after emergence	Espigas por superficie (1, 2 m ²) Spikes per unit area (1, 2 m ²)	Granos por espiga Kernels per spike	Peso 100 granos 100 kernels weight	Rendimiento Yield (kg/ha)
0 (testigo)	307,00 b*	32,17 a	4,52 a	
20 días libre	286,75 b	32,62 a	4,17 b	
40 días libre	417,00 a	31,57 a	4,82 a	
60 días libre	465,25 a	30,95 a	4,75 a	
80 días libre	410,75 a	35,65 a	4,75 a	
100 días libre	471,50 a	33,00 a	4,80 a	
120 días libre	474,50 a	35,60 a	4,70 a	
Testigo siempre limpio	431,00 a	37,32 a	4,52 a	

* Letras distintas representan promedios estadísticamente diferentes al nivel 5% (DUNCAN).

Número de espigas por superficie mostró idénticas diferencias estadísticas que rendimiento, lo que permitiría suponer a este componente como el de mayor importancia en la determinación de rendimiento y también presentó una tendencia a aumentar, aunque menos definida que en el caso anterior, a medida que el cultivo permaneció libre de malezas hasta los 120 días.

Peso de granos presentó sólo diferencias significativas en el tratamiento 20 días libre de malezas con respecto al resto de los tratamientos, no existiendo una tendencia definida a variar a medida que el cultivo permaneció un mayor tiempo libre de malezas. Granos por

espiga fue el componente menos afectado por las malezas durante diferentes períodos dentro del desarrollo, lo que estaría señalando que este componente tendría la menor importancia en la determinación de rendimiento en el genotipo Maya II x Arm 'S', X-1802-37N-2M-1N.

El cuadro 3 presenta el efecto de control de malezas y la fitotoxicidad de los herbicidas sobre el genotipo Maya II x Arm 'S', X-2802-75N-1M-2N-0M. El mejor control se obtuvo con Metabenzthiazuron solo o aplicado en combinación con 2,4-D en dos dosis diferentes. Los tratamientos con 2,4-D en dosis de 1 kg de i a por há, existiendo entre ellos diferencias significativas al 5%. El peso de cien granos mostró variaciones im-

portantes para cada tratamiento, siendo los mejores promedios para 2,4-D sal (72%) + 2,4-D sal + Metabenzthiazuron en dosis bajas, tratamientos que fueron estadísticamente diferentes de otros, a excepción de 2,4-D sal + Metabenzthiazuron en dosis altas, que estuvo también relacionado estadísticamente con 2,4-D amina (72%) y éste, a su vez, lo estuvo con los tratamientos que presentaron los promedios más bajos para este componente.

Iguales resultados se obtuvo con la aplicación de Linurón (50%) en preemergencia. El peor control de malezas se obtuvo con 2,4-D Combi (2,4-D y MCPA, 72%) en dosis de 1 kg de i a por há al compararlo con el testigo sin aplicación.

CUADRO 3

CONTROL DE MALEZAS Y FITOTOXICIDAD DE HERBICIDAS EN LA LINEA EXPERIMENTAL MAYA II X ARM 'S', X-2802-75N-1M-2N-0M

Weed control and crop injury of herbicides on experimental line Maya II X Arm 'S', X-2802-75N-1M-2N-0M

Tratamientos Treatments	Dosis (kg i a/há) Dosis (kg i a/ha)	Control de malezas ^a Weed control	Porcentaje de daño al cultivo ^b Percent crop injury
2,4-D Combi 72%	1,00	6,5	0,00
2,4-D Sal 72%	2,00	2,0	0,00
2,4-D amina 72%	2,00	2,3	0,00
Metabenzthiazuron 70%	2,80	1,0	20,00
2,4-D sal + Metabenzthiazuron	0,72 + 0,70	1,0	2,25
2,4-D sal + Metabenzthiazuron	1,44 + 1,40	1,0	8,75
Linurón 50%	2,0	4,5	0,00
Testigo con limpia manual	—	10,0	0,00

^a Escala de control: 1,0 = control total; 10 = sin control a las cuatro semanas después de la aplicación.

^b Fitotoxicidad en base a porcentaje de hojas amarillas con respecto al testigo, a las dos semanas después de la aplicación en los tratamientos de postemergencia.

Efecto de los herbicidas sobre rendimiento y sus componentes se presenta en el cuadro 3. Espigas por superficie fue el componente que mostró la mayor variación para los diferentes tratamientos, junto con peso de granos, lo que estaría demostrando la mayor importancia de ambos componentes en la determinación del rendimiento, ya que al modificarse uno o uno de ellos, por cambios producidos en el medio ambiente, hay también variación en el rendimiento, lo que ocurre con granos por espiga componente que no es modificado por la acción de las malezas en este caso, y que no modifica el rendimiento final.

El valor más alto para espigas por superficie fue para 2,4-D sal (72%) y Metabenzthiazuron en sus dosis bajas y el menor valor para este componente correspondió a Linurón, en dosis de 1 kg de i a por há, existiendo entre ellos diferencias significativas al 5%. El peso de cien granos mostró variaciones im-

portantes para cada tratamiento, siendo los mejores promedios para 2,4-D sal (72%) + 2,4-D sal + Metabenzthiazuron en dosis bajas, tratamientos que fueron estadísticamente diferentes de otros, a excepción de 2,4-D sal + Metabenzthiazuron en dosis altas, que estuvo también relacionado estadísticamente con 2,4-D amina (72%) y éste, a su vez, lo estuvo con los tratamientos que presentaron los promedios más bajos para este componente.

Granos por espiga fue el componente menos afectado por los tratamientos, al igual que en el ensayo de períodos de limpia, lo que nos estaría indicando una gran estabilidad en este componente frente a variaciones producidas en el medio ambiente, en los cultivares de triticale ensayados.

El mayor rendimiento en el ensayo de herbicidas se obtuvo con la mezcla 2,4-D + Metabenzthiazuron, en dosis altas, aunque no fue estadísticamente diferente de otros tratamien-

tos. Los promedios más bajos para rendimiento se obtuvieron con 2,4-D sal (72%), 2,4-D Combi (72%) y testigo con limpia manual cuatro semanas después de la aplicación de post-emergencia, tratamientos que fueron diferentes de los mejores promedios.

No se obtuvo diferencias significativas en

ambos ensayos para porcentaje de protección del grano, lo que estaría indicando que en los dos genotipos no hubo variaciones importantes en el contenido proteico de la semilla frente a modificaciones en el medio ambiente expresadas en este caso en una mayor o menor competencia con las malezas.

diferencias significativas en los rendimientos y sus componentes, pero se observó una tendencia a aumentar la productividad mientras más largo fue el período en que el cultivo se mantuvo sin malezas.

En el ensayo de herbicidas se obtuvo el mejor control y el más alto rendimiento con la mezcla Metabenzthiazuron (70%) y 2,4-D sal (72%) en post-emergencia en dosis de 1,4 y 1,44 kg de i a por há, respectivamente, pero se detectó un 8,75% de daño al cultivo. La misma mezcla de productos, pero en dosis de 0,7 y 0,72 kg de i a por há, respectivamente, produjo rendimientos comparables al anterior y el daño al cultivo sólo alcanzó a 2,25%. Metabenzthiazuron aplicado en postemergencia en dosis de 2,8 kg de i a por há produjo un 20% de daño al cultivo, aunque el rendimiento no fue significativamente diferente de los mejores tratamientos. El rendimiento más bajo se logró con el testigo sin limpia y con 2,4-D Combi (72%) (2,4-D y MCPA) en dosis de 0,72 kg de i a por há, siendo significativamente diferente al resto de los tratamientos para rendimiento y sus componentes. Granos por espiga en ambos ensayos fue el componente menos afectado, lo que indicaría alta estabilidad de este carácter en ambas líneas experimentales.

CUADRO 4

EFEECTO DEL CONTROL DE MALEZAS CON HERBICIDAS SOBRE RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES MORFOLÓGICOS EN TRITICALE

Effect of herbicide treatments on morphological yield components and seed yield in triticale

Tratamientos	Dosis (kg i a/há)	Espigas por superficie (1,2 m ²)	Granos por espiga	Peso de 100 granos	Rendimiento
Treatments	Dosis (kg i a/ha)	Spikes per unit area	Kernels per spikes	100 kernels weight	(kg/ha)
2,4-D combi 72%	1,00	330,75 ab *	24,80 a	4,30 c	2,80
2,4-D sal 72%	2,00	332,00 ab	21,55 a	4,80 a	2,80
2,4-D amina 72%	2,00	329,75 ab	26,17 a	4,45 bc	3,10
Metabenzthiazuron 70%	2,80	330,25 ab	23,31 a	4,35 c	3,10
2,4-D sal + Metabenzthiazuron	0,72 + 0,70	389,50 a	26,07 a	4,85 a	3,10
2,4-D sal + Metabenzthiazuron	1,44 + 1,40	381,75 ab	27,72 a	4,77 ab	3,10
Linuron 50%	2,0	308,75 b	23,40 a	4,37 c	3,10
Testigo	—	320,50 ab	24,77 a	4,42 c	2,80

* Letras distintas representan promedios estadísticamente diferentes al nivel 5% (Duncan).

CONCLUSIONES

Se deduce del ensayo de períodos de limpia que el período crítico de competencia de las malezas en la línea experimental de triticale Maya II x Arm 'S', X-1802-37N-2M-1M-0M se produjo antes de los 40 días después de la emergencia de las plantas, lo que hace necesario mantener el cultivo libre de malezas durante todo ese período.

En el ensayo de herbicidas hubo tres tratamientos que sobresalieron del resto por su

efecto sobre el rendimiento y control de malezas. Estos correspondieron a Metabenzthiazuron solo o en mezclas con 2,4-D sal en dosis diferentes de cada uno de ellos; estos tratamientos los únicos que provocaron fitotoxicidad visual al cultivo.

Espigas por superficie y peso de grano fueron los componentes de mayor influencia sobre el rendimiento en ambos cultivares. El cambio, granos por espiga fue el componente que mostró la menor variación ante cambios en el medio ambiente.

RESUMEN

Se realizaron dos ensayos con el fin de determinar el período crítico de competencia de malezas en la línea experimental Maya II x Arm 'S', X-1802-37N-2M-1N-0M y a conseguir el mejor control químico de malezas en la línea experimental Maya II x Arm 'S', X-2802-75N-1M-2N-0M.

El período crítico de competencia se determinó en base a días libre de malezas después de la emergencia, y que en esta línea corresponde a los primeros 40 días, concluyéndose que cuando el cultivo se mantuvo libre de malezas por 40, 60, 80, 100, 120 y durante todo el período vegetativo, no hubo

LITERATURA CITADA

- BRACKMAN, G. E. and W. G. TEMPLEMAN, 1938. The nature of competition between cereal crops and annual weeds. *Journal of Agric. Sci.* 28 (2): 247-271.
- BOYARD, C. M., 1961. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy* 15: 11-114.
- DEL POZO, J. y N. BOFARUL, 1968. Aplicaciones tempranas de herbicidas a trigos de invierno y primavera. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 9 pp.
- GOOT, C. L., 1960. Cereal growing on weedy land in northeastern Saskatchewan. Effect of heavy seeding with the use of fertilizer on the development of weeds and crops. *Sci.* 40 (4): 652-658.
- MURPHY, C. E. G., 1970. El Tribunil en la zona de lluvias invernales de la República Sudafricana. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer (Leverkusen)* 23 (1): 78-90.

RADEMAKER, B., 1966. Weed control in cereal viewed as a problem of soil fertility. *Landw Forch Westgermany Sonder* 20: 21-38.

RAMÍREZ, ADRIANA, 1970. Control de malezas en trigo con herbicidas de preemergencia y postemergencia. *Sociedad Chilena de Control de Malezas*. Santiago, Chile: 3-6, 147 pp.

SHEBESKY, L. H., 1955. Weed competition as affected by time of spraying. *Proceedings of the Eight Western Canadian Weed Control Conference*, University of Manitoba: 40-43.

ZAVIEZO, S. y S. LAZEN, 1966. Control de malezas en trigo. *Sociedad Agronómica de Chile*. XVII Jornadas Agronómicas, Santiago, Chile: 56-61, 147 pp.

ZILLINSKY, F. J., 1973. Mejoramiento e investigación sobre triticale en el CIMMYT. *CIMMYT*, Folleto de Investigación N° 24, 78 pp.

UTILIZACION DE CASCARA DE HUEVO COMO APORTE DE CALCIO EN PONEDORAS ¹

EGG SHELL WASTE AS A SOURCE OF CALCIUM IN LAYIN HEN DIETS

MANUEL CAMIRUAGA, GONZALO RIOS y CARLOTA LARA

Facultad de Agronomía, Departamento de Zootecnia, Universidad Católica de Chile

SUMMARY

Proximate analyses calcium and phosphorus determinations were done to washed and disinfected egg shells from an egg breaking plant. Different levels of treated egg shell were added to laying hen diets and compared with oyster shell.

Treated egg shell is a stable product which can be used in poultry diets.

Calcium content of 36.7% is similar to oyster shell. In addition egg shells contain other nutrients: 0.13% phosphorus and 4.4 to 10.0% crude protein.

Results of the trial carried out showed significant difference in the quality (thickness) of laid eggs from hens fed the experimental diets, being thinner with those calcium deficient diets for both supplements.

In relation to Calcium in the feces, higher amounts were contained in feces from hens fed treated egg shells. Phosphorus excretion was not affected.

INTRODUCCION

La eventual producción nacional de cáscara de huevo estaría dada por las plantas de quebrado que abastecen de huevo deshidratado a industrias como las de fideos, pasteles, galletas etc. Este consumo industrial ha sido estimado en aproximadamente un 3% de la producción total de huevos del país (Walker y Cia, 1969), lo que representaría actualmente un desecho de cáscaras del orden de 237.700 kg anuales. A esto habría que agregar lo que producen las plantas de incubación, que se puede estimar en otros 320.000 kg. Todo este desecho significaría un volumen potencial de aproximadamente 557.700 kg anuales.

La cáscara del huevo de gallina representa aproximadamente el 10 a 12% del peso total del huevo. De los sólidos que componen la cáscara, un 2% corresponde a la parte orgánica (principalmente proteína) y el 98% restante es material inorgánico (Gilbert, 1971). Esta última fracción es en casi su totalidad carbonato de calcio cristalino (Terepka, 1963).

Existe muy poca información referente al uso de la cáscara de huevo como ingrediente alimenticio. Wilcke (1940) determinó que la cáscara de huevo, comparada con conchuela y piedra caliza no presentaba diferencias al incluirla en raciones de aves en crecimiento y postura. Por otra parte, Arvat y Hinner (1973) tampoco encontraron mayores diferencias al alimentar ponedoras con dos niveles de calcio (3,7 y 5,7%) aportado por conchuela, piedra caliza y cáscara seca.

En relación a tratamiento y composición nutritiva de cáscaras, Walton, Cottevill y Vandepopuliere (1973) encontraron que el mayor problema de ella es el alto grado de humedad con que salen de las plantas de quebrado, por lo cual deben ser deshidratadas y limpiadas antes de ser usadas como alimento. Referente a su composición química encontraron que las cáscaras sin tratamiento previo tenían 91,9% de cenizas, 7,6% de proteína cruda, 0,24% de lípidos y 90,9% de carbonato de calcio. Estos mismos autores analizaron el contenido aminoacídico de las cáscaras y encontraron

¹ Publicación aprobada por el Comité Editorial de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 70/76. Fecha de recepción: 8/III/76.

valores tales como: 0,28% de metionina, 0,41% de cistina, 0,35% de lisina y 0,34% de isoleucina, entre los más importantes.

La disponibilidad del Ca de la cáscara se ha visto que es similar a la piedra caliza y, además, de rápida utilización (Vandepopuliere, Walton y Cottevill, 1975).

Teniendo en cuenta estos antecedentes se proyectó el presente trabajo, considerando, por un lado, la composición química de estos desechos y, por otro, el efecto de su agregación en diferentes niveles a dietas de ponedoras y tomando la conchuela como patrón de comparación. Debido a que estos desechos de plantas de quebrado, generalmente vienen con mucha suciedad, posibles contaminaciones bacterianas y un exceso de humedad, es preciso un tratamiento previo para poder ser utilizados como suplemento alimenticio.

Se empleó un diseño completamente al azar, usando para las diferentes comparaciones el análisis de varianza.

MATERIALES Y METODOS

Un total de 144 gallinas White Leghorn de tres meses de postura se distribuyeron en ocho tratamientos con tres repeticiones cada uno. Previo al ensayo, se dejó a todas las aves durante un período preexperimental de siete días, consumiendo las mismas raciones experimentales. Se usó jaulas colectivas de seis gallinas, con alimentación y agua ad libitum.

Una ración base maíz-pescado (cuadro 1) se suplementó con diferentes niveles de cáscara y conchuela, constituyendo así ocho tratamientos (cuadro 2). Las raciones se calcularon de manera que aportaran un contenido normal de Ca: trats. III, IV, VII y VIII; marginal: trats. II y VI, y deficiente: trats. I y V, combinando ambos suplementos en el caso de los tratamientos III y VII (cuadro 2). A modo de control se usó el tratamiento VIII suplementado sólo con conchuela.

Las cáscaras utilizadas fueron adquiridas de una planta deshidratadora de huevos y se sometieron previamente a su inclusión en las diferentes raciones, del siguiente proceso:

Lavado. En un depósito con capacidad de 70 litros, aproximadamente, se remojó 20 kg de cáscara con una solución que contenía detergente de uso doméstico a razón de 3,5 g por litro de agua durante 30 minutos. Esta mezcla se agitó constantemente durante el período indicado. Con este tratamiento se logró la eli-

minación de suciedades, parte de las membranas de la cáscara y principalmente los restos de albúmina y yema. La eliminación de las últimas fracciones es de gran importancia para una buena conservación posterior.

Enjuague. Posteriormente se agregó en cantidad suficiente para eliminar los restos de detergente, agitando continuamente la mezcla.

Desinfección. Una vez retirada el agua de enjuague se procedió a la inmersión de las cáscaras lavadas, en una solución al 1,0% de clorito de sodio. En esta etapa se dejó reposo por otros 15 minutos. Finalmente se procedió a enjuagar con agua pura.

Secado. Este se efectuó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C durante 5 horas.

Triturado. El material ya seco se pasó por un molino con tamiz que permitió la obtención de escamas de cáscara de aproximadamente 1 mm cuadrado. De esta forma se tuvo un material ni muy fino como para utilizar un polvo, ni tan tosco que permitiera a las aves seleccionarlo.

Muestras de estas cáscaras tratadas se analizaron en su contenido de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, calcio y fósforo. Para los efectos comparativos se realizaron los mismos análisis a cáscaras de huevos eclosados, pero sin el proceso de lavado descrito anteriormente.

El comportamiento de las ponedoras se siguió observando producción de huevos y consumo de alimento y calcio. En los huevos se determinó peso y grosor de cáscara por el método de gravedad específica. Además se realizaron determinaciones de calcio y fósforo en las fecas para observar el grado de excreción según cantidad y tipo de suplemento.

CUADRO 1

COMPOSICION DE LA RACION BASE

Basic diet composition

Ingrediente
Ingredients

- Maíz
- II, pescado
- Vit. y min.
- Fosfato de Na¹
- B. H. T.

¹ Suplemento de P (19,8% de P y 14,7% de Na).

CUADRO 2

TRATAMIENTOS, COMPOSICION Y CONTENIDO DE CALCIO Y FOSFORO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES^b

Treatments composition and calcium and phosphorus content of experimental diets^b

Tratamiento Treatment	Ingredientes %				% Ca		Pt
	Rac. base Basic diet	Cáscara tratada Treated egg shell	Conchuela Oyster shell	Inerte ^a	Ca	Pt	
I	92,91	2,74	---	4,36	1,46	0,65	
II	92,91	4,82	---	2,28	2,23	0,66	
III	92,91	4,82	2,20	0,08	3,02	0,66	
IV	92,91	7,00	---	0,10	3,02	0,65	
V	92,91	---	2,78	4,32	1,46	0,65	
VI	92,91	---	4,90	2,20	2,23	0,65	
VII	92,91	2,17	4,90	0,03	3,03	0,65	
VIII (Control)	92,91	---	7,10	---	3,02	0,65	

^a Se utilizó arena lavada. - Washed sand was used.
^b Dietas con una relación E/P = 188,5. - Ratio ME/P = 188,5 (Kcal/kg).

RESULTADOS Y DISCUSION

PROCESAMIENTO DE LAS CÁSCARAS

El proceso para el lavado y desinfección de las cáscaras descrito anteriormente es muy sencillo y deja un producto estable a la conservación, e inodoro. Estas características son importantes por cuanto implican la posibilidad de almacenarlo por períodos prolongados sin sufrir alteraciones.

Cabe destacar que el período de secado de 5 horas utilizado en el presente trabajo, puede reducirse considerablemente haciendo algunas modificaciones; por ejemplo, utilizando bandejas de malla y colocando capas delgadas de cáscara; esto permite un secado más rápido por la mejor circulación del aire.

COMPOSICION PROXIMAL

En el cuadro 3 se presentan los resultados del análisis químico efectuado a los dos tipos de cáscaras, como también el contenido de Ca de la conchuela.

Cáscaras tratadas. Los resultados de Ca y P encontrados concuerdan plenamente con aquellos obtenidos por Walton *et al.* (1973). En el caso de la proteína cruda y el extracto etéreo, los valores son semejantes aunque el contenido de proteína cruda es inferior y el de extracto etéreo un tanto mayor. Esto podría

indicar que el tratamiento previo efectuado a las cáscaras fue positivo en la eliminación de los restos de albumen y menos efectivo en el caso de las materias grasas (restos de yema). De todas formas, el pequeño porcentaje de extracto etéreo presente no provocó problemas de estabilidad en el almacenaje del producto seco.

Cáscaras de huevos eclosados. En las cáscaras de huevo eclosado la situación es similar, aunque se aprecian algunas diferencias. Su mayor porcentaje de proteína cruda estaría dado por el hecho de no haber sido lavadas; esto estaría incluyendo membranas de cáscaras, ya que el lavado elimina parte de ellas. También se incorporan aquí restos de los sacos embrionarios.

El bajo contenido de extracto etéreo se explica, ya que durante el desarrollo del embrión, la yema es ampliamente utilizada y, más aún, el saco vitelino es incorporado a la cavidad abdominal justo antes de la eclosión (Allcroft, 1964).

Respecto al Ca, el menor porcentaje encontrado puede deberse al paso de este elemento hacia el embrión durante la incubación.

En cuanto al fósforo, su contenido es similar en ambos tipos de cáscara.

Cabe destacar el alto contenido proteico del referido producto (Walton *et al.*, 1973, Vandepopuliere, Walton y Cottevill, 1975), especialmente de las cáscaras de huevos incuba-

dos. Esto representa una ventaja amplia sobre la conchuela, que sólo es fuente de Ca y en ningún caso superior en su contenido.

EVALUACIÓN BIOLÓGICA

En el cuadro 4 se presentan los resultados logrados en el ensayo con ponedoras.

Consumo de alimento. No hubo variación en el consumo de los diferentes tratamientos

debido en gran parte a que todas las dietas eran isocalóricas y que los tratamientos V no contenían niveles exageradamente altos de calcio.

Consumo de calcio. Este estuvo relacionado directamente con los niveles de calcio aportados por los diferentes tratamientos.

La única diferencia significativa en los consumos de calcio, atribuible al tipo de suplemento usado, se observa en los niveles marginales de calcio son capaces de soportar una buena consistencia de cáscara y no hay diferencias al usar cáscara o conchuela como suplemento, todo ello en las condiciones medidas en este ensayo.

Excreción de calcio y fósforo. De la información obtenida por el análisis de calcio en las fecas de las gallinas (cuadro 5) no se encontró diferencias significativas debidas a los tratamientos, pero sí una excreción fecal significativamente superior para los tratamientos que incluyeron cáscara (I, II y III) respecto de aquellos que sólo poseían conchuela como fuente de calcio (V, VI y VIII). Esta diferencia podría atribuirse a que la conchuela, por su mayor consistencia física, estaría pasando más lentamente desde la molleja al intestino delgado; en cambio, la cáscara es de mucho más fácil pasaje y, por lo tanto, cabe una mayor eliminación de ella por vía fecal.

En cuanto a la eliminación del fósforo por las heces, no hay diferencias debidas ni a los tratamientos ni al tipo de suplemento cálcico utilizado.

CUADRO 3

COMPOSICION QUIMICA DE CASCARAS DE HUEVO ECLOSADO Y CASCARAS TRATADAS Y CONTENIDO DE Ca DE CONCHUELA

Chemical composition of shells from hatched and treated eggs and calcium content in oyster shell

Suplementos Supplements	Composición (%) ^a Composition				
	P.C.	E.E.	F.C.	Cen.	Ca
Cáscara tratada Treated egg shell	4,43	0,30	0,69	93,90	36,75
Cáscara h. eclosado Hatched egg shell	10,08	0,02	1,56	87,30	34,21
Conchuela Oyster shell	---	---	---	---	36,07

^a Base 100% materia seca. - Dry matter basis.

CUADRO 4

DIFERENTES NIVELES DE CONCHUELA Y CASCARAS TRATADAS EN DIETAS DE PONEDORAS

Different levels of oyster shell and treated egg shell in laying diets

Tratamiento Treatment	Produc. huevos (gall./día) % Hen-day production	Cons. de alim. (g/ave/día) Feed consumption	Cons. Ca (g/ave/día) Calcium consumption	Peso huevo (g) Egg weight	Grosor (mm) Shell thickness
I	72,10 a	119,0 a	1,72 a	61,1 a	0,3120
II	83,73 b	121,0 a	2,68 c	61,1 a	0,3483
III	84,53 b	119,6 a	3,59 e	59,1 a	0,3536
IV	77,29 ab	118,0 a	3,54 d	60,1 a	0,3501
V	78,33 ab	118,9 a	1,74 a	61,1 a	0,3272
VI	81,31 b	117,1 a	2,59 b	60,4 a	0,3489
VII	81,72 b	117,0 a	3,51 d	60,7 a	0,3471
VIII	83,89 b	117,9 a	3,54 d	60,2 a	0,3688

Letras diferentes indican diferencia significativa al 5% (P < 0,05).
Different letters indicate significance at the 5% level.

nales y normal-combinado de calcio (trat. II vs. VI y trat. III vs. VII, respectivamente).
Producción de huevos. (Base gallina día). Del análisis en conjunto de los diferentes tratamientos se puede apreciar una ligera tendencia a mejorar la producción de huevos a medida que las raciones tienen mayor contenido en Ca, excepto en el caso del tratamiento IV en que hay una pequeña baja en el índice de producción. Probablemente una prolongación del ensayo haría más notorias las diferencias por cuanto los efectos de las deficiencias en calcio se van acumulando debido al desgaste del hueso medular al no proporcionarse en la dieta la cantidad adecuada de Ca.
Respecto a la producción expresada como g de huevo/ave/día, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.
Peso de huevo. Se puede apreciar en el cuadro de resultados 4 que los tratamientos con niveles deficientes de calcio, tanto con conchuela como con cáscara, presentaron una clara deficiencia en su calidad (grosor), pero entre ellos no hubo diferencias. Cabe destacar el hecho que los tratamientos con niveles

CUADRO 5

CONTENIDO DE Ca Y P EN FECAS DE PONEDORAS

Calcium and phosphorus content in laying hen excret

Tratamientos Treatments	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Ca (%) ^a	22,00	23,44	23,98	25,27	16,79	16,91	20,55	18,71
P (%) ^a	4,84	6,11	6,54	6,04	5,48	5,38	6,20	6,23

^a Base 100% M.S. - Dry matter basis.

CONCLUSIONES

1. Tanto las cáscaras tratadas como aquellas de huevos incubados presentan un contenido de calcio igual o superior a la conchuela, además un porcentaje importante de proteína, especialmente las de huevos incubados.
2. El método de lavado y desinfección de las cáscaras aquí descrito proporciona un producto estable y apto para ser adicionado a dietas de aves.

3. La producción de huevos y el peso de ellos no se ven alterados al reemplazar la conchuela por las cáscaras tratadas.

4. La calidad de la cáscara (grosor) se afecta sólo por el nivel de calcio utilizado, pero no por el tipo de suplemento.

5. La conchuela es mejor utilizada que los desechos de cáscara, posiblemente por su paso lento hacia el intestino.

RESUMEN

Se analizó la composición proximal y el contenido de calcio y fósforo de cáscaras de huevo procedentes de una planta de quebrado y sometidas a un proceso de lavado y desinfección. Las cáscaras tratadas fueron adicionadas en diferentes niveles, a dietas de ponedoras, y comparadas con conchuela.

El proceso efectuado a las cáscaras proporciona un producto estable y apto para su uso en aves.

Se destaca el alto contenido de calcio de las cáscaras (36,7%), siendo similar al de la conchuela. Además, las cáscaras proporcionan otros nutrientes importantes como el fósforo (0,13%) y proteína (4,4-10%).

Los resultados del ensayo en ponedoras indican diferencias significativas sólo en la calidad (grosor) de la cáscara, siendo inferior en los tratamientos deficientes en calcio para ambos suplementos. Respecto a la eliminación de calcio en las fecas, ésta fue significativamente superior en los tratamientos que contenían cáscara como suplemento. La eliminación de fósforo no se vio afectada.

LITERATURA CITADA

- ALLCROFT, W. M., 1964. Incubation and Hatchery Practice. Ministry of Agric., Fisheries and Food. London, Bull. Nº 148, p. 7.
- ARVAT, V. and S. W. HINNERS, 1973. Evaluation of Egg Shells as a low cost Calcium Source for Laying Hens. Poul. Sci. 51: 1996 (Abstr.).
- GILBERT, A. B., 1971. En Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl. D. Y. Bell and B. M. Freeman. Academic Press Inc., London (3), p. 1394.
- TEREPKA, 1963. Expt. Cell Res. 30: 171-182.
- VANDEPOPULIERE, J. M.; H. V. WALTON and O. J. COTTEVILL, 1975. Nutritional Evaluation of Shell Meal. Poul. Sci. 54: 131-135.
- WALKER, J., y Cía., 1969. La comercialización avcs y huevos en Chile. CORFO (7), p. 6.
- WALTON, H. V.; O. J. COTTEVILL and J. M. VANDEPOPULIERE, 1973. Composition of Shell Meal from Egg Breaking Plants. Poul. Sci. 52: 1836.
- WILCKE, H. L., 1940. Egg shells good Poultry U.S. Egg Poultry Magazine, 46: 617-618.

INFLUENCIA DEL MANEJO Y EPOCA DEL AÑO AL NACIMIENTO EN LOS NIVELES DE INMUNOGLOBULINAS SÉRICAS EN TERNEROS DE LECHERIA RECIEN NACIDOS¹

Influence of Management and Seasonal Variation in Serum Immunoglobulin concentration in Newborn Calves

GONZALEZ, F.², VILLOUTA, G.³, FERRANDO, G.²

SUMMARY

Serum immunoglobulin concentration of 29, zero to sixty day-old calves, under two different management systems and born in Winter or Spring, were estimated using the Zinc Sulphate Turbidity Test. Animals were assigned to three groups: in groups I and II calves were born outdoors in Winter and Spring, respectively. In each case, they were kept with their dams for 8 days after parturition. Calves in group III were born indoors, during Spring time, and left with their dams only for 24 hours.

Serum immunoglobulin concentration increases significantly between 0 and 7 days of age in all groups ($p \leq 0.001$), but this increases did not differ among groups. In addition, it was possible to observe significant decreases between 7 and 30 days of age only in groups II and III ($p \leq 0.05$).

Neither the management systems nor the seasons of the year influenced significantly the immunoglobulin levels when these values were expressed in Turbidity Units.

From the serum immunoglobulin levels, absorption values were calculated and expressed in terms of Ig (gr)/kg body weight. So, it was possible to observe significantly higher values in groups II and III in relation to group I ($p \leq 0.05$).

This results allow to conclude that the season of the year at birth influence the absorption of immunoglobulin from colostrum by newborn calves, but the management system does not influence the efficiency of absorption, since in both systems the period of maximum absorption is covered. According this, Spring would be the best season to obtain the highest absorption of colostrum immunoglobulin.

INTRODUCCION

La importancia de la alimentación calostroal en la adquisición de inmunidad pasiva en terneros recién nacidos ha sido ampliamente demostrada (Smith y Little, 1922; Mc Ewan, *et al.*, 1970 a; Fischer *et al.*, 1971; Boyd, 1972; Thomas y Swann, 1973).

Numerosos factores parecen influenciar los niveles de inmunoglobulinas séricas que alcanzan los terneros en los primeros días de vida, principalmente relacionados con la cantidad

de calostro ingerido (Mc Ewan *et al.*, 1970 b), la concentración de inmunoglobulinas calostrales (Mc Ewan *et al.*, 1970 b), la edad al momento del primer amamantamiento (Selman *et al.*, 1971 a), peso del ternero al nacimiento (Kruse, 1970 a; Selman *et al.*, 1971 a, b; Boyd, 1972), lugar de nacimiento (Selman *et al.*, 1971 a), además de la eficiencia de absorción intestinal a las inmunoglobulinas (Kruse, 1970 b; Boyd, 1972).

Algunos autores suponen la influencia de otros factores, principalmente relacionados con

¹ Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el Nº 18/76. Fecha de recepción: 14/IV/76.

² Grupo Fisiología, Facultad Medicina Veterinaria, Universidad de Chile.

³ Grupo Patología Clínica, Facultad Medicina Veterinaria, Universidad de Chile.

la habilidad del tracto digestivo del ternero para absorber inmunoglobulinas. En este sentido se ha demostrado el efecto positivo de la presencia materna en los niveles de absorción, posiblemente a través de un mecanismo de tipo corticoadrenal (Smith *et al.*, 1967; Kruse, 1970 a).

La importancia de estos factores parece estar condicionada al sistema de manejo predial, en directa relación con las condiciones climáticas que imperen en una región o país determinado; de ahí que los datos de que se dispone en la literatura sean a veces discordantes.

En nuestro país, se plantea la interrogante de poder determinar el sentido en que las condiciones climáticas y los sistemas de manejo predial en la crianza de terneros influyen en los niveles de inmunidad que ellos alcanzan.

En el presente ensayo se pretende estudiar la influencia de dos sistemas de manejo (los más comúnmente utilizados en el país) y dos diferentes estaciones al nacimiento sobre los niveles de inmunoglobulinas séricas que alcanzan los terneros y analizar sus variaciones en relación a la edad del animal.

MATERIALES Y METODOS

Este ensayo fue realizado en dos lecherías de la zona central del país, las que han sido denominadas como A y B⁴. Se utilizaron 3 grupos de terneros mestizos holandeses, de ambos sexos, 29 animales en total, nacidos en distinta época del año, los que fueron mantenidos bajo las condiciones de manejo propias para cada predio.

Los grupos I y II corresponden a terneros nacidos en el predio A en invierno y primavera, respectivamente, los que permanecen con sus madres, en potrero, hasta los 7 días de edad ingiriendo calostro ad-libitum. El grupo III está formado por terneros del predio B, nacidos en primavera, y que permanecen con sus madres, en corrales de maternidad, durante las primeras 24 horas de vida.

Posteriormente, y hasta los 60 días de edad los terneros de los grupos I y II permanecieron en jaulas individuales, bajo techo, y los del grupo III fueron mantenidos en casetas individuales, al aire libre.

Todos los terneros recibieron una alimentación similar en base a sustituto lácteo Denka-

vit (R) y además, a partir de los 10 días de centrado de iniciación y heno ad-libitum.

Muestras de sangre fueron obtenidas del ternero por punción de la vena yugular a los 0 día, antes de la primera ingesta de calostro, y luego a los 7, 15, 30 y 60 días de vida, respectivamente.

Los terneros fueron pesados al momento de nacer y luego periódicamente coincidiendo con los momentos de muestreo. Se anotó, además, su estado sanitario.

En los sueros sanguíneos se determinó la concentración de inmunoglobulinas séricas (Ig), usando el test de Turbidez con el reactivo de zinc (Mc Ewan *et al.*, 1970 c). La concentración de inmunoglobulinas séricas fue expresada en Unidades de Turbidez (U.T.).

Las inmunoglobulinas fueron, además, expresadas en términos de Ig séricas totales por kg de peso corporal. Para ello, los sueros fueron transformados a g/100 ml de suero utilizando la ecuación de regresión "y = 0,0001x - 0,24" (García, 1974), asumiendo un volumen de plasma total correspondiente al 8% del peso corporal (Mc Ewan *et al.*, 1970 b). La cantidad de inmunoglobulinas totales absorbida por el ternero fue calculada multiplicando la diferencia en la concentración de inmunoglobulinas séricas, antes y después del período de ingestión de calostro, por el volumen de calostro.

Los valores de inmunoglobulinas séricas expresados en U.T. y en g/kg de peso corporal fueron sometidos a análisis de varianza (Steel y Rolhf, 1969). En los casos en que el análisis de varianza arrojó diferencias estadísticamente significativas, las medias fueron comparadas mediante el Test de Student - Newman - Keuls' (Steel y Torrie, 1960).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1 se presentan los niveles de inmunoglobulinas séricas (U. T.) en los terneros nacidos en la misma época del año sometidos a sistemas de manejo diferentes (grupos I y III).

En ambos grupos, existió un aumento significativo en los valores de turbidez entre los 0 y 7 días de edad ($p \leq 0.001$), como así también se observó diferencias significativas entre los 7 y 30 días de edad ($p \leq 0.05$). No hubo

diferencias significativas en los valores de turbidez entre ambos grupos a lo largo de todo el período de muestreo. Los dos sistemas de manejo analizados parecen no influenciar mayormente los niveles de inmunoglobulinas séricas en terneros nacidos en la misma época del año. Ambos siste-

mas aseguran una adecuada absorción de inmunoglobulinas calostrales, dado que el tiempo que permanecen los terneros con sus madres cubre el período de mayor eficiencia de absorción intestinal de las inmunoglobulinas (Mc Ewan *et al.*, 1970 b; Selman *et al.*, 1971, b; Villouta *et al.*, 1974).

CUADRO 1

CONCENTRACION DE INMUNOGLOBULINAS SÉRICAS EN TERNEROS SOMETIDOS A DIFERENTE MANEJO Y NACIDOS EN LA MISMA EPOCA DEL AÑO (PRIMAVERA)

Serum immunoglobulin levels in newborn calves under two different management and born in Spring

Grupos Groups	Nº de Animales Nº of Animals	Inmunoglobulinas Séricas Serum Immunoglobulins		Días de Edad Days of age			
		(U.T. ± 2S)	(T.U. ± 2S)	7	15	30	60
I	10	1,06 ^a ± 0,70	33,79 ^b ± 5,43	31,70 ^{bc} ± 6,02	28,17 ^c ± 3,67	26,29 ^c ± 2,98	
III	7	2,74 ^a ± 1,39	37,55 ^b ± 3,41	33,88 ^{bc} ± 6,35	27,74 ^c ± 4,82	24,81 ^c ± 2,65	

en línea, valores con diferente superscripto indican diferencias estadísticamente significativas (a - b, c : $p \leq 0.001$; b - c : $p \leq 0.05$).

Los valores de turbidez para los grupos I y II sometidos al mismo sistema de manejo, pero nacidos en distinta época del año se presentan en el cuadro 2. En ambos grupos se observó una diferencia significativa entre los valores de turbidez a los 0 y 7 días de edad ($p \leq 0.001$). Los terneros nacidos en invierno (grupo I) no presentaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de turbidez en relación a la edad. Se observó también que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los valores de turbidez al comparar ambos grupos en los diferentes momentos de muestreo.

Estas observaciones indican que la época del año en la que nacen los terneros tampoco influenciaría los niveles de inmunoglobulinas séricas, cuando se consideren sistemas de manejo similares. Estas observaciones son coincidentes con las indicadas por Smith *et al.*, 1967. Sin embargo, Selman *et al.* (1971, a, b) y Boyd (1972) señalan que terneros nacidos en primavera alcanzan concentraciones de inmunoglobulinas séricas más altas que los nacidos en épocas de invierno. Estos autores conclu-

yen que las diferencias estacionales observadas se deberían más bien a la menor vigorosidad de los terneros nacidos en épocas desfavorables, lo cual conduciría a un retardo en el tiempo del primer amamantamiento y a un menor consumo de calostro, que a alteraciones en la absorción intestinal.

Aparentemente, la habilidad de absorción es influenciada principalmente por la edad del ternero al momento del primer amamantamiento, no siendo afectada ni por la cantidad de calostro ingerido, ni por la concentración de inmunoglobulinas en el calostro (Kruse, 1970, a; Mc Ewan *et al.*, 1970, b). Cabe señalar que tanto la producción de calostro como la concentración de inmunoglobulinas calostrales no son influenciadas por la época del año (Kruse, 1970, a).

Al comparar los valores de turbidez en terneros nacidos en distinta época del año, y sometidos a manejos diferentes (grupos I y III) se observan diferencias estadísticamente significativas con posterioridad a la ingestión de calostro ($p \leq 0.05$), en los valores alcanzados a los 7 días de edad. En relación a estas ob-

⁴ Predio A: Est. Exp. "Pirque", Universidad Católica de Chile, Pirque, Santiago.
Predio B: Esc. Agrícola San Vicente de Quimávida, Doñihue, Provincia de O'Higgins.

servaciones no es posible precisar el grado de influencia de una u otra variable sobre los niveles de inmunidad alcanzados por los terneros, pudiendo pensarse que un posible mecanismo de acción estaría dado por una acción de factores ambientales y de manejo.

ros, pudiendo pensarse que un posible mecanismo de acción estaría dado por una acción de factores ambientales y de manejo.

CUADRO 2

CONCENTRACION DE INMUNOGLOBULINAS SERICAS EN TERNEROS SOMETIDOS AL MISMO MANEJO (PREDIO A) Y NACIDOS EN DIFERENTES EPOCAS DEL AÑO (INVIERNO Y PRIMAVERA)

Serum immunoglobulin levels in newborn calves under the same management and born in Winter and Spring

Grupos Groups	Nº de Animales Nº of Animals	Días de Edad Days of age				
		0	7	15	30	60
I	12	1,81 ^a ± 1,42	29,57 ^b ± 5,55	28,85 ^b ± 5,97	27,50 ^b ± 4,36	26,47 ^b
II	10	1,06 ^c ± 0,70	33,79 ^d ± 5,43	31,70 ^{de} ± 6,02	28,17 ^c ± 3,67	26,29 ^c

ab : en línea, valores con diferente superscripto indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.001$).
cde: en línea, valores con diferente superscripto indican diferencias estadísticamente significativas ($c - d, e : p \leq 0.05$).
d - e : $p \leq 0.05$.

CUADRO 3

CONCENTRACIONES DE INMUNOGLOBULINAS SERICAS EN TERNEROS SOMETIDOS A DIFERENTE MANEJO Y NACIDOS EN DISTINTA EPOCA DEL AÑO

Serum immunoglobulin levels in newborn calves under two different management and born in different seasons

Grupos Groups	Nº de Animales Nº of Animals	Días de Edad Days of age				
		0	7	15	30	60
I	12	1,81 ^a ± 1,42	29,57 ^{b*} ± 5,55	28,85 ^b ± 5,97	27,50 ^b ± 4,36	26,47 ^b
III	7	2,74 ^c ± 1,39	37,55 ^{d*} ± 3,41	33,88 ^{de} ± 6,35	27,74 ^c ± 4,82	24,81 ^c

ab en línea, valores con diferentes superscripto indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.001$).
cde: en línea, valores con diferentes superscripto indican diferencias estadísticamente significativas ($c - d, e : p \leq 0.05$).
* en columnas, valores con asterisco indican diferencia estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

El comportamiento de las inmunoglobulinas séricas en relación a la edad de los animales se presenta en la figura 1. Los valores de turbidez son mínimos y muy similares entre sí al nacimiento en los 3 grupos.

Estos valores aumentan notoriamente luego

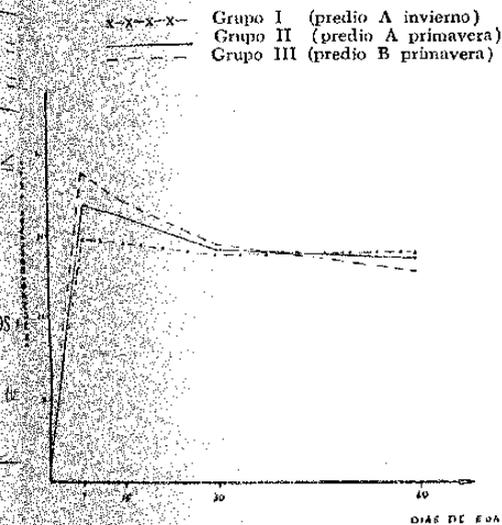
de la ingestión de calostro, alcanzando los máximos a los 7 días, siendo más alto en el grupo III. A partir de este momento disminuyen los valores de turbidez disminuyendo esta disminución más marcada en los grupos que alcanzan los más altos

postcalostrales, de manera que a los 30 días los niveles de inmunoglobulinas tienden a estabilizarse, manteniéndose con leves variaciones entre los grupos. Es probable que niveles altos postcalostrales impliquen una aceleración del proceso catabólico normal de las inmunoglobulinas.

FIGURA 1

CONCENTRACION DE INMUNOGLOBULINAS SERICAS EN TERNEROS SOMETIDOS A DIFERENTE MANEJO Y NACIDOS EN DISTINTA EPOCA DEL AÑO EN RELACION A LA EDAD

Serum immunoglobulin concentration in dairy calves born in Winter and Spring under two different management in relation with age.



CUADRO 4

ESTIMACION DE INMUNOGLOBULINAS SERICAS ABSORBIDAS POR EL TERNERO EN FUNCION DE SU INCREMENTO ENTRE LOS 0 Y 7 DIAS DE EDAD

Absorption rate of serum immunoglobulin levels in newborn calves estimated by their increase between 0 and 7 days of age

Grupos Groups	Aumento Ig séricas (g/100 ml) increase in serum Ig	Peso corporal promedio (kg) Body weight	Ig totales absorbidas (g) Total Ig absorption	Ig totales absorbidas por kilo de peso (g/kg) Total Ig absorption per kg body weight
I	1,38	35,40	39,08	1,10 a
II	1,67	38,25	51,10	1,35 b
III	1,80	40,16	57,81	1,43 b

* En columnas, valores con diferentes superscripto indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

EFFECTOS DEL RIEGO SOBRE EL MICROCLIMA Y LA MESOFAUNA DE TERRENOS CULTIVADOS DE CHILE CENTRAL ¹

Effects of irrigation on soil microclimate and mesofauna of cultivated fields in the central zone of Chile

ERNST R. HAJEK ² y FRANCISCO SAIZ ³

SUMMARY

Irrigation by flooding from field ditches is used in the central zone of Chile. In this investigation we evaluated the influence of flooding irrigation on soil microclimate and mesofauna. Microclimatic observations, specially soil temperature and moisture were made prior, during and after irrigation. Concomitantly soil fauna was extracted and characterized through density and diversity. Increase in the amount of water produces a short term increase in faunal density in the three layers examined (A = 0-5 cm; B = 5-15 cm; C = 15-30 cm depth). Later the density effects of irrigation are dependent on soil depths. Water increased short and long term faunal diversity in all the layers. In the upper layers but not in the lower layers a high density and diversity is maintained. The situation of Protura is particularly emphasized. It is concluded that irrigation is a strong modifier of the thermal, hydric and biological structure of soil and some policies are proposed on frequency and intensity of irrigation for optimal long term yields.

INTRODUCCION

En la zona central de Chile es muy frecuente la aplicación de la técnica de riego por inundación. Esta consiste en la inundación total de los terrenos, lo que implica sucesivas alteraciones de períodos secos y húmedos del suelo.

El procedimiento obliga a plantearse una serie de interrogantes sobre el efecto de tal práctica tanto en las condiciones microclimáticas del suelo como en el comportamiento de su fauna. Las principales son: efecto temporal del riego en los perfiles de temperatura y humedad del suelo, efectos sobre la densidad y diversidad de la fauna del suelo, efecto del gradiente hídrico en la distribución temporal de organismos euedáficos.

Fritschen y Nixon (1967) establecen que las modificaciones físicas provocadas por el riego se refieren principalmente a la temperatura, a la presión de vapor y al balance de

energía, siendo interdependientes. La energía incidente (el sol como fuente primaria) en un suelo desnudo se reparte por reflexión, radiación térmica, calentamiento del suelo, calentamiento del aire y evaporación. Al humedecerse dicha superficie con el riego aumentará la energía utilizada en evaporación, cambiará el color y, consecuentemente, disminuirá la energía reflejada. Paralelamente, la evaporación, que es el mayor difusor de calor, disminuye la temperatura de superficie, reduciendo así la radiación térmica, el flujo de calor en el suelo y la energía disponible para calentar el aire.

En relación a la mesofauna del suelo, se ha comprobado una menor variedad de especies y una menor densidad relativa de individuos (densidad específica menor) en los terrenos cultivados sometidos a riego, que en los naturales de que provienen, siendo este efecto mayor cuanto más se alejan de la condición natural inicial. En efecto, la alteración es mayor

¹ Publicación autorizada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 81/76. Fecha de recepción: 26/IV/76.

² Laboratorio de Ecología, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad Católica de Chile, Santiago.

³ Laboratorio de Ecología, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Católica de Valparaíso.

en los terrenos de Chile central sometidos a riego por tendido que en los cultivados de la zona valdiviana con irrigación natural (di Castri, 1963; Sáiz y di Castri, 1971).

Por lo tanto, es importante analizar la participación real de ciertas prácticas de riego en el empobrecimiento de la mesofauna de los terrenos cultivados.

MATERIAL Y METODOS

La experiencia se desarrolló durante el período estival en una pradera mixta de alfalfa, trébol y gramíneas, ubicada en la comuna de San Bernardo, Santiago. Los suelos corresponden a la serie Maipo (IREN-CORFO, 1964). Mientras duró la experiencia no hubo pastoreo en el sector de experimentación.

a) *Características del suelo.* Arena 45%, arcilla 30%, limo 25%, materia orgánica 2,5% promedio, carbono 1,5%, pH 7,8.

b) *Obtención de datos microclimáticos.* Los datos de temperatura del suelo se obtuvieron a 0,5, 10, 20, 30, 60 y 90 cm de profundidad, mediante termómetros de mercurio en vidrio, realizándose las observaciones cada 3 horas durante 24 días, correspondiendo el riego al tercer día de medición. Los datos obtenidos se interpretaron a través de tautocronas, isopletas y de la diversidad térmica, expresada a través de la desviación estándar diaria de los datos.

El contenido de agua del suelo se obtuvo por el método gravimétrico, secándose las muestras a 105° C. La obtención de muestras se realizó en fechas y estratos coincidentes con las recolecciones de fauna.

En el día del riego se midió periódicamente la temperatura del agua a la entrada del trero y en la superficie en el sector experimental. El riego duró desde las 9 a las 15 horas.

c) *Obtención de datos faunísticos.* El terreno fue dividido en 32 parcelas agrupadas en cuatro bloques de 8 parcelas cada uno. Por sorteo al azar se eligió una cada bloque y se extrajo muestras de suelo a las 0, 1, 2, 5, 9, 14 y 20 días después del riego. En cada oportunidad se tomaron tres estratos (0-5, 5-15 y 15-30 cm de profundidad). La extracción de la fauna de las muestras de suelo se realizó en agosto de Berlese-Tullgren (Covarrubias y Shannon, 1971). Las mediciones del parámetro de diversidad se hicieron mediante la fórmula de Shannon (Shannon y Weaver, 1949).

RESULTADOS Y DISCUSION

a) ASPECTOS MICROCLIMÁTICOS

1. *Temperatura del suelo*

En el sistema de representación gráfica de tautocronas (Geiger, 1961) se definen las situaciones generales en cuanto a la expresión del perfil térmico. Cuando el balance de radiación es positivo, las máximas temperaturas se producen a nivel de la superficie del suelo y decrecen al profundizar ("Einstrahlungstypus", E.). La segunda situación corresponde a un balance de radiación negativo, con temperaturas mínimas en superficie y el aumento progresivo de ellas con la profundidad ("Ausstrahlungstypus", A.).

La figura 1-a muestra un perfil térmico en que se visualizan en forma muy clara los dos tipos establecidos por Geiger (1961), característico de un día de verano y de suelo seco (grandes oscilaciones térmicas en superficie). Dos días después, durante el riego (figura 1-b), se mantiene la presencia del tipo "A" y tiende a desaparecer el tipo "E", reflejando características de suelo húmedo y de invierno (baja temperatura y oscilaciones térmicas pequeñas). Finalmente, dos días después (figura 1-c) se restablece el perfil térmico propio del suelo antes del riego.

Desde el punto de vista de la progresión de la onda térmica (figura 2-b) el riego actúa interfiriéndola y provocando un desorden en el gradiente térmico, homogeneizando las temperaturas y tendiendo a mantener isotermas de temperaturas altas cerca de la superficie.

Como una manera de integrar la información de tautocronas y de isopletas en un valor numérico único, utilizamos la desviación estándar (s); un alto valor de esta medida indica fuertes oscilaciones térmicas. Esta expresión puede considerarse como una medida de diversidad térmica. Con el fin de ilustrar el nivel general en que se producen las oscilaciones hemos incorporado la media (\bar{x}).

En el cuadro 1 se comprueba la menor diversidad térmica a medida que se profundiza, y se deduce que el riego provoca una dismi-

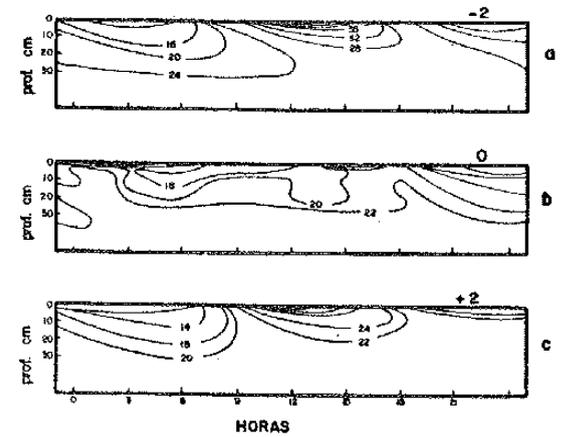


FIGURA 2

ISOPLETAS DE TEMPERATURAS (°C) DEL SUELO DOS DIAS ANTES DEL RIEGO (a), DIA DEL RIEGO (b) Y DOS DIAS DESPUES DEL RIEGO (c)

Isoleths of soil temperature (°C), two days prior (a), day of (b), and two days after irrigation (c).

CUADRO 1

MEDIA (\bar{x}) Y DESVIACION ESTANDARD (s) TERMICAS DIARIAS

Means and standard deviations of daily temperatures

Nivel	Días antes o después del riego (0)							
	-2	0	1	2	5	9	14	
Superficie	\bar{x}	21.8	15.7	20.9	24.1	24.3	23.2	23.7
	s	15.44	8.31	14.63	15.86	17.48	13.78	13.70
-5 cm	\bar{x}	24.7	19.5	18.5	20.4	22.3	21.9	23.5
	s	5.15	2.64	5.44	5.78	5.67	6.63	6.60
-10 cm	\bar{x}	23.4	20.2	10.5	20.7	22.4	21.8	21.9
	s	5.77	2.65	4.61	4.38	4.66	4.39	4.47
-20 cm	\bar{x}	24.0	21.1	19.1	20.1	21.6	22.1	22.5
	s	2.62	1.54	2.10	2.23	2.18	2.18	2.68
-30 cm	\bar{x}	24.5	23.9	21.4	21.3	22.4	23.2	23.2
	s	0.69	0.83	0.68	0.61	0.75	0.74	0.77

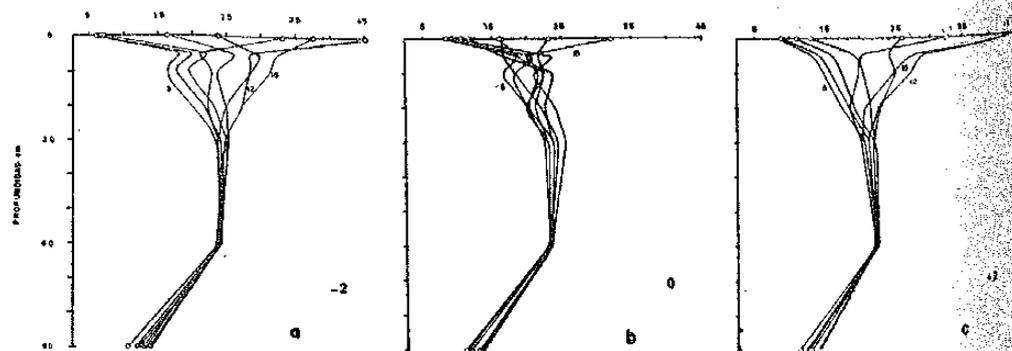


FIGURA 1

TAUTOCRONAS DE TEMPERATURA DEL SUELO. DOS DIAS ANTES DEL RIEGO (a), DIA DEL RIEGO (b) Y DOS DIAS DESPUES DEL RIEGO (c).

Tautochrones of soil temperature. Two days prior (a), day of irrigation (b) and two days after irrigation (c).

nación de la amplitud de las oscilaciones, o dicho de otro modo, homogeniza el perfil térmico.

El cuadro 2 permite seguir, mediante el impacto en la temperatura, la progresión y permanencia del agua en las diferentes profundidades del suelo (valores encerrados en marco). Cabe señalar que el impacto decrece en intensidad a medida que el agua profundiza en el suelo, llegando a igualarse con la temperatura del sustrato a profundidades mayores que 60 cm. En la base del cuadro 2 señalamos, a modo de referencia, las tempera-

turas del agua al ingresar al campo de experimentación.

2. Contenido de agua del suelo

El riego (figura 3-1) provoca una inversión del gradiente hídrico, estableciendo una secuencia decreciente del contenido de agua que no se mantiene más allá de 10 días después de su llegada, momento en que se reestructura el perfil que podríamos llamar típico de dicho terreno en el período de verano.

CUADRO 2

PROGRESION DEL IMPACTO TERMICO DEL AGUA DE RIEGO
Progression of the thermal impact of irrigation water

Días	horas	Profundidad del suelo (cm)					Temp. (°C) Máx. Cobertura
		0	-5	-10	-20	-30	
- 2	0	7.0	22.5	19.2	23.2	25.0	24.2
	3	5.8	20.0	17.3	21.5	24.3	24.0
	6	6.0	18.2	15.8	20.0	23.8	24.0
	9	33.0	20.6	23.1	22.0	23.6	23.9
	12	45.0	28.1	28.9	25.0	23.9	23.8
	15	37.5	32.3	31.8	27.2	24.7	23.8
0	18	23.5	30.0	27.8	27.0	25.2	23.8
	21	16.2	26.2	23.4	25.1	25.4	23.8
	0	10.5	24.0	20.6	24.1	25.4	23.7
	3	8.0	21.3	18.2	22.0	24.7	23.8
	6	8.0	19.0	16.2	20.1	24.0	23.7
	9	16.4	16.5	24.1	22.2	23.8	23.8
+ 1	12	16.2	18.5	22.1	20.0	23.9	23.8
	15	32.0	19.0	22.6	19.5	23.4	23.6
	18	23.2	21.5	22.6	21.1	23.2	23.7
	21	11.8	16.2	18.4	20.2	22.8	23.5
	0	8.0	14.2	16.4	18.8	22.5	23.4
	3	6.0	13.0	14.8	16.5	21.8	23.2
+ 2	6	5.5	12.0	13.7	17.5	21.3	23.2
	9	28.0	17.5	17.8	17.0	20.7	22.9
	12	40.0	22.8	23.3	19.0	20.5	22.8
	15	39.8	27.2	26.0	21.2	20.9	22.7
	18	27.0	23.1	24.4	22.1	21.7	22.5
	21	13.0	18.2	19.5	20.9	21.9	22.3
+ 2	0	11.0	16.2	17.5	19.2	21.8	22.3
	3	9.0	14.6	15.9	18.1	21.4	22.2
	6	8.8	13.2	14.8	17.2	20.9	22.3
	9	32.6	20.0	20.1	18.1	20.5	22.3
	12	46.5	27.2	24.9	20.5	20.5	22.1
	15	45.0	28.8	27.5	22.6	21.1	22.0
	18	26.0	24.0	25.3	23.1	21.8	21.9
	21	13.5	19.5	20.2	21.6	22.1	21.8

Temperatura del agua al entrar al potrero:
Hora: 9:00 12:00 15:00
°C: 12.0 13.5 14.8

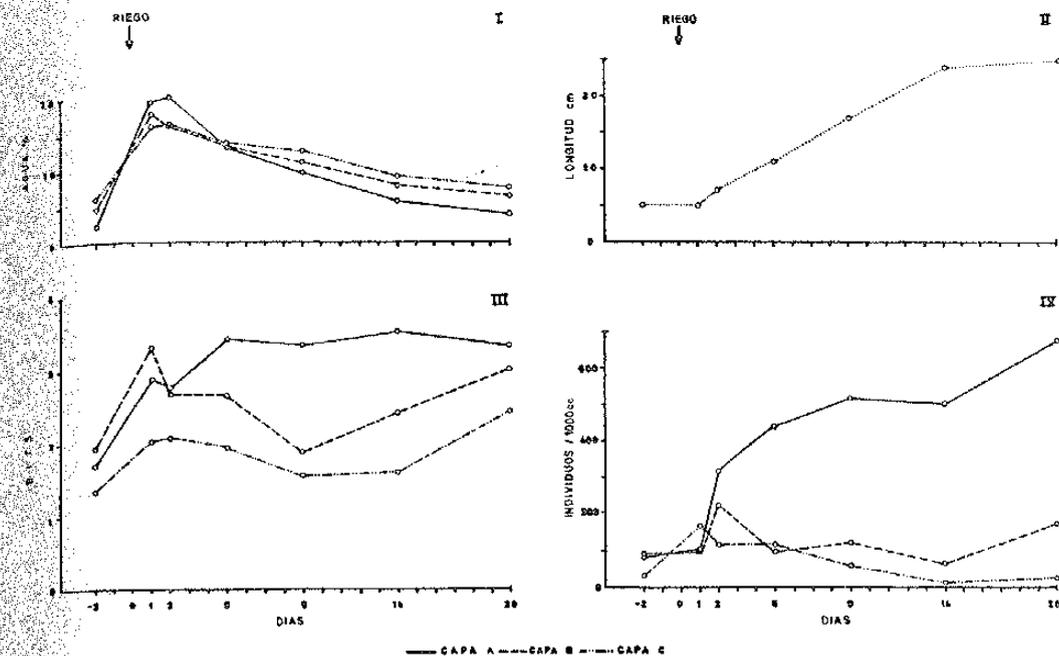


FIGURA 3

HUMEDAD DEL SUELO (I), CRECIMIENTO DEL PASTO (II), DIVERSIDAD (III) Y DENSIDAD DE MESOFAUNA EDAFICA (IV)

Soil moisture (I), growth of grass (II), diversity (III) and density (IV) of soil mesofauna.

3. Aspectos faunísticos

El aumento de la cantidad de agua por efecto del riego produce un concomitante incremento general de la densidad de la fauna en todas las capas consideradas (0-30 cm), siendo más notoria en la superficial (0-5 cm).

Pasado el efecto inmediato (3-4 días), el comportamiento de la fauna de superficie es diferencial al de profundidad (figura 3-IV).

Las capas profundas (5-30 cm) tienden a disminuir o a mantener un bajo nivel de densidad, mostrando una directa dependencia con el contenido hídrico del suelo. En superficie, en cambio, se manifiesta una tendencia siempre creciente ajena al decremento del contenido de agua en superficie. Explica este comportamiento la acción atractiva del pasto en buenas condiciones vegetativas (comparar curva de crecimiento, figura 3-II), lo que hace ingresar al campo de experimentación artrópodos de gran vagilidad (fitófagos y carnívoros) provenientes de sectores cercanos en fase de sequía, además de la permanencia, a nivel radicular superior, de elementos prove-

nientes de capas inferiores que han migrado en el momento del riego.

Un enfoque complementario, para conocer el efecto del riego en la fauna edáfica, es analizar su acción sobre la complejidad de ésta (figura 3-III).

La presencia de agua en el suelo (riego) determina un incremento de la complejidad faunística (diversidad específica) en todos los estratos analizados. Al igual que para la densidad, la capa superficial tiene un comportamiento diferencial manteniendo un alto grado de complejidad durante todo nuestro período de experimentación. Cabrían aquí las mismas explicaciones dadas anteriormente. En cambio, en capas más profundas disminuye la complejidad después del incremento inicial, aun cuando tiende a mantenerse ligeramente superior a los niveles iniciales. Su fuerte caída en las capas inferiores en el día 9 (nueve días después del riego) puede tener su explicación en una acción selectiva del desecamiento, la que afectaría fundamentalmente a los elementos menos xerófilos existentes en ella, determinando una caída brusca de la va-

riedad específica. El posterior incremento de la complejidad se explicaría por el desarrollo normal de los elementos xerófilos típicos de esos estratos (figura 3-III).

Con el análisis particular de un grupo euc-

dálico (*Protura*) se confirma lo anteriormente expuesto, a la vez que se demuestra específicamente el efecto del agua sobre un grupo de organismos (figura 4).

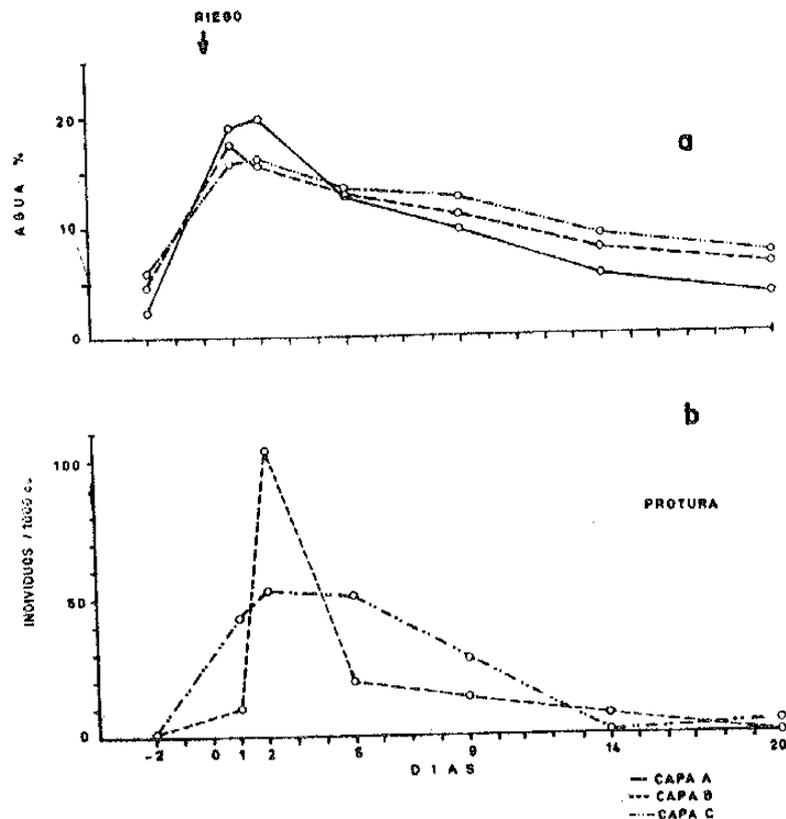


FIGURA 4

RELACIONES ENTRE AGUA DEL SUELO (%) Y DENSIDAD DE *PROTURA*

Relationship between soil moisture (%) and density of Protura.

Analizando la situación de *Protura* (figura 4) queda confirmada su condición de eucdático, al no ser detectado en los primeros centímetros de suelo. Su comportamiento respecto al contenido de agua del suelo lleva a pensar en dos factores como explicación: por una parte, la activación de estados anabióticos o latentes y, por otra, la existencia de migraciones verticales. El primer factor se demostraría por el incremento de densidad en forma casi inmediata al riego (figura 4), y el segundo por el hecho de que aparecen cronológicamente, primero, altas densidades en profundidad en

la capa C, invirtiéndose al día siguiente (migración hacia la superficie) para, al final del período de estudio, recuperar prácticamente las condiciones iniciales. Para mantener el planteamiento se asume que la mayor parte de la población de *Protura* se encuentra a profundidades superiores a los 30 cm, donde contenidos de agua son mayores (figura 4) y el resto posiblemente en estado de latencia, especialmente en la capa C (15-30 cm). Conocidos los grupos zoológicos comprometidos en este análisis, sus características biológicas y sus mecanismos de dispersión, descartamos

el aporte de fauna por el agua de riego en esta investigación. Su decremento notorio al noveno día después del riego, corroboraría la explicación dada anteriormente sobre la disminución de la complejidad faunística en esa misma fecha (figura 3-III).

CONCLUSIONES

Del análisis anterior queda claro que el riego tiene fuerte efecto modificador de las estructuras térmica, hídrica y biológica del suelo. Por lo tanto, cualquier práctica de riego que prolongue el período de inundación, someterá a la fauna a situaciones asfícticas y

migraciones irreversibles; igualmente, si se distancia en forma excesiva la frecuencia de riego, se someterá a la fauna a fuertes desniveles hídricos, aumentará la compactación del suelo (incrementada aún más por pastoreo) y permitirá que los niveles de agua se hagan críticos (punto de marchitez).

Esta situación es la que ha provocado que la composición mesofaunística de los terrenos cultivados en Chile central difiera fundamentalmente de la de terrenos naturales propios de la zona, influyendo negativamente en su fertilidad (di Castri, 1963, Sáiz y di Castri, 1971).

RESUMEN

En un terreno de la zona central de Chile habitualmente sometido a riego por tendido, se realizó un estudio experimental a fin de evaluar el efecto que este tipo de riego tiene sobre microclima y mesofauna del suelo. Se realizaron observaciones microclimáticas antes, durante y después del riego y se analizó particularmente temperatura y contenido de agua del suelo. Simultáneamente, en los tres estratos (A=0-5 cm; B=5-15 cm; C=15-30 cm), se tomaron muestras de suelo a los cuales se extrajo la mesofauna; ésta se caracterizó a través de densidad y diversidad.

El aumento de la cantidad de agua por el riego produce un incremento general de la densidad de la fauna en todas las capas consideradas; pasado este efecto del riego, se observa una diferencia de comportamiento de la fauna en superficie y en profundidad. La presencia del agua produce un incremento de la complejidad faunística en todos los estratos. A pesar del decremento del contenido hídrico de las primeras capas del suelo, tiende a mantenerse una alta densidad y diversidad de la fauna. Se analiza la situación a nivel de un grupo eucdático, *Protura*. Del análisis queda claro que el riego tiene un fuerte efecto modificador de las estructuras térmica, hídrica y biológica del suelo. A base de los resultados discutidos se hacen consideraciones sobre frecuencia e intensidad del riego recomendables.

LITERATURA CITADA

- CASTRI F. di., 1963. Estado biológico de los suelos naturales y cultivados de Chile central. Bol. Prod. Agr. 1 (2): 102-112.
- GOVARRUBIAS R. y F. SÁIZ, 1971. Sobre algunas condiciones de la extracción de fauna edáfica mediante embudos de Berlese-Tullgren. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile 32:49-66.
- HANSEN L. J. y P. R. NIXON, 1967. Microclimate before and after irrigation. En: Ground Level Climatology. AAAS Publ. 86. Washington.

GEIGER R., 1961. Das Klima der bodennahen Luftschicht. Vieweg. Braunschweig. (4ª ed.).

IREN-CORFO, 1964. Suelos. Programa aerofotogramétrico. Instituto de Investigación de Recursos Naturales CORFO. OEA-BID. Santiago.

SÁIZ F. & F. di CASTRI, 1971. La fauna de terrenos naturales e intervenidos en la región valdiviana de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile 32:5-16.

SHANNON C. E. & W. WEAVER, 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana.

MINERALES 2:1 Y 2:2 EN SUELOS VOLCANICOS DE CHILE. 2. Suelos derivados de toba riolítica en la región central ¹

2:1 AND 2:2 TYPE MINERALS IN VOLCANIC SOILS OF CHILE. 2. Soils derived from rhyolitic tuff of central region

SERGIO P. GONZALEZ MARTINEZ², EDUARDO BESOAIN MONASTERIO³

SUMMARY

Clay mineralogy of some soils derived from rhyolitic tuff in the central zone of Chile was studied comparing with that of volcanic ash soils which have developed in humid and well drained conditions in the south of Chile. Emphasis was given to 2:1 lattice type clay minerals.

Clay fraction of the sampled soils consists essentially of metahalloysite associated with a large amount of amorphous compounds such as glass, amorphous silica, "allophane-like" materials and variable amounts of montmorillonite, vermiculite, mica, quartz and albite. Primary minerals—mica, quartz and albite—are concentrated in the coarse fraction of the clay, while amount of metahalloysite, montmorillonite and vermiculite increases with diminution of particle size, indicating the character of secondary minerals. The association of metahalloysite and 2:1 species in the samples suggests that the soils developed under two different climates: the one, warm and humid, favours the formation of metahalloysite, and the other, warm and dry, corresponding to the present climate, has developed 2:1 species.

In contrast to the clay mineralogical composition of the tuffaceous soils, the clay fraction of volcanic ash soils in the south is generally composed of a large amount of allophane and imogolite with a very small amount of 2:1 and 2:2 clay minerals. The proportion of the content of 2:1 minerals to amorphous materials is quite different between both the groups—central tuffaceous soils and southern volcanic ash soils. Another remarkable difference can be seen in amorphous material: amorphous silica and "allophane-like" material in the former and allophane and imogolite in the latter. Climatic condition appears to exert a great influence on the clay mineralogical composition of pyroclastic soils.

INTRODUCCION

En las áreas de sedimentación del valle central y los valles interiores de las provincias de Santiago (Área Metropolitana) y O'Higgins y Colchagua (VI Región), se encuentran tobas riolíticas que, bajo las condiciones climáticas semiáridas imperantes, han desarrollado suelos diferentes a los originados de cenizas volcánicas en las regiones centro-sur y sur del país. Ambos grupos de suelos, no obstante tener en común un material parental rico en vidrios volcánicos, difieren en el orden

sistemático, morfológico y mineralógico, así como en la mayoría de sus propiedades.

Existen discrepancias respecto del origen de las tobas. Borde (1966) y Tricart *et al.* (1965), en base a una falta de clasificación de las cenizas, han sugerido que los depósitos se habrían formado mediante corrientes de barro originadas por deshielo glaciar y por cenizas riolíticas eruptadas por volcanes situados dentro de los valles. Segerstrom *et al.* (1964) admiten este origen de las tobas, pero estiman que las cenizas debieron producirse en volcanes ubicados en la cordillera. Brügger

¹ Publicación aprobada por el Comité Editor con el N° 88/76. Fecha de recepción: 16/VI/76.

² Ingeniero Agrónomo Ms. Sc. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables (DIPROREN), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Sucre 2397 (Ñuñoa), Santiago de Chile.

³ Ingeniero Agrónomo, Dr. Agr., DIPROREN, SAG, Sucre 2397 (Ñuñoa), Santiago de Chile.

(1950) consideró que las tobas eran morrenas de glaciación pleistocena y Karzulovic (1958) atribuyó a los depósitos una edad correspondiente a la segunda glaciación. Más recientemente, Guest y Jones (1970), tomando en cuenta el carácter no estratificado de estas formaciones y la escasa clasificación de las cenizas riolíticas constitutivas, llegaron a la conclusión de que se trataba de ignimbritas, formadas por flujos de piroclásticos y originadas por erupciones de volcanes en el valle mismo.

Las cenizas constitutivas son finamente granuladas, de color blanco pudiendo, en algunos casos, variar a pardo claro y rosado. La masa está constituida por fragmentos de vidrio en los que se engloban trozos de pomez y fragmentos líticos locales de tamaño variado y diversos cristales de tamaño reducido. La potencia de los depósitos puede variar desde centímetros a algunos metros.

Muchos suelos originados de estas tobas muestran depositaciones superficiales de sedimentos aluviales recientes, cuya granulometría y composición son heterogéneos. Tales perfiles exhiben, en consecuencia, una evidente discontinuidad litológica.

Estudios previos efectuados por los autores¹ revelaron que la fracción arcilla contenía, además de una proporción considerable de material no-cristalino, filosilicatos de los perfiles, el estudio de la arcilla 1 : 1 (metahalosita) junto a proporciones variables de minerales 2 : 1. Desde el punto de vista mineralógico, todos los suelos originados a partir de las tobas bajo las condiciones climáticas del valle central son bastante homogéneos.

El propósito de este trabajo es determinar el status mineralógico de la fracción arcilla en los suelos derivados de toba riolítica bajo condiciones climáticas semiáridas, con énfasis en los minerales 2 : 1 y 2 : 2 asociados. Los resultados se comparan con los obtenidos en suelos de cenizas volcánicas desarrolladas en condiciones de clima húmedo. Con estos antecedentes, se elabora una hipótesis de origen de los minerales de arcilla existentes.

MATERIALES Y METODOS

El cuadro 1 entrega antecedentes sobre la localización, clasificación y características mineralógicas generales de los suelos seleccionados.

CUADRO 1

UBICACION, CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS MINERALOGICAS DOMINANTES DE CUATRO SUELOS DERIVADOS DE RIOLITA PUMICITICA DE LA REGION CENTRAL DE CHILE

Location, classification and prevailing mineralogical characteristics of four soils derived from rhyolitic tuff of central region of Chile

Suelo	Ubicación ^a	Clasificación ^b	Mineralogía ^c
Alhué	3 km al N de Peralillo por camino Peralillo-Paredones. Comuna de Peralillo, Depto. de Sta. Cruz, Prov. de Colchagua (VI Región).	Durandepts	Dominantemente metahalosita con 35% de compuestos amorfos.
Caleuche	2 km al O de Peralillo por camino Peralillo-Población. Comuna de Peralillo, Depto. de Sta. Cruz, Prov. de Colchagua (VI Región).	Duraqualf	Dominantemente metahalosita con 40% de compuestos amorfos.
Culiprán	Asentamiento Culiprán. Comuna de Melipilla, Prov. de Santiago (Area Metropolitana).	Durandepts	Dominantemente metahalosita con 40% de compuestos amorfos.
Pudahuel	Camino Pudahuel-Noviciado, 5 km al O de Aeropuerto Internacional Pudahuel. Comuna de Pudahuel, Prov. de Santiago (Area Metropolitana).	Durandepts	Metahalosítico, con 50% de compuestos amorfos.

^a Datos de ubicación de los suelos Alhué y Caleuche extraídos del Informe Agrológico de la Provincia de Colchagua, 1975 (publicación preliminar), SAC. Ubicación del suelo Culiprán, facilitado por el Ing. Arnoldo Mellá L. Ubicación del suelo Pudahuel obtenido del Proyecto de Reconocimientos de Suelos del Área Norte (en ejecución), DIPROREN-SAG, 1974-1976.
^b De acuerdo al "Soil Taxonomy", realizada por el Ing. Agrónomo Ms. Sc. Julio Munita C.
^c Efectuada por los autores (Besoain y González Martínez, Mineralogía de algunos perfiles modales de suelos derivados de cenizas volcánicas de las regiones centro-sur y sur de Chile, 1972-1975. No publicado).

¹ Besoain M. E. y S. P. González Martínez, Mineralogía de algunos perfiles modales de suelos derivados de cenizas volcánicas de las regiones centro-sur y sur de Chile, 1972-1975. No publicado.

A fin de obviar los problemas derivados de la contaminación superficial moderna por sedimentos aluviales y dada la constancia mineralógica de los perfiles, el estudio de la arcilla se concentró en un horizonte profundo, el cual fue analizado detalladamente. No obstante la caracterización mineralógica generalizada mostrada en el cuadro 1 ha sido efectuada en todo el perfil.

La fracción arcilla (<2μ) se obtuvo por centrifugación, previa aplicación de ultrasonido (aparato Bio-Sonik III) y dispersión en medio alcalino (NaOH), ácido (HCl) o neutro (HOH). La materia orgánica fue eliminada por peroxidación (H₂O₂, 100 vol.). La caracterización de las muestras se realizó de acuerdo a la técnica de Mehra y Jackson (1960). La eliminación de los componentes amorfos (vidrios hidratados, o semihidratados, o amorfa, "allophane-like") se efectuó por disolución en ambiente alcalino caliente (Hashimoto y Jackson, 1960). Este último tratamiento mejoró sensiblemente los difractogramas, permitiendo una adecuada identificación de los minerales.

gramas, permitiendo una adecuada identificación de los minerales.

La arcilla fue subdividida en una subfracción gruesa (2-0,02μ) y otra media a fina (<0,02μ), siendo ambas analizadas vía difracción de rayos X.

El análisis de rayos X se efectuó en un aparato Philips-Norelco, con discriminador⁵ sobre muestras en orientación paralela. La identificación de los minerales de arcilla se realizó de acuerdo a los tratamientos normales de glicerolación y calentamiento a 500°C (Lucas et al., 1959).

RESULTADOS

Las figuras 1 a 5 muestran los difractogramas obtenidos sobre las diferentes muestras de arcilla analizadas, después del tratamiento de disolución de compuestos amorfos. El cuadro 2 resume la composición mineralógica de las muestras, en una base semicuantitativa.

CUADRO 2

ESTIMACION SEMICUANTITATIVA DE LA COMPOSICION DE LA FRACCION ARCILLA DE LOS CUATRO SUELOS DERIVADOS DE POMEZ RIOLITICA ANALIZADOS^a

Semi-quantitative approach of clay fraction mineralogical composition in the analyzed four soils derived from rhyolitic tuff

Suelo	Díametro (micrones)	Montmorillonita	Vermiculita	Mica	Amorfos	Metahalosita	Minerales primarios
Alhué	< 2	ausente	ausente	escaso	común	abundante	trazas
	2-0,2	ausente	ausente	escaso	común	común	trazas
	< 0,2	ausente	ausente	trazas	común	abundante	ausentes
Caleuche	< 2	bajo	ausente	común	común	abundante	escasos
	2-0,2	trazas	ausente	común	frecuente	común	bajo
	< 0,2	bajo	trazas	escaso	común	abundante	trazas
Culiprán	< 2	trazas	trazas	común	común	abundante	escasos
	2-0,2	ausente	ausente	común	frecuente	común	escasos
	< 0,2	trazas	trazas	escaso	común	abundante	trazas
Pudahuel	< 2	escaso	escaso	bajo	común	abundante	escasos
	2-0,2	trazas	trazas	bajo	frecuente	común	escasos
	< 0,2	escaso	escaso	escaso	común	abundante	trazas

^a La estimación semicuantitativa está basada en el contenido de material amorfo, obtenido por disolución alcalina en agua (Hashimoto y Jackson, 1960) y en la intensidad relativa de las líneas de difracción a 14, 10, 7, 3,34 y 3,20 Å. La escala empleada es la siguiente: ausente, trazas, escaso, bajo, común, frecuente, abundante. Nota: Se ha comprobado que, al igual a lo sucedido en los Andosoles (González Martínez y Besoain, 1976), la metahalosita presente en la arcilla de estos suelos experimenta una disolución importante al ser sometidas las muestras al tratamiento de disolución de compuestos amorfos (Hashimoto y Jackson, 1960).

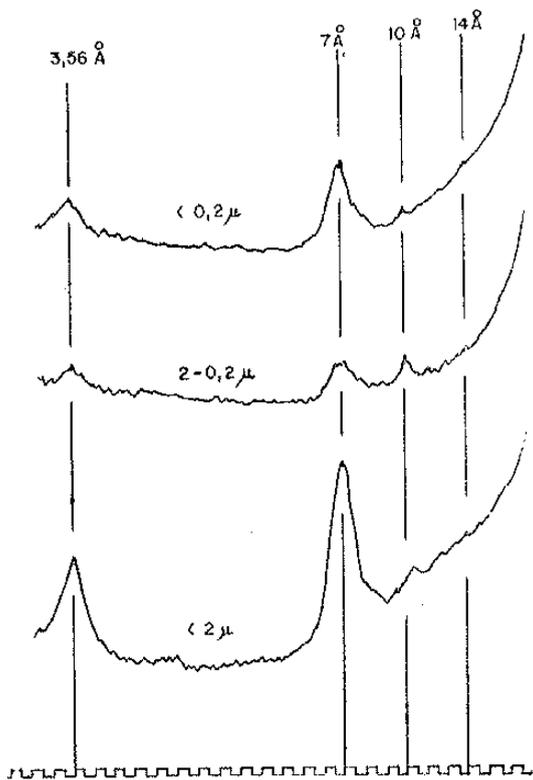
⁵ Filtro de Cu; filtro de Ni; ranuras de 1°, 0,2 mm y 1°, respectivamente. Fuente de energía de 35 kV y 20 mA. Presión = PHA window 2,1 V; PHA baseline 0,5 V. Constante de tiempo 5; atenuación 20; multiplicador 2.

La fracción arcilla del suelo Alhué (figura 1) está constituida, principalmente, por metahaloisita (reflexiones a 7,4 Å y 3,56 Å) la que se acumula en la subfracción de arcilla media a fina (< 0,2µ). Pequeñas cantidades de minerales primarios, como mica (9,99 Å), y trazas de cuarzo (3,34 Å) y albíta (3,20 Å) se encuentran, por el contrario, en la subfracción de arcilla gruesa (2-0,2µ). No se observaron reflexiones en la región de 14 Å.

FIGURA 1

DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS DESFERRIZADAS Y SIN AMORFOS DE LA FRACCIÓN ARCILLA DEL SUELO ALHUE

Alhue clay fractions. Diffraction patterns of samples, after deferrization and amorphous elimination.



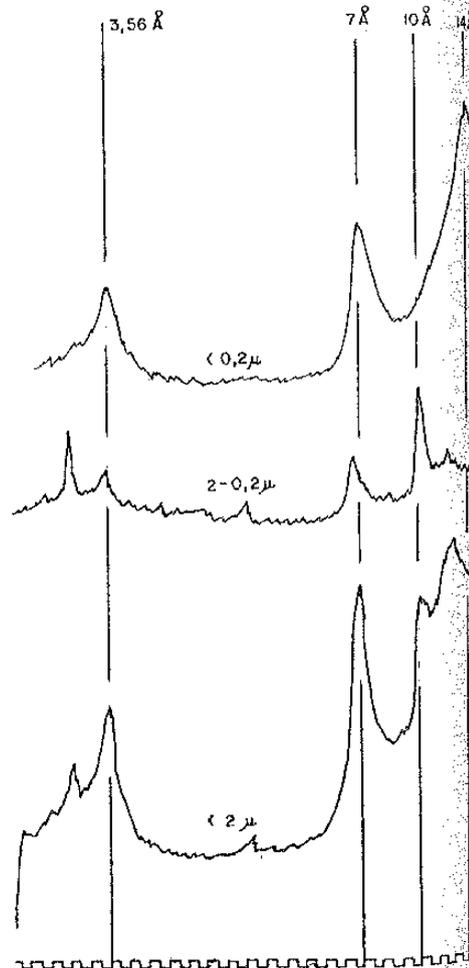
En el suelo Caleuche (figura 2), la fracción arcilla presenta un mayor contenido de minerales primarios, cuarzo (3,34 Å), albíta (3,20 Å, 3,18 Å) y mica, respecto del suelo Alhué; sin embargo, el mineral dominante continúa siendo la metahaloisita, la que aumenta gradualmente su contenido en la medida que disminu-

nuye el diámetro del gránulo. Se observa reflexión alrededor de 14 Å en la subfracción de arcilla media a fina, que identifica una especie 2:1 ó 2:2, presente en baja proporción.

FIGURA 2

DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS DESFERRIZADAS Y SIN AMORFO DE LA FRACCIÓN ARCILLA DEL SUELO CALEUCHE

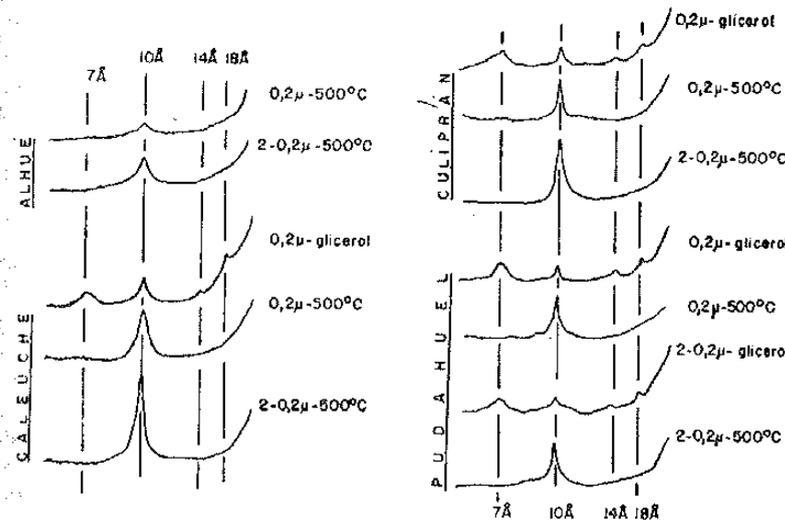
Caleuche clay fractions. Diffraction patterns of samples after deferrization and amorphous elimination.



ción. Los tratamientos diferenciales (figura 5) indican que esta última reflexión se corresponde a la presencia de filosilicatos (Aomine et al., 1972; Be-10A por calentamiento a 500° C, parte de la reflexión a 14 Å persiste a 14 Å (González Martínez y Besoain, 1975). En los suelos de toba riolítica, dominada por vidrios muestran la existencia de una mezcla de montmorillonita y vermiculita.

FIGURA 5

TRATAMIENTOS DE CARACTERIZACIÓN DE MINERALES DE ARCILLA: SOLVATACIÓN CON GLICEROL Y CALENTAMIENTO A 500° C POR 6 HORAS
Characterization treatments for clay minerals: glycerol saturation and 6 hours-heating at 500° C



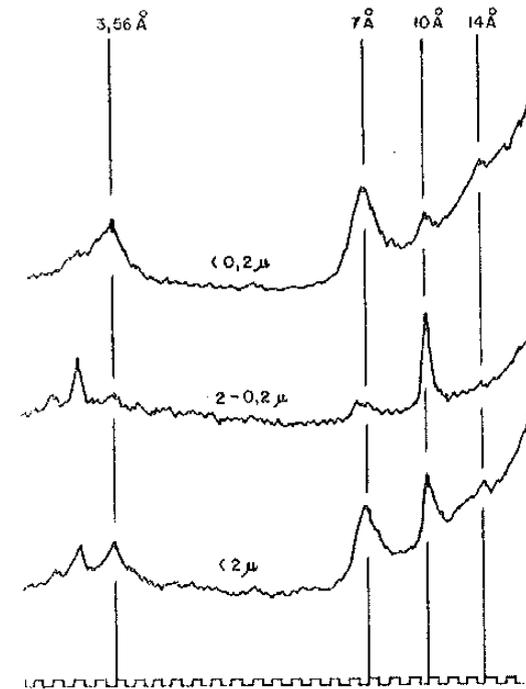
La asociación cristalina de los suelos Culipran y Pudahuel (figuras 3 y 4, respectivamente) es cualitativamente similar a la del suelo Caleuche y las diferencias sólo pueden establecerse en el rango cuantitativo. Asimismo, mantienen las tendencias de acumulación de minerales según la granulometría de las partículas.

DISCUSION

Al comparar las características mineralógicas de la arcilla de los Andosoles con las de los suelos derivados de toba riolítica, se advierten diferencias agudas motivadas tanto por la naturaleza del material parental como por las condiciones climáticas bajo las que se han desarrollado estos suelos. En los Andosoles, factores como la pluviometría elevada, la naturaleza básica de las cenizas y la adecuada permeabilidad del sustrato, determina que la arcilla esté dominada por compuestos amorfos, especialmente alófano, con formación minoritaria de filosilicatos (Aomine et al., 1972; Besoain, 1974; González Martínez et al., 1972; González Martínez y Besoain, 1975). En los suelos de toba riolítica, dominada por vidrios, se observan filosilicatos y actualmente, con escasa permeabilidad, por la compactación del sustrato y bajo

FIGURA 3

DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS DESFERRIZADAS Y SIN AMORFOS DE LA FRACCIÓN ARCILLA DEL SUELO CULIPRAN
Culipran clay fractions. Diffraction patterns of samples, after deferrization and amorphous elimination.



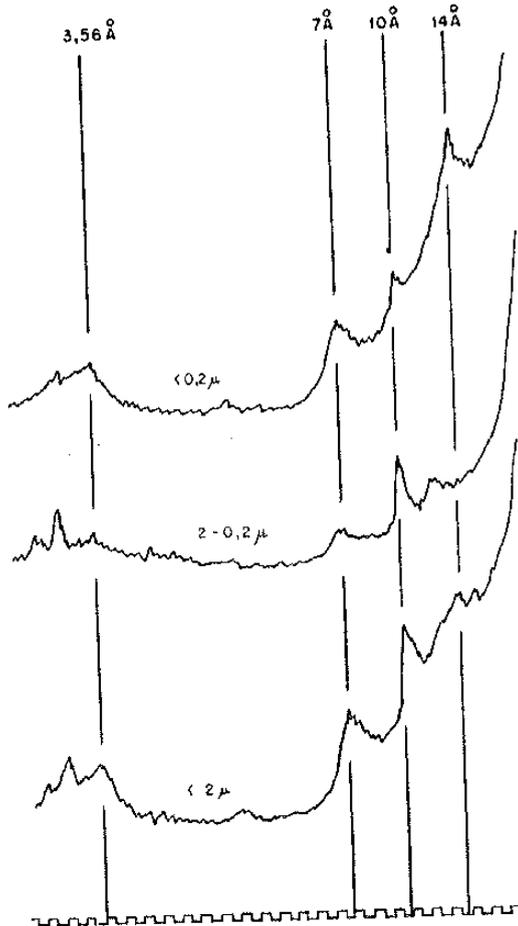
condiciones climáticas de baja pluviometría, la arcilla se encuentra dominada por una asociación cristalina secundaria, cuyos componentes más importantes son la metahalosita, montmorillonita y vermiculita; la mica existente es un mineral primario residual y la generación de alófana se ha visto, aparentemente, restringida.

En los suelos de toba riolítica no se detectó clorita, especie que normalmente se encuentra asociada a vermiculita y mica, en los Andosoles, aunque en proporciones restringidas (A-

FIGURA 4

DIFRACTOGRAMAS DE MUESTRAS DESFERRIZADAS Y SIN AMORFOS DE LA FRACCIÓN ARCILLA DEL SUELO PUDAHUEL

Pudahuel clay fractions. Diffractograms of samples, after deferration and amorphous elimination.



Francis Colmet-Daage, Comunicación personal, 1974.

mine *et al.*, 1972; González Martínez y Soaín, 1975).

Parece evidente que las condiciones climáticas y el drenaje ejercen una influencia decisiva sobre la evolución mineralógica de las cenizas volcánicas. Ello resalta cuando se comparan materiales afines; recientemente se estudió un depósito de pomez riolítica montmorillonita en el sur de Chile (Ensenada), sometido a una precipitación de ± 3.000 mm, donde se encontró que la arcilla está constituida esencialmente por alófana e imogolita, además de una pequeña proporción de vermiculita y clorita.

Las variaciones mineralógicas entre Andosoles y los suelos de este estudio también manifiestan en relación a su granulometría. En las fracciones más finas de la arcilla de los suelos de toba riolítica se concentran la metahalosita y los minerales con espacio basal de 14Å, en tanto que los minerales de 7Å y 10Å se localizan en las fracciones gruesas. Debido a este comportamiento es que se dice que la mica corresponde a un mineral primario residual, al paso que la montmorillonita, vermiculita y metahalosita son minerales secundarios, productos de neoformación o transformación.

Independiente del diámetro de las partículas, se comprueba una relación directa entre el contenido de mica y las otras especies en la arcilla de los suelos analizados. En el suelo de Alhué, que tiene un menor contenido de mica de las muestras estudiadas, no exhibe reflexiones a 14Å.

Con los antecedentes disponibles, la formación de los filosilicatos en estos suelos puede ser esbozada en forma general. Así, la génesis de metahalosita, por ejemplo, presenta serias objeciones teóricas bajo las condiciones ambientales actuales, que favorecen el desarrollo de formas kandíticas. Probable, por ello, que la asociación de especies 1:1 y 2:1 evidencie la acción de condiciones climáticas distintas.

La primera de estas fases climáticas correspondería a alta pluviometría y temperatura, marcada estacionalidad, determinante de un ambiente de meteorización ácido, intenso lavado de cationes, adecuado para la síntesis de metahalosita, probablemente vía alófana en la fase climática actual, con notoria acentuación

del carácter semiárido, ha estimulado la formación de especies 2:1. Es indudable que la génesis de metahalosita se vio favorecida por la calidad del material parental —vidrios riolíticos y plagioclasas— pobre en bases; éste puede, además, ser el factor que explique el restringido desarrollo de montmorillonita y vermiculita, pese a las condiciones favorables de la segunda fase climática.

Admitiendo la formación de las especies 2:1 durante una fase climática con fuerte restricción de la humedad, la presencia de estos minerales podría ser consecuencia de dos mecanismos principales:

—por transformación de la mica primaria (fundamentalmente biotita y muscovita) a través de la hidratación y difusión de K^+ , pasando por un estado vermiculítico en primera instancia, y luego a montmorillonita. Esta hipótesis está sustentada por varios autores (Aomine *et al.*, 1972; Kawai, 1972; Shoji y Masui, 1969) al explicar la existencia de smectitas en Andosoles de Japón. De acuerdo al criterio de Millot (1964), se trataría de minerales transformados;

—por alteración de minerales ferromagnesianos, incluidos en pequeña proporción en las cenizas riolíticas. La meteorización de la augita, diópsido y otros, produciría el ion Mg^{+2} ,

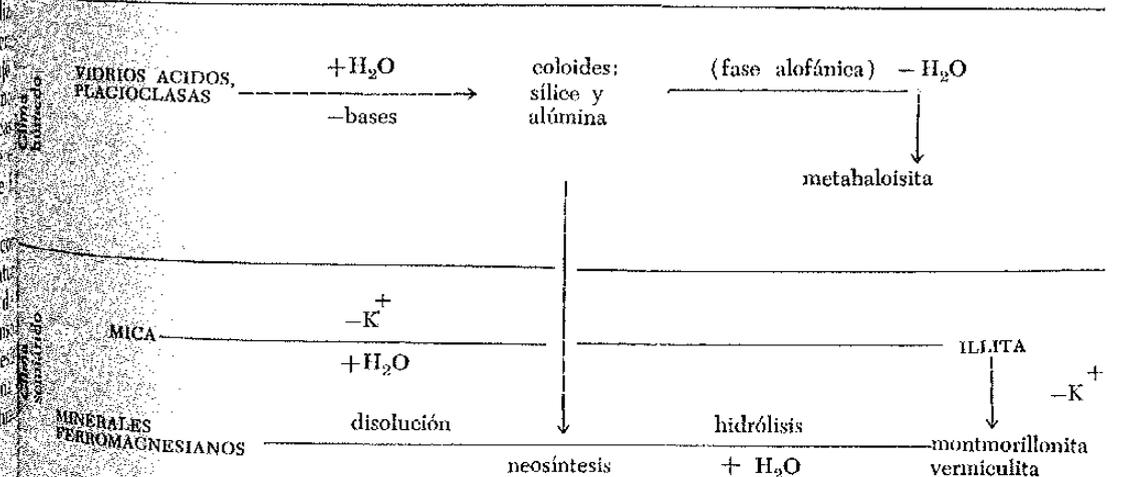
indispensable para la síntesis de filosilicatos laminares del tipo 2:1. Procesos de meteorización diferencial en torno a los minerales ferromagnesianos habrían sido determinantes, pero también puede haber influido en esta síntesis la acción de soluciones de sílice y alúmina provenientes de vidrios y felespatos. Es interesante destacar al respecto que la formación de minerales montmorilloníticos a partir de alófana en depósitos de cenizas riolíticas con drenaje impedido intermitentemente, y adición de sílice soluble y bases, ha sido observado por Kanno (1961) en Japón. Según esta hipótesis, los minerales 2:1 secundarios serían antigénicos, productos de alteración pedogenética.

Algunas ideas formuladas por Besoain (1974) sobre la meteorización de las cenizas volcánicas andesítico-basálticas en ambiente húmedo son susceptibles de extrapolación a los suelos derivados de toba riolítica en ambiente semiárido, como se puede observar en el cuadro 3, donde se han tomado en cuenta sólo los componentes esenciales. Dada su escasa proporción en el material parental, la contribución de los minerales ferromagnesianos a la formación de los minerales de arcilla tipo 2:1 ha sido, obviamente, pequeña.

CUADRO 3

ESQUEMA DE FORMACION DE METHALOISITA, MONTMORILLONITA Y VERMICULITA A PARTIR DE MINERALES FERROMAGNESIANOS, MICA, VIDRIOS VOLCANICOS Y PLAGIOCLASAS

Scheme of metahalloysite, montmorillonite and vermiculite formation from ferromagnesian minerals, mica, volcanic glasses and plagioclase feldspars



RESUMEN

Se estudió la composición mineralógica de la arcilla en algunos suelos derivados de toba riolítica de la región central de Chile, con énfasis en los minerales de arcilla del tipo 2 : 1. Los resultados se compararon con los suelos derivados de cenizas volcánicas y desarrollados en ambiente húmedo y de buen drenaje.

La arcilla de los suelos de toba riolítica está dominada por metahalosita, asociada a una proporción elevada de compuestos amorfos (vidrios hidratados o semihidratados, sílice amorfa, allophane-like) y contenidos variables de montmorillonita, vermiculita, mica, cuarzo y albita.

Los minerales primarios —mica, cuarzo y albita— se concentran en la fracción de arcilla gruesa (2-0,2 µ). El contenido de metahalosita, montmorillonita y vermiculita aumenta con la disminución del diámetro del gránulo, evidenciándose el carácter de minerales secundarios.

La asociación de especies 1 : 1 y 2 : 1 en la arcilla sugiere que los suelos derivados de toba riolítica se han desarrollado, probablemente, bajo dos fases climáticas:

- húmeda, que favoreció la formación de metahalosita, y
- semiárida, correspondiente a la fase actual, que ha generado las especies 2 : 1.

Es indudable que la formación de metahalosita puede haberse visto favorecida por la pobreza de bases del material parental. La montmorillonita y vermiculita podrían haberse originado por la alteración de la mica primaria o por la degradación de pequeñas cantidades de minerales ferromagnesianos.

El clima ejerce una acción decisiva sobre la evolución de los suelos a partir de cenizas volcánicas, ácidas o básicas. Se conoce que cenizas riolíticas, bajo ambientes húmedos y con drenaje libre, han generado suelos con predominio de formas amorfas, alófana e imogolita, en su fracción arcilla.

LITERATURA CITADA

- AOMINE, S.; A. INOUE and CH. MIZOTA, 1972. Imogolite of some Chilean volcanic ash. *Clay Science*, 4: 55-103.
- BESOAIN, M. E., 1974. Consideraciones generales sobre la formación de minerales secundarios de los Andosoles. Esquema de una secuencia de meteorización de las cenizas volcánicas. *An. Edaf. y Agrob.* XXXIII (5-6): 343-357.
- BORDE, J., 1966. Les Andes de Santiago et leur avant-pays, étude de geomorphologie. Tesis Ph. D., Bordeaux, Union Française d'Impression.
- BRÜGGEN, J., 1950. Fundamentos de la geología de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile.
- GONZÁLEZ MARTÍNEZ, S. P. y E. BESOAIN M., 1975. Minerales 2 : 1 y 2 : 2 en suelos volcánicos de Chile. I. Andeps. *Ciencia e Investigación Agraria* (Santiago, Chile), 2 (3-4): 169-178.
- GONZÁLEZ MARTÍNEZ, S. P.; K. IGUE y E. BESOAIN M., 1972. Secuencia de meteorización y su relación con las propiedades de carga y superficie de la fracción arcilla en algunos Andosoles de Costa Rica. *Turrialba* 22 (4): 439-448.
- CUEST, J. E. and G. P. JONES, 1970. Origin of deposits in the Santiago area, central Chile. *Geological Magazine*: 369-371.
- HASHIMOTO, I y M. L. JACKSON, 1960. Rapid lution of allophane and kaolinite-balloysite dehydration. *In Nat. Conf. on Clays and Clay* 7th, vol. 5: 102-115.
- KANNO, I., 1961. Genesis and classification of genetic soil types in Japan. *Bull. Kyushu Agr. Station*, vol. VII: 1-185.
- KARZULOVIC, K. J., 1958. Sedimentos cuaternarios y aguas subterráneas de la cuenca de Santiago de Geología, U. de Chile. *Publicación* 10, I.
- KAWAI, K., 1972. Method of determining amorphous material for characterizing Andosols. *In II Pan-Am. Symp. Suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina*. Pasto, Colombia, Univ. de Nariño, IICA.
- LUCAS, J.; T. CAMEZ and G. MILLOT, 1959. Détermination pratique aux rayons X des minéraux simples et interstratifiés. *Bull. Serv. Géol. Als. Lor.*, 12: 21-33.
- MEIRA, D. P. and M. L. JACKSON, 1960. Iron val from soils and clays by a dithionite

...stom buffered with sodium bicarbonate. *In Nat. Conf. on Clays and Clay Min.*, 7th, vol. 5: 317-327.

MILLER, G., 1964. *Geologie des argiles*. Paris, Masson et Cie., 499 pp.

SERESTON, K.; O. CASTILLO and E. FALCON, 1964. Quaternary mudflow deposits near Santiago, Chile. *Prof. Paper* US. Geol. Survey 475-D: 114-148.

SHOJI, S. and J. MASUI, 1969. Amorphous clay minerals of recent volcanic ash soils in Hokkaido. I and II. *Soil Science and Plant Nutrition* 15: 161-168 y 191-201.

TRICART, J.; A. R. HIRSCH y J. C. GRIESBACH, 1965. Geomorphologie et eaux souterraines dans le basin de Santiago du Chile. *Bull. Fac. Letters, Strasbourg*, Anné 43, 7: 605-673.

INTERACCIONES ENTRE SUSTANCIAS HUMICAS, IONES Y COLOIDES INORGANICOS EN SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS ¹⁻²

INTERACTIONS BETWEEN HUMIC SUBSTANCES, IONS AND INORGANIC COLOIDS IN SOILS DERIVED FROM VOLCANIC ASH

HERBERT APPELT R.

Departamento de Química Inorgánica y Analítica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Chile

SUMMARY

Interactions between humic acid and allophanic soils can be explained by two mechanisms. One possible mechanism is particle-particle interactions through coulombic attractions or non-specific adsorption, ligand-exchange or specific adsorption, hydrogen bonding and van der Waals forces. The other possible mechanism is the formation of complexes of humic compounds and $Al(OH)^{(3-x-y)}$ and/or $Fe(OH)^{(3x-y)}$ ions that probably interact with surfaces of colloidal inorganic particles.

The two mechanisms proposed can operate simultaneously or sequentially where the specific adsorption of organic compounds could lead to dissolution of Al from allophane and Al sesquioxides, favoring HA coagulation. It is concluded that particle-particle interactions between these materials involve only the external surfaces, mainly because of steric hindrance, and that the adsorption sites on the internal surfaces of both colloidal particles are available to react with ions which do not present steric hindrance. But, diffusion of the ions towards the reactive sites could be affected by the net charge resulting from the interactions between organic and inorganic colloids.

INTRODUCCION

Las sustancias húmicas son quizás los componentes naturales más ampliamente distribuidos en la superficie terrestre, pues se les encuentra en los suelos, lagos, ríos y en el mar (Schultzer y Khan, 1972).

En la actualidad se acepta en forma general que la mayor proporción de la materia orgánica de los suelos está formada por las denominadas sustancias húmicas, que estarían constituidas por un conjunto de compuestos amorfos, polidispersos, acídicos, hidrofílicos de color pardo o negro y cuyos pesos moleculares varían en un amplio rango, dentro de lo

que se considera una macromolécula. Basándose en la solubilidad de estas sustancias en soluciones básicas y ácidas, han sido divididas en tres fracciones principales: ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) y humina. La información actual sugiere que estas fracciones son similares en su estructura química, pero difieren en su peso molecular, análisis elemental y contenido de grupos funcionales.

A pesar de que la formación de estas sustancias húmicas ha sido objeto de mucha especulación y su estructura química no está completamente clarificada, existe un acuerdo general en considerar a los AH y AF polímeros policondensados de unidades del tipo áci-

¹Casilla 283, Santiago.

²Este trabajo forma parte de una disertación sometida por el autor en satisfacción parcial de los requerimientos del título de Ph. D. en Ciencias de Suelo de la Universidad de California, Riverside.

Publicación aprobada por el Comité Editor con el N° 89/76. Fecha de recepción: 15/VI/76.

dos hidroxibenceno carboxílicos (Martin y Haider, 1971; Felbeck, 1971; Schnitzer y Khan, 1972).

Las cantidades excepcionalmente altas de materia orgánica común en los suelos de alto contenido en "alófana" sugiere que las interacciones entre los materiales inorgánicos y orgánicos podría ser responsable de la alta estabilidad de la materia orgánica en este tipo de suelos. En general, existen relativamente pocos trabajos referentes a las interacciones de AH y/o AF con compuestos amorfos o con suelos que contienen este tipo de compuestos.

En los suelos derivados de cenizas volcánicas, podría considerarse que la fracción coloidal inorgánica estaría formada principalmente por "alófana", sesquióxidos de Fe y Al y otros minerales menos activos como haloisita y caolinita. La fracción orgánica coloidal podría considerarse formada principalmente por AH, ya que los AF tienen un tamaño generalmente inferior al tamaño considerado para un coloide (Van Dijk, 1971) y la humina no es considerada en este trabajo debido al escaso conocimiento que se tiene de esta fracción húmica.

El AH puede considerarse como una solución de macromoléculas o macroiones, o como un coloide hidrofílico negativamente cargado que generalmente exhibe propiedades atribuidas a este tipo de coloides (Ling Ong y Bisque, 1968); una de estas propiedades es la coagulación por diferentes electrolitos que, a su vez, depende del pH y de la fuerza iónica de la solución. Ha sido demostrado (Ling Ong y Bisque, 1968; Khan, 1969; Rashid, 1971) que los iones trivalentes son mucho más efectivos que los iones bivalentes en la coagulación de materia orgánica. A su vez los iones bivalentes son más efectivos que los monovalentes, lo que está de acuerdo con la regla de Schulze-Hardy sobre poder de coagulación. De acuerdo a Ling Ong y Bisque (1968), la concentración media crítica de los distintos iones para coagular una sustancia es inversamente proporcional a la valencia elevada a 6. Por lo tanto, para coagular el AH de un suelo sólo se necesitarían pequeñas cantidades de un ion trivalente como el Al^{3+} .

En el presente trabajo se ha hecho énfasis en las características de adsorción de AII por suelos "alofánicos" y en las reacciones de AII con iones del tipo $Al(OH)^{3-x-y}$.

MATERIALES Y METODOS

Suelos. Se tomaron muestras del subsuelo (horizontes B) de 3 suelos (Santa Bárbara, Osorno y Puerto Octay), clasificados como Typic Dystrandeps.

Extracción y purificación de AII. Se tomó una muestra superficial de un suelo de Puerto Octay fueron tratados con 250 ml de $NaOH$ 0,1 N durante 30 minutos en un baño maría a $100^{\circ}C$ con agitación ocasional. El extracto fue separado por centrifugación, y el residuo del suelo fue tratado 2 veces más, usando el mismo procedimiento. Los sobrenadantes fueron recolectados y se les ajustó el pH a 4,0-5,5 por adición de HCl o KOH , respectivamente, con H_2SO_4 , con lo que se obtuvo un precipitado oscuro que representa la fracción del AII. La solución sobrenadante a pH 2,0 era de color pardo-rojizo y representa la fracción de AII. Las dos fracciones fueron separadas por centrifugación.

La fracción correspondiente al AH fue dada varias veces con una mezcla de HCl (1:1) para remover las impurezas inorgánicas, y luego fue lavada varias veces con agua destilada hasta que se obtuvo una disolución estable. Luego, esta suspensión fue dializada con agua destilada hasta que no se detectó Cl^{-} en el agua de lavado. La cantidad de AII por unidad de volumen de cada muestra se estimó pesando el residuo dejado en una alícuota conocida y secada a $60^{\circ}C$.

El AH así purificado fue analizado para aluminio (Al), hierro (Fe) y fósforo (P).

El Fe y el Al fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica (EAA) y el P fue determinado por el método de la teria orgánica por tratamiento con H_2O_2 (Jackson, 1958). Las cantidades de Fe, Al y P en el AH fueron menores que la sensibilidad de los métodos utilizados (menos de 1 ppm para Fe y Al y menos de 0,02 ppm para el P).

Reacción de AII con iones de Al. Se prepararon diferentes especies de iones $Al(OH)^{3-x-y}$, para lo cual se agregaron cantidades de $NaOH$ a una cantidad de $AlCl_3$, es decir, a 0,48 mmoles de $AlCl_3$ se le agregaron, respectivamente, 0,00 - 0,24 - 0,48 - 0,96 y 1,20 mmoles de $NaOH$. El $NaOH$ fue agregado lentamente y con una agitación adecuada para impedir al máximo las sobrecalentamientos locales. Luego, a cada preparación

$Al(OH)^{3-x-y}$ se le agregó 20 ml de una solución de AH (pH 3,5) que contenía 116,4 mg de AH en cada caso. Los valores de pH obtenidos en cada mezcla fueron determinados con un medidor de pH y luego las suspensiones fueron centrifugadas y lavadas varias veces con agua destilada.

Se determinó Al en el sobrenadante y en el complejo AH - Al $(OH)^{3-x-y}$ aislado.

Absorción de AH por suelos "alofánicos". Se tomaron 2 g de muestras de suelo (en bañera seca) y se les ajustó el pH a 4,0-5,5 y 8,0 por adición de HCl o KOH , respectivamente, después de lo cual se le agregaron diferentes concentraciones de AII ajustado a los pH antes mencionados, de manera de tener 15,2 - 31,4 - 47,6 - 60,8 y 76,0 mg de AH en 30 ml de solución a cada pH. Luego las suspensiones fueron agitadas por 18 horas a la temperatura ambiente, centrifugadas y la concentración de AII en el sobrenadante fue determinado por absorción de luz a 400 nm. La cantidad adsorbida se calculó como la diferencia entre el sobrenadante.

El mismo procedimiento se siguió para muestras de suelo que fueron previamente dispersadas durante un minuto por ultrasonido usando un Biosonik IV; y para muestras que fueron tratadas con H_2O_2 para destruir la materia orgánica del suelo.

Métodos analíticos. El Al fue determinado por espectrofotometría de absorción atómica con un aparato Perkin-Elmer 303, usando una línea de acetileno-óxido nítrico. El AH fue determinado por absorción de luz a 400 nm en un espectrofotómetro Spectronic 20.

Todos los valores informados representan el promedio de dos o más determinaciones con una dispersión menor al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1 se presentan los datos obtenidos en la reacción de AII con las diferentes especies de $Al(OH)^{3-x-y}$, en que la cantidad de Al adsorbida por 116,4 mg de AH aumentó a medida que aumenta el contenido de OH en la especie $Al(OH)^{3-x-y}$. Por cada 0,24 mmoles de OH de incremento en la especie $Al(OH)^{3-x-y}$ la cantidad de Al adsorbido

por el AII aumentó en alrededor de 0,07 mmoles.

Si no consideramos los efectos de polimerización, teóricamente las especies de Al predominantes cuando agregamos 0,48 y 0,93 mmoles de OH a 0,48 mmoles de $Al(H_2O)_6^{3+}$, deberían ser, $Al(OH)(H_2O)_5^{+2}$ y $Al(OH)_2(H_2O)_4^{+1}$, respectivamente. La concentración crítica promedio de las especies de $Al(OH)^{3-x-y}$ para coagular el AH, debería ser proporcional a la carga del ion necesaria para neutralizar o reducir la carga de la macromolécula de AII. De acuerdo a esto, la razón entre las concentraciones críticas de las especies $Al(H_2O)_6^{3+}$; $AlOH(H_2O)_5^{+2}$ y $Al(OH)_2(H_2O)_4^{+1}$ debería ser 1,0 : 1,5 : 3,0. Los datos de la tabla 1 muestran que se obtuvo una buena concordancia con las especies $Al(OH)(H_2O)_5^{+2}$ y $Al(OH)_2(H_2O)_4^{+1}$, cuya razón fue 0,17 : 0,32, respectivamente; pero la cantidad de $Al(H_2O)_6^{3+}$, adsorbida fue menor que la cantidad teórica esperada. Esta diferencia puede explicarse por una mayor competencia de los iones H^+ (a pH 1,9) por los sitios de intercambio ($-COOH$ y OH principalmente); de modo que al estar menos disociados estos grupos funcionales se necesitaría una menor cantidad de iones $Al(H_2O)_6^{3+}$ para producir la neutralización y por lo tanto coagulación del AH.

Estas consideraciones teóricas representarían un promedio de las reacciones que tendrían lugar entre el AH y las especies $Al(OH)^{3-x-y}$, debido a que la formación de un complejo involucra el desplazamiento de iones H^+ del AH y este H^+ puede reaccionar con los iones $Al(OH)^{3-x-y}$; también, como se mencionó anteriormente, no se ha considerado la gran tendencia de polimerización del ion Al. Lo que probablemente ocurre es que el AH se une a distintas especies de $Al(OH)^{3-x-y}$; dependiendo del pH, de la distribución espacial y de la polarización tanto de los grupos funcionales del AII como la de los iones $Al(OH)^{3-x-y}$.

La extracción de complejos AII-Al desde los suelos no ha sido posible hasta ahora, debido a las dificultades para separar los coloides orgánicos de los inorgánicos por medios que no sean destructivos, o de disolución. Sin embargo, se ha podido inferir la existencia de tales complejos en los suelos, usando métodos

CUADRO 1

REACCION DE ACIDO HUMICO (AH) CON DIFERENTES ESPECIES DE IONES AL (OH)^{3x-y}, PREPARADOS AL AGREGAR CANTIDADES CRECIENTES DE NaOH A 0,48 MMOLES DE AlCl₃

Mmoles de NaOH agregado	Mmoles OH Mmoles Al	pH de Al (OH) ^{3x-y}	Mmoles de Al adsorbido ^a	pH de suspens.
0,00	0,0	3,5	0,04	1,9
0,24	0,5	3,6	0,10	2,5
0,48	1,0	3,8	0,17	3,0
0,72	1,5	3,9	0,25	3,3
0,96	2,0	4,0	0,32	3,6
1,20	2,5	4,2	0,42	4,0

a El Al adsorbido representa la diferencia entre el Al agregado y el encontrado en el complejo aislado, o en el sustrato; al agregar las distintas especies de ion Al (OH)^{3x-y} a 116,4 mg de AH.

indirectos (Kononova y Bel'chikova, 1970; Ospina, 1967; Saini y Mc Lean, 1965). Ospina (1967) por interpretación de curvas de titulación y experimentos de extracción o lavados con soluciones salinas, dedujo la presencia de complejos AH-Al en suelos derivados de cenizas volcánicas colombianas. Determinaciones similares de andosoles chilenos (Appelt, datos no publicados) concuerdan con los obtenidos por Ospina (1967). Por lo que la estabilización del AII en los suelos derivados de cenizas volcánicas por formación de este tipo de complejos es muy probable que ocurra debido al contenido generalmente alto en Al activo (Appelt *et al.*, 1975; Appelt, 1974); Schalscha *et al.*, 1972). Aunque las formas Al (OH)^{3x-y} serían difícilmente intercambiables o extractables con soluciones salinas neutras.

Además de las interacciones con iones, es posible que la coagulación del AII se produzca por interacciones entre las partículas de AH y partículas coloidales inorgánicas. La alta adsorción de extractos humificados por aluminio-silicatos amorfos (alófana) es explicado por Inoue y Wada (1968) a través de dos mecanismos simultáneos: a) interaccio-

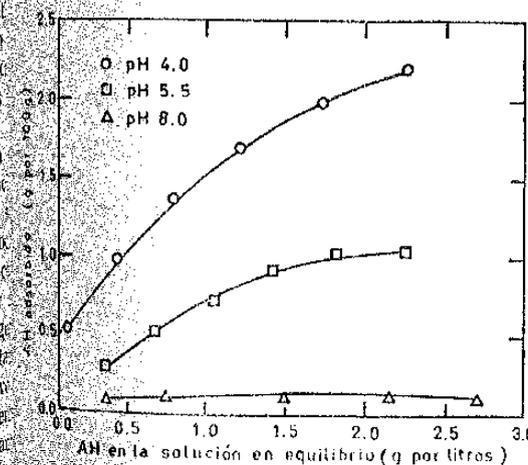
nes entre las cargas positivas y negativas la "alófana" y AII, respectivamente. En la adsorción se considera un intercambio iónico de grupos -COOH y/o OH en sitio de intercambio tales como -Al(OH)₂ en "alófana"; b) interacciones entre las macromoléculas orgánicas e inorgánicas a través fuerzas del tipo de Van der Waals.

Inoue y Wada (1968) no estudiaron efecto del pH en la adsorción de sustancias húmicas por arcillas. Greenland (1971) sugiere que la máxima adsorción debería ocurrir alrededor de pH 5, ya que los grupos boxílicos del AH tendrían pKa alrededor ese pH. Como puede apreciarse en la figura 1, la adsorción de AH fue bastante afectada por el pH, y la máxima adsorción se obtuvo a pH 4,0. Resultados similares se obtuvieron para las muestras de suelos Osorno y San Bárbara. Stumm y Morgan (1970) y Schmitt y Khan (1972) encontraron que la estabilidad de los coloides era muy influenciada por el pH, la fuerza iónica del medio y la composición de los grupos funcionales.

Bajo nuestras condiciones experimentales la fuerza iónica y la composición de los grupos funcionales se consideraron constantes; de hecho la única variable fue el pH del

tema. A pH 4,0 el AH tiene menos carga negativa que a pH 5,5 y 8,0. Al mismo tiempo, el colóide inorgánico del sistema (principalmente "alófana" y sesquióxidos) aumentan su carga positiva con la disminución de pH. También es posible que a pH 4,0 se produzca solubilización de iones de Al. Si esto ocurre, la coagulación o desaparición de AII del sobrenadante a este pH, no sólo sería explicado por los mecanismos propuestos por Inoue y Wada (1968), sino también por la formación de complejos del tipo AH-(Al) (OH)^{3x-y} que fueron mencionados anteriormente. También es posible que este tipo de complejos se forme por la solubilización de Al desde los coloides inorgánicos ("alófana" y sesquióxidos de Al) debido a la presencia en la macromolécula de AH, de grupos funcionales en una distribución geométrica tal que se favorecen los enlaces del tipo bidentado (quelatos). Este efecto de solubilización sería similar al que presenta el salicilato (Appelt, 1974; Appelt *et al.*, 1975) y ha sido postulado también por investigadores rusos (Levashkevich, 1966; Aleksandrova y Nad, 1958; Kononova y Aleksandrova, 1964).

FIGURA 1



A pH 8,0, la macromolécula de AH tendría la mayoría de sus grupos -COOH totalmente ionizados; por lo tanto, una alta carga negativa neta. La carga positiva de la "alófana" y los sesquióxidos a este pH, probablemente sería baja, por lo que tendrían una carga neta negativa. Por lo que no es probable que ocu-

rra coagulación por neutralización de cargas entre las partículas de AH y coloides inorgánicos. Esto puede deducirse de la figura 1, en que la adsorción de AII por un suelo Puerto Octay es baja a pH 8,0. Esta baja adsorción de AII también indicaría que a este pH no se produjeron reacciones del tipo de intercambio de ligando (adsorción específica). Se cree que estos mecanismos específicos de interacción deben existir entre el AH y la "alófana" y/o sesquióxidos, pues al subir el pH de estos suelos a 8 ó 9 sólo se logra una extracción parcial de AII y AF (Greenland, 1971).

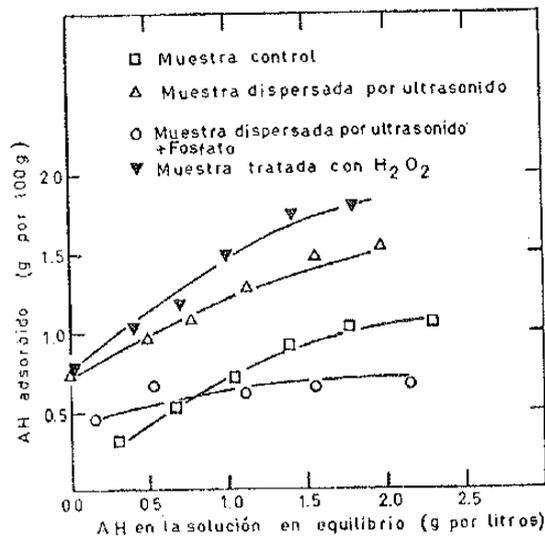
Las condiciones de distribución de carga en los coloides orgánicos e inorgánicos, a pH 5,5, son probablemente las que podrían encontrarse en los suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. A este pH la coagulación de AH se producirá por la acción simultánea de distintos mecanismos, como son: atracción de carga entre las partículas (adsorción no-específica), intercambio de ligandos (adsorción específica), fuerzas de Van der Waals y enlaces de hidrógeno.

La figura 2 muestra la diferencia en la adsorción de AII por una muestra de un suelo Puerto Octay sometida a varios tratamientos. La diferencia de adsorción de AH por una muestra no-tratada y una dispersada por ultrasonido, nos permite hacer algunas especulaciones con respecto a los mecanismos involucrados en la interacción AH-suelo. Una muestra de subsuelo Puerto Octay suspendida en agua destilada y dispersada durante 1 minuto formó una suspensión muy estable, en que podrían distinguirse claramente 2 fases sólidas después de un reposo de 15 minutos o más. La fase superior era rojiza, de un color más claro que la fase del fondo, y tendría una carga neta positiva que se evidenció por la migración de las partículas en una celda de electroforesis (agua destilada y 100 Volt de diferencia de potencial entre los electrodos). El hecho de que se obtuviera una suspensión estable por acción del ultrasonido, sugiere que esta fracción coloidal estaba estabilizada en el suelo por interacciones de baja energía (Schnitzer y Khan, 1972).

La mayor adsorción de AH por una muestra dispersada por ultrasonido, puede explicarse por el aumento de superficies positivamente cargadas. El efecto del ultrasonido fue inhibido por la adición de fosfato, lo que corrobora la hipótesis de una mayor interacción

entre el AH y estas partículas liberadas con carga neta positiva. Ya que el fosfato al ser adsorbido por el coloide disperso neutraliza las cargas positivas y aún más puede crear cargas negativas. Esta disminución de las cargas positivas y/o creación de cargas negativas producirá una disminución en la interacción, por lo tanto la adsorción de AII debe disminuir, como se puede observar en la figura 2.

FIGURA 2



Un efecto similar, es decir aumento en la adsorción de AII, se pudo observar al pretratar la muestra de suelo Puerto Octay con H₂O₂ (Fig. 2). Pero en este caso también existía la posibilidad de que se formara Al(OH)₃ por la destrucción de los complejos AH-Al(OH)_x. Este Al(OH)₃ recién formado puede ser fácilmente redisoluelto por el AH agregado, de manera que además de la interacción entre las partículas coloidales inorgánicas y orgánicas, el AII agregado se habría coagulado por formación de complejos del tipo AH-Al(OH)_x.

Cuando a una muestra de suelo Puerto Octay se le agregó AH en una proporción de 0.75 g de AH por 100 g de suelo, la agregación AH-suelo obtenida no se redispersó por acción del ultrasonido lo que indicaría interacciones de alta energía como son atraccio-

nes coulombicas y/o adsorción específica orgánica en los suelos derivados de cenizas volcánicas; no hay duda de que existen dos mecanismos principales que actuarían simultánea o secuencialmente:
a) Interacciones partícula-partícula a través de atracciones de carga (adsorción no-específica), intercambio de ligando (adsorción específica), enlace de Hidrógeno y fuerzas de Van der Waals.
b) Formación de complejos entre los com-

nes coulombicas y/o adsorción específica. Tampoco las partículas aglomeradas migraron en una celda de electroforesis. Por otro lado, para cantidades crecientes de AH agregado se adsorbieron concentraciones crecientes de AII, pero en estos casos se obtuvieron suspensiones muy estables en agua de la celda, y las partículas migraron en una celda de electroforesis hacia el electrodo positivo. Esto indicaría que se produjo una reversión de carga por la adsorción de AH en las partículas, originalmente con cargas positivas. Este efecto también se observa usando muestras de otros suelos derivados de cenizas volcánicas. Sin embargo, el efecto del ultrasonido no es uniforme, es decir, algunas muestras se dispersan, otras no; y entre las que dispersan algunas forman suspensiones cargadas positivamente y otras (especialmente muestras superficiales) forman suspensiones cargadas negativamente. Por lo tanto, la presencia de coloides cargados positiva o negativamente en los suelos derivados de cenizas volcánicas, depende tanto del pH del sistema como de las interacciones entre coloides inorgánicos y compuestos húmicos.

Ahora si nosotros hacemos ciertas consideraciones con respecto al tamaño de las partículas de AH, a su forma y estructura (Van Dijk, 1971); y acerca de la estructura de "alófana" (Aomine y Otsuka, 1968) podemos concluir que las interacciones partícula-partícula entre estos materiales involucra sólo superficies externas, principalmente por impedimentos estéricos. Por lo tanto los sitios de adsorción en las superficies internas de ambos coloides estarían disponibles para interactuar con iones que no presenten un impedimento estérico. Aún más, las interacciones entre superficies externas no significa que los sitios reactivos en estas superficies quedan bloqueados para la interacción con otros iones. Las interacciones que dependerán de la afinidad relativa de cada ion o radical por los sitios de intercambio. Sin embargo, las interacciones partícula-partícula podría afectar la difusión de los iones hacia los sitios activos, lo que dependerá de la carga neta resultante de la interacción.

CONCLUSIONES

A pesar de que no es posible demostrar forma directa los mecanismos de interacción involucrados en la estabilización de la

adsorción de AII, se pudo observar al pretratar la muestra de suelo Puerto Octay con H₂O₂ (Fig. 2). Pero en este caso también existía la posibilidad de que se formara Al(OH)₃ por la destrucción de los complejos AH-Al(OH)_x. Este Al(OH)₃ recién formado puede ser fácilmente redisoluelto por el AH agregado, de manera que además de la interacción entre las partículas coloidales inorgánicas y orgánicas, el AII agregado se habría coagulado por formación de complejos del tipo AH-Al(OH)_x.

adsorción de AII, se pudo observar al pretratar la muestra de suelo Puerto Octay con H₂O₂ (Fig. 2). Pero en este caso también existía la posibilidad de que se formara Al(OH)₃ por la destrucción de los complejos AH-Al(OH)_x. Este Al(OH)₃ recién formado puede ser fácilmente redisoluelto por el AH agregado, de manera que además de la interacción entre las partículas coloidales inorgánicas y orgánicas, el AII agregado se habría coagulado por formación de complejos del tipo AH-Al(OH)_x.

RESUMEN

Las interacciones entre sustancias húmicas, específicamente ácido húmico y componentes de suelos derivados de cenizas volcánicas puede ser explicado por dos mecanismos. Un posible mecanismo es la interacción partícula-partícula a través de fuerzas Coulombicas o adsorción no específica, intercambio de ligando o adsorción específica, puentes o enlaces de Hidrógeno y fuerzas de Van der Waals. El otro posible mecanismo es la formación de complejos entre los compuestos húmicos y iones Al(OH)_x^{3x-y} y/o iones Fe(OH)_x^{3x-y} que probablemente constituyen las superficies de las partículas coloidales inorgánicas.

Los mecanismos propuestos pueden actuar simultáneamente o secuencialmente, en que la adsorción específica de los compuestos orgánicos puede producir la disolución de Al desde "alófana" (aluminio-silicato amorfo de razón Si:Al variable) o desde sesquióxidos hidratados de Al, lo que favorecería la coagulación de los ácidos húmicos.

Las interacciones partícula-partícula entre "alófana" y ácidos húmicos sólo involucrarían las superficies externas de ambos coloides debido a impedimentos estéricos. Por lo que los sitios de adsorción en las correspondientes superficies internas quedarían disponibles para reaccionar con iones que no presentan impedimento estérico. Sin embargo, la difusión de los iones hacia esos sitios internos, podría verse afectada por la carga neta resultante de las interacciones entre los coloides inorgánicos y orgánicos.

LITERATURA CITADA

- ALEXANDROVA, L. N. and NAD, 1958. The nature of organic mineral colloids and their study. *Soviet Soil Sci.* 10: 1100-1105.
- AOMINE, S. and H. OTSUKA, 1968. Surface of soil allophanic clays. 9th Int. Congress of Soil Sci. I: 731-737.
- APPERT, H., 1974. Interactions between organic compounds, minerals and ions in volcanic-ash derived soils. Ph. D. Dissertation. University of California, Riverside.
- APPERT, H., N. T. COLEMAN and P. F. PRATT, 1975. Interactions between organic compounds, minerals and ions in volcanic-ash derived soils. I. Adsorption of benzoate, p-OH benzoate, salicylate and phthalate ions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39: 623-627.
- FELBECK, G. T., 1971 a. Chemical and biological characterization of humic matter. In A. D. McLaren and J. Skujins (ed.), *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- FELBECK, G. T., 1971 b. Structural hypothesis of soil humic acids. *Soil Sci.* 111: 42-48.
- GREENLAND, D. J., 1971. Interactions between humic and fulvic acids and clays. *Soil Sci.* 111: 34-41.
- INOUE, T. and K. WADA, 1968. Adsorption of humified clover extracts by various clays. *Trans. 9th Cong. Soil Sci.* 1: 289-297.
- JACKSON, M. L., 1958. *Soil chemical analysis*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.
- KHAN, S. U., 1969. Interaction between the humic acid fraction of soils and certain metallic cations. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33: 851-854.

- KONONOVA, M. M. and I. V. ALEKSANDROVA, 1964. Decomposition of silicates by organic substances in the soil. *Soviet Soil Sci.* 10: 1005-1014.
- KONONOVA, M. M. and N. P. BEL'CHIKOVA, 1970. Use of sodium pyrophosphate to separate and characterize organo-iron and organo-Al compounds in soil. *Soviet Soil Sci.* 3: 351-363.
- LEVASHKEVICH, C. A., 1966. Interaction of humic acids with iron and aluminum hydroxides. *Soviet Soil Sci.* 4: 422-427.
- LING ONG, H. and R. E. BISQUE, 1968. Coagulation of humic colloids by metal ions. *Soil Sci.* 106: 220-224.
- MARTIN, J. P. and K. HAIDER, 1971. Microbial activity in relation to soil humus formation. *Soil Sci.* 111: 54-63.
- OSPINA, O., 1967. Aluminum-organic matter complexes of the A horizons of some acid soils. Ph. D. Dissertation. University of California, Riverside.
- RASHID, M. A., 1971. Role of humic acids of marine origin and their different molecular weight fractions in complexing di and trivalent metals. *Soil Sci.* 111: 298-305.
- SAINI, C. R. and A. A. McLEAN, 1965. Phosphorus retention capacities of some New Brunswick soils and their relationship with soil properties. *Can. J. of Soil Sci.* 45: 15-19.
- SCHALSCHA, E. B.; P. F. PRATT and C. GONZALEZ, 1972. Reactive aluminum estimated from the formation of magnesium-aluminum double hydroxide. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36: 752-755.
- SCHNITZER, M. and S. U. KHAN, 1972. Humic substances in the environment. Marcel Dekker, Inc., New York.
- STUMM, W. and J. J. MORGAN, 1970. Aquatic chemistry. Wiley-Interscience, N. Y.
- VAN DIJK, H., 1971. Colloid chemical properties of humic matter. In A. D. McLean and J. Skjold (ed.), *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, Inc., New York.

CRIANZA DE TERNEROS CON CANTIDADES LIMITADAS DE LECHE ENTERA ¹

Raising calves with limited amount of whole milk

F. GARCIA, P. HIRSCH-REINSHAGEN, R. CAÑAS, A. LEIGHTON

Departamento de Zootecnia, Escuela de Agronomía Universidad Católica de Chile

SUMMARY

Twenty five-days old male Holstein calves were assigned to 4 different treatments in order to study a raising system with a minimum amount of whole milk. The amounts of milk used were 480 and 240 liters during 120 days for the first and second treatments and 240 and 120 liters of milk for the third and fourth treatments respectively. Calves were raised in individual pens with free access to water and to 15% crude protein alfalfa hay. A 14% crude protein with 5.5% crude fiber concentrate was offered to a maximum consumption of 1.75 kg/day. This occurred approximately when calves were 100 days old. Daily weight gains and feed and nutrients consumption were measured up to 120 days of age.

Results obtained indicated the possibility of decreasing the time of milk feeding, provided there is an adequate supply of nutrients, specially during the first period of life when hay and concentrate consumption is relatively low, and the calf has certain limitations. It was observed that non-lacteal dry matter consumption was increased when milk consumption was decreased. This was more pronounced in the case of concentrate consumption. This emphasizes the importance of using good quality ingredients in the elaboration of the starter. The possibility of using a starter with higher protein content is discussed.

INTRODUCCION

Actualmente en Chile vuelve a tener importancia el uso de leche entera y/o descremada en la crianza de terneros de lechería. En este momento no se está importando ningún sustituto lácteo, debido al alto precio resultante para el productor, y tampoco se están produciendo en el país. Por ello los productores deberán recurrir al uso de la leche en alguna de sus formas (entera, descremada), subproductos de ella y al uso de concentrados de iniciación que suministren una proteína de buena calidad, especialmente durante el primer período de vida del ternero o ternera.

Hasta 1970 se estimaba que el consumo promedio de leche por ternero en la provincia de Santiago era de 512 litros, con un rango de 210 a 690 litros (Baglina, Dulcic, Cuevas y von Baer, 1970). De acuerdo a informaciones

nacionales (Sepúlveda, 1965; García, Cañas y Correa, 1968; García y Romero, 1968) es posible disminuir la alimentación láctea sin producir un retardo irreversible del crecimiento. Dicha disminución involucra una menor cantidad de leche total durante la crianza y un menor tiempo de alimentación láctea.

El presente ensayo, realizado entre los meses de octubre de 1965 y enero de 1966, pretendió comprobar dichas informaciones comparando el comportamiento de terneros criados con distintas cantidades de leche y restringiendo el tiempo de la alimentación láctea en aquellos tratamientos con cantidades limitadas de leche entera.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la Estación Experimental "Isla de Pirque", de la Universidad

¹Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el Nº 77/76. Fecha de recepción: 14/IV/76.

Católica de Chile. Para ello, 20 terneros machos Holstein de tipo mestizo, de 5 días de edad, fueron asignados a 4 tratamientos en un diseño completamente al azar, comparando

niveles de leche de 480 y 240 litros durante 120 días, y 240 y 120 litros durante 60 días (cuadro 1). Heno de alfalfa se suministró ad libitum a todos los terneros del ensayo.

CUADRO 1

TRATAMIENTOS DEL ENSAYO DE CRIANZA
Experimental treatments

	1	2	3	4
Alimentación con leche entera Whole milk				
1 a 60 días (kg)	240	120	240	120
61 a 120 días (kg)	240	120	0	0
Total leche (kg)	480	240	240	120
Heno de alfalfa	ad libitum desde 1er día de ensayo			
Alfalfa hay				
Concentrado Concentrate	limitado a un consumo máximo de 1,75 kg/día			

DETALLE DEL SUMINISTRO DE LECHE EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS
Daily milk feeding in the different treatments

Edad (días) Age (days)	kg/día	kg/día	kg/día	kg/día
1 - 15	2,00	2,00	2,00	2,0
16 - 30	4,50	2,25	4,50	2,25
31 - 45	4,50	2,25	4,50	2,25
46 - 60	5,00	2,25	5,00	2,00
61 - 75	4,50	2,25	---	---
76 - 90	4,50	2,00	---	---
91 - 105	4,00	2,00	---	---
106 - 120	3,00	1,50	---	---
	480,00	247,50	240,00	127,50

concentrado de iniciación (cuadros 2 y 3) se limitó a un consumo máximo de 1,75 kg/día, lo que ocurrió alrededor de los 100 días de edad. Con ello se pretendió contribuir a un mayor consumo de heno de alfalfa en etapas más avanzadas de la crianza, aportando, al mismo tiempo, una buena cantidad de nutrientes provenientes del concentrado. Este estaba compuesto por 25% de maíz, 17% de cebada, 35% de afrechillo de trigo, 6% de torta de linaza, 14% de harina de pescado, 1% de levadura de cerveza, y 2% de una mezcla mineral (cuadro 2).

Paralelamente se determinó los coeficientes de digestibilidad del concentrado de iniciación y del heno de alfalfa en corderos mantenidos en corrales de metabolismo (cuadro 3). Para la determinación de la digestibilidad se usó el método de recolección total usando bolsas especiales recolectoras de excremento. Diariamente se midió la cantidad de alimentos

CUADRO 2
INGREDIENTES DEL CONCENTRADO DE INICIACION
Starter ingredients

Maíz Corn
Cebada Barley
Afrechillo de trigo Middlings
Torta de linaza Linseed oil meal
Harina de pescado Fish meal
Levadura de cerveza Yeast
Mezcla mineral Mineral mixture

CUADRO 3

COMPOSICION QUIMICA Y COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DEL CONCENTRADO, HENO DE ALFALFA Y LECHE USADA EN EL ENSAYO

Chemical composition and digestibility coefficients of starter, alfalfa hay and whole milk

Fraciones Fractions	Concentrado Concentrate	H. de alfalfa Alfalfa hay	Leche entera Whole milk
Materia seca Dry matter	89,6	90,6	—
Cenizas Ashes	7,0	7,6	—
Materia orgánica Organic matter	82,6 (88,1)	83,0 (64,8)	—
Proteína cruda Crude protein	14,2 (90,1)	14,6 (89,4)	3,0 (95,0)
Extracto etéreo Ether extract	3,1 (93,9)	2,7 (62,4)	2,9 (99,0)
Fibra cruda Crude fiber	5,5 (58,5)	27,0 (43,3)	—
Extracto no nitrogenado Non nitrogen extract	59,7 (91,8)	38,7 (67,8)	—
Número de muestras Samples analyzed	4	9	105

Cifras entre paréntesis corresponden a los coeficientes de digestibilidad correspondientes, expresados en porcentajes.

consumidos. En éstos y en los excrementos se determinó materia seca, cenizas, proteína (N x 6,25), extracto etéreo y fibra según los métodos usuales en nuestro laboratorio y descritos recientemente (Hirsch-Reinshagen *et al.*, 1974).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del ensayo se presentan en el cuadro 4. Las cifras corresponden a los promedios del total de mediciones diarias y semanales para consumo de alimentos y peso corporal, respectivamente. Los tratamientos con cantidades limitadas de leche entera, a lo largo de todo el período, presentaron pesos inferiores a los estándares para la raza Holandés Americano. Sin embargo, estas diferencias son menores a partir de los 60 días de edad de los terneros. Se observó, además, que los terneros del grupo control (480 litros de leche entera) tuvieron un crecimiento superior a dichos estándares prácticamente durante todo el período experimental. Esto sugiere, en cierto modo, una sobrealimentación durante la primera etapa de vida, ya que a los 120 días de edad los terneros del grupo control alcanzaron pesos que corresponden a

animales de 150 días de edad de una raza (Holandés Americano) de mayor tamaño. El uso de cantidades altas de leche se podría justificar solamente en aquellos animales de pedigree que necesitan demostrar un crecimiento prematuro en los concursos ganaderos. Sin embargo, considerando que aquellos tratamientos con cantidades limitadas de leche tuvieron un crecimiento satisfactorio hasta los 4 meses de edad, con una ganancia diaria de peso superior a los 640 g y que los costos de crianza podrían disminuirse considerablemente al reemplazar la leche por alimentos de menor precio, parecería conveniente para el productor adoptar sistemas de crianza con cantidades limitadas de leche. En este sentido, la alimentación láctea debe limitarse en el número de días de suministro lácteo y no en la cantidad diaria durante ese menor tiempo, para asegurar así un consumo adecuado de nutrientes, especialmente en aquel período en que el consumo de heno y concentrado es todavía bajo y durante el cual el ternero tiene ciertas limitaciones (Huber, Jacobson, Allen y Hartman, 1961; Colvin y Ramsey, 1968; Huber, Natrajan y Polan, 1968). Por ello, la alimentación láctea durante el primer mes de vida es importante, pudiendo obtenerse bue-

nos resultados de crecimiento, asegurando, además, un prematuro desarrollo ruminal al inducir al ternero a un consumo temprano de materia seca no láctea (Kirchessner e Hirsch-Reinshagen, 1964). En el cuadro 4 se observa que al disminuir el largo del período de alimentación láctea aumentó el consumo de materia seca no láctea especialmente en el tratamiento 4, en el que hubo un 20% de mayor

consumo de materia seca no láctea en comparación con el tratamiento control; el consumo de heno aumentó en 8,13% y el de concentrado en 42,8%. Estas últimas cifras sugieren una preferencia por un alimento seco y aporte cantidades adecuadas de nutrientes digestibles, por lo que habría que darle importancia a la calidad de los ingredientes a incluir en un concentrado de iniciación.

CUADRO 4

GANANCIA DIARIA DE PESO Y CONSUMO DE ALIMENTOS Y DE NUTRIENTES HASTA LOS 120 DÍAS DE EDAD

Daily gain and feed and nutrients consumption up to 120 days of age

	Tratamientos			
	1	2	3	4
Número de animales Number of calves	5	5	5	5
	Crecimiento (kg) Growth			
Peso inicial Initial weight	39,4	35,5	35,7	40,7
Peso final Final weight	129,8	103,5	104,4	107,2
Ganancia diaria Daily gain	0,861 ^a	0,647 ^b	0,654 ^b	0,633 ^b
	Consumo total de alimentos (kg) Total feed consumption			
Leche Milk	480,0	240,0	240,0	120,0
Heno de alfalfa Alfalfa hay	131,6	119,8	127,9	142,3
Concentrado Concentrate	77,4	81,3	86,9	110,5
	Consumo total de nutrientes (kg) Total nutrients consumption			
Materia seca total Total dry matter	239,6	206,9	217,4	239,9
Materia seca no láctea Non lacteous dry matter	188,5	181,3	193,8	227,0
ENDT TDN	195,5	160,2	167,3	178,0
Proteína digestible Digestible protein	40,1	32,4	33,7	35,7
ENDT/PD	4,9	4,9	5,0	5,0

a, b, c, dígitos distintos indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según análisis de covarianza y prueba de Duncan.

En el cuadro 5 se detalla el promedio de consumo diario de nutrientes para los cuatro tratamientos a los 30, 60 y 120 días de edad. Cada cifra corresponde al promedio del grupo

durante 15 días previos a los días indicados. Así, para obtener los valores para los días de edad se computaron los valores promediados entre los días 16 y 30 inclusivos.

obtener los valores correspondientes a los 60 y 120 días de edad se procedió en igual forma. De esta manera se observó que a los 30 días de edad existió un consumo similar de nutrientes en los 4 tratamientos. Hacia la mitad del ensayo (60 días), la situación anterior cambió, presentando el tratamiento 1 el mayor

consumo de nutrientes, seguido por el tratamiento 4, con un consumo ligeramente inferior, y por los tratamientos 2 y 3, con un consumo apreciablemente más bajo. A los 60 días de edad el consumo de nutrientes de los terneros de los tratamientos 1 y 4 fue superior a los estándares del National Research Council

CUADRO 5

CONSUMO DIARIO DE NUTRIENTES DURANTE TRES PERIODOS DISTINTOS A LO LARGO DEL ENSAYO

Daily nutrient consumption during three different periods

Nutrientes Nutrients	Tratamientos Treatments			
	1	2	3	4
Consumo a los 30 días Consumption at 30 days	kg/día	kg/día	kg/día	kg/día
Materia seca Dry matter	0,81	0,71	0,72	0,77
Proteína digestible Digestible protein	0,17	0,13	0,16	0,14
ENDT TDN	—	0,63	—	0,68
Consumo a los 60 días Consumption at 60 days				
Materia seca Dry matter	1,78	1,43	1,55	1,82
Proteína digestible Digestible protein	0,31	0,23	0,25	0,27
ENDT TDN	1,52	1,14	1,23	1,40
Consumo a los 90 días Consumption at 90 days				
Materia seca Dry matter	4,52	4,01	4,27	4,31
Proteína digestible Digestible protein	0,70	0,59	0,61	0,63
ENDT TDN	3,36	2,92	2,97	3,01

en (1959) para terneros Holandés Americano; el consumo de nutrientes de los terneros del tratamiento 3 fue ligeramente inferior y los del tratamiento 2 son más bajos todavía que los de los estándares americanos. Estos resultados se reflejaron en el peso alcanzado por los terneros a esa edad. Si se analiza conjuntamente el consumo de nutrientes y el crecimiento de los terneros, reflejados en el peso corporal, se observa que ambos siguen aproximadamente las mismas fluctuaciones para los

distintos tratamientos. En este sentido, además se observó que, a pesar que el consumo de materia seca fue igual en los tratamientos I y IV, el consumo de proteína digestible y de ENDT fue 11 y 9% menor, respectivamente, en el tratamiento 4 (cuadro 4). Lo anterior sugiere una importancia para ambos nutrientes, cuyo consumo podría haberse aumentado, en los tratamientos con cantidades limitadas de leche, usando un concentrado con un mayor contenido en proteína.

RESUMEN

Se asignaron 20 terneros machos, Holstein mestizos, de 5 días de edad, a 4 tratamientos, con el objeto de estudiar un sistema de crianza con un mínimo de leche entera. Los niveles de leche empleados fueron 480 y 240 litros durante 120 días y 240 y 120 litros durante 60 días. Los terneros fueron criados en corrales individuales con libre acceso al agua y a heno de alfalfa con 15% de proteína cruda. Además, se les suministró un concentrado, con 14,1% de proteína cruda (12,8% de proteína digestible) y 5,5% de fibra cruda, cuyo consumo se limitó a 1,75 kg/día, lo que ocurrió alrededor de los 100 días de edad. Se midió ganancia diaria de peso y consumo diario de alimentos y nutrientes hasta los 120 días de edad.

Los resultados obtenidos indican que es posible disminuir el tiempo de alimentación láctea, siempre que se asegure un consumo adecuado de nutrientes especialmente en aquel período en que el consumo de heno y concentrado es todavía bajo y durante el cual el ternero tiene ciertas limitaciones. Además se observó que al disminuir la alimentación láctea aumentó el consumo de materia seca no láctea, especialmente aquella proveniente del concentrado. Esto pone de manifiesto la importancia que tiene la calidad de los ingredientes que deben incluirse en un concentrado de iniciación. Se discute la posibilidad del uso de un concentrado de iniciación con un mayor contenido proteico.

LITERATURA CITADA

BAGLINA, A.; C. A. DULCIC, C. CUEVAS y E. VON BAER, 1970. Aspectos de la crianza de terneros en la provincia de Santiago. *Agríc. Téc. (Chile)*, 30: 196.

COLVIN, B. M. y H. A. RAMSEY, 1968. Soy flour in milk replacers for young calves. *J. Dairy Sci.* 51: 898.

GARCÍA, F.; R. CAÑAS y E. CORREA, 1968. Crianza de terneros con cantidades limitadas de leche entera y descremada. *Nutr. Bromatol. Toxicol.* 7: 122.

GARCÍA, F. y J. J. ROMERO, 1968. Mancejo de lecherías en la zona central, IV Reunión de Producción Animal, 4: 120.

HIRSCH-REINSHAGEN, P.; R. COVACEVIC, R. CAÑAS, F. GARCÍA, F. GUZMÁN, E. LACHER, U. MORALES, P. SCHULTZ, S. SOTO y L. VARGAS, 1974. Ta-

blas de composición de alimentos chilenos de pecuario. *Cienc. Inv. Agr.*, 1: 54.

HUBER, J. T.; N. L. JACOBSON, R. S. ALLEN y P. HARTMAN, 1961. Digestive enzyme activity in young calf. *J. Dairy Sci.*, 44: 1494.

HUBER, J. T.; S. NATRAJAN and C. E. POLAN, 1967. Varying levels of starch in milk replacers. *J. Dairy Sci.*, 51: 1081.

KIRSCHGESSNER, M. y P. HIRSCH-REINSHAGEN, 1964. Aspectos fisiológicos de la producción de leche con alimentación de ensilaje. *Nutr. Bromatol. Toxicol.*, 3: 12, 1964.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE - NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1958. Nutrient Requirements Dairy Cattle. Publication Nº 464, Washington, D. C., USA.

SEPÚLVEDA, J., 1965. Comparación de tres sistemas de crianza artificial de terneros. Mimeo. Est. Barro Blanco (Osorno), INIA.

CONCENTRADOS PROTEICOS DE HOJAS DE ATRIPLEX NUMMULARIA¹

LEAF PROTEIN CONCENTRATES FROM ATRIPLEX NUMMULARIA

EDUARDO SILVA S. y CRISTINA PEREIRA CH.

Inst. de Ciencias Químicas, Universidad Católica de Chile, Depto. de Macromoléculas

SUMMARY

The following protein fraction were extracted from the green leaves of *Atriplex nummularia*: water extract (albumins); followed by extraction with aqueous 5% NaCl (globulins); followed by extraction with 0,01 N NaOH (glutelins). The pH solubility profile of these three protein fractions was very similar showing minimal solubility at around pH 3,5 and a region of maximum solubility above pH 10,0.

The leaves were also extracted with: a) 0,01 N NaOH, b) aqueous 5% NaCl, c) water, and d) 0,01 N HCl. The proteins from these extracts were concentrated by either, adjusting the pH at the point of minimal solubility or by steaming. Aqueous NaOH (0,01 N) extracted more protein than any of the other media. However, steaming of this extract was unsuccessful, and a protein precipitate could only be obtained by adjusting the pH to 3,5.

The proteins from the above mentioned extracts have a fairly well balanced amino acid composition. The percentages of essential amino acids are higher than the reference protein used by FAO. Vegetable proteins usually have a low content of Lysine and Methionine. However, the percentages of Lysine and Methionine found in the extracts of *Atriplex nummularia* lie between 6%-8,7% and 1,8%-2,2% respectively.

INTRODUCCION

Los métodos para la preparación de concentrados proteicos de hojas han sido estudiados durante más de veinte años por Pirie y colaboradores (Morrison *et al.*, 1961; Pirie, 1966; Pirie, 1975) en la estación experimental "Rosedale" y posteriormente por Chayen *et al.*, (1961) de la "British Glucs and Chemicals". El proceso diseñado por Pirie (Davies *et al.*, 1961; Morrison *et al.*, 1961) envuelve el pulpeado de las plantas verdes en un molino de batido modificado, y extracción del jugo en prensa. El concentrado proteico es separado del jugo por calentamiento, y el precipitado obtenido se prensa adquiriendo la consistencia de un queso. El procedimiento descrito por Chayen *et al.*, (1961) es similar, excepto que la hoja es pulpeada con un volumen ma-

yor de líquido (la relación líquido/sólido oscila entre 5-15/1) y la proteína es precipitada con ácido.

La extracción de proteínas depende de diferentes factores entre los cuales cabe destacar la especie, variedad, edad, estación y capacidad de la planta para volver a crecer después del corte (Byers *et al.*, 1965). Una mayor cantidad de proteína se extrae de hojas nuevas (Byers *et al.*, 1965; Morrison *et al.*, 1961; Byers, 1971), variando la relación entre las proteínas citoplasmáticas y cloroplasmáticas a medida que aumenta el grado de madurez. Este cambio afecta generalmente más a las últimas, ya que la proteína extraída de hojas maduras tiende a contener una mayor proporción de las citoplasmáticas (Henry *et al.*, 1965).

Comparando con la proteína de referencia de la FAO (1965), todas las proteínas de hojas son ricas en lisina, siendo en promedio la

cantidad de este aminoácido una vez y media mayor que la de la proteína de referencia (Byers, 1971).

En este trabajo se estudia el efecto del solvente inorgánico, pH y fuerza iónica en la extracción de proteínas de hojas verdes de *Atriplex nummularia*. Para concentrar la proteína extraída se emplea la precipitación en el punto de mínima solubilidad y la coagulación por corriente de vapor.

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES

Hojas verdes de *Atriplex nummularia* (A. N.) fueron obtenidas en el fundo experimental de la Universidad de Chile, "La Rinconada" en Maipú, y almacenadas en un freezer a -16°C.

MÉTODOS

Homogeneización y extracción. Las homogeneizaciones fueron hechas con distintos solventes, variando la fuerza iónica, y el pH, empleando un homogeneizador a la velocidad máxima durante 5 minutos. Los homogeneizados se extraen posteriormente con agitación mecánica durante dos horas.

La proteína extraída fue concentrada por precipitación en el punto de mínima solubilidad, o coagulando mediante inyección de vapor hasta alcanzar una temperatura máxima de 80°C.

CURVAS DE SOLUBILIDAD

Se trazaron las curvas de solubilidad de las proteínas de hojas, variando el pH por adición de ácido o alcali con una bureta y midiendo la densidad óptica del sobrenadante a 280 nm. Se aplica un factor de corrección debido a la dilución.

El nitrógeno fue determinado por el método Micro-Kjeldahl y se analizó la composición aminoacídica con ayuda de un equipo Beckman 120 C, después de hidrólisis ácida de acuerdo a lo descrito por Gundlach *et al.*, (1959).

Una vez conocido el punto de mínima solubilidad de las proteínas presentes en hojas verdes de *Atriplex nummularia* se procedió a la extracción de concentrados proteicos empleando diferentes soluciones acuosas. El material de partida fue en todos los casos 125 g de hojas frescas, las cuales fueron homogenei-

zadas con 250 ml de la solución correspondiente. Como homogeneizadores se utilizaron uno de uso doméstico y otro de laboratorio Waring Blendor, siendo los porcentajes de extracción muy superiores en este último caso. La mayor dificultad para obtener rendimientos altos de extracción radica en la ruptura de la pared celular (Chibnall *et al.*, 1939), y por lo general se ha empleado la fuerza mecánica para lograrlo (Davies *et al.*, 1961; Morrison *et al.*, 1961; Chayen *et al.*, 1961).

Las soluciones acuosas empleadas fueron las siguientes:

1. NaOH 10⁻² N

Los esquemas de solubilidad indicaban que los pH alcalinos serían los más convenientes para realizar la extracción y, por lo tanto, NaOH 10⁻² N (pH = 12) parecía ser el más adecuado. El pH final obtenido después de la extracción fue de 8.

2. NaOH 10⁻² N (→ 10)

En este segundo caso también se extrajo con NaOH 10⁻² N, pero se mantuvo el pH a 10 durante los primeros 15 minutos de la extracción, período en el cual se notaba en el primer caso un descenso brusco y continuado en el pH. El pH final después de esta extracción fue de 8,9.

3. H₂O

En este tercer caso se empleó agua como solvente, alcanzándose la fuerza iónica de la única y exclusivamente a las sales presentes en las hojas. El pH final fue de 7,9.

4. NaCl 5%

Se extrajo con una solución salina al 5% de NaCl, alcanzándose un pH final de 7,6.

5. HCl 10⁻² N

Hojas extraídas con HCl 10⁻² N, luego de un tiempo de extracción, se ajustó el pH a 10,0. Aquellos logrados cuando se precipita directamente en el punto de mínima solubilidad. El uso de un extracto fuertemente ácido, como el HCl, no fue posible coagular y se concentró en PMS.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con el objeto de poder determinar las mejores condiciones para la extracción de proteínas en hojas verdes de *Atriplex nummularia* se estudió la solubilidad en función del pH de las fracciones proteicas solubles en H₂O (albúminas), soluciones salinas (globulinas) y en NaOH (glutelinas) (Osborne, 1919; Davies *et al.*, 1969). En general todas las fracciones presentaron un esquema muy similar con un punto de mínima solubilidad igual a 15. Los valores aumentan a partir de este pH, tanto en el sentido de la zona más ácida como en la más alcalina, obteniéndose a pH 10 una región de máxima solubilidad. En el cuadro 1 se indica el porcentaje de

la proteína soluble extraída después de homogeneización y tratamiento durante dos horas, con los solventes inorgánicos recién indicados. La proteína soluble en A.N. corresponde al 8,9% de la materia seca en hojas verdes, y se logra después de extracciones sucesivas con H₂O, NaCl 5% y NaOH 10⁻² N. Los extractos fueron concentrados empleando comparativamente dos métodos: precipitación en el punto de mínima solubilidad (P.M.S.) o bien coagulando mediante calentamiento a 80°C con una corriente de vapor (Δ).

En el cuadro 1 se indica el porcentaje de

CUADRO 1

PORCENTAJE DE PROTEINA EXTRAIDA (100% = PROTEINA EXTRAIDA DESPUES DE TRES EXTRACCIONES SUCEASIVAS EN H₂O, NaCl 5% y NaOH 10⁻² N) EMPLEANDO DIFERENTES SOLUCIONES ACUOSAS. LA PROTEINA DE LOS EXTRACTOS FUE OBTENIDA YA SEA POR PRECIPITACION EN EL PUNTO DE MINIMA SOLUBILIDAD (PMS) O BIEN COAGULANDO POR CALENTAMIENTO CON CORRIENTE DE VAPOR (Δ)

Extracted protein (%) (100 = extracted protein after three extractions in H₂O, 5% NaCl and 10⁻² N NaOH) using different aqueous solutions. The proteins from the extracts were obtained either by precipitation at the point of minimum solubility (PMS) or steaming (Δ).

Tipo de extracción Type of extraction	pH (b) f	PMS %	Δ %	PMS (c) %
NaOH 10 ⁻² N	8	54,1		54,7
NaOH 10 ⁻² N → 10,0 (a)	8,9	74,9		83,4
H ₂ O	7,9	60,6	8,5	
NaCl 5%	7,6	60,6	39,7	
HCl 10 ⁻² N	7,9	56,7	16,3	

(a) A los 15 min. de extracción se ajustó el pH a 10,0.

(b) pH tomado después de la extracción.

(c) A estos pH no fue posible coagular y se concentró en PMS.

Los concentrados proteicos extraídos con NaOH 10⁻² N y NaOH 10⁻² N (→ 10) no fueron posibles de coagular, y después del calentamiento con vapor fueron llevados a pH 3,5, obteniéndose rendimientos algo mayores a aquellos logrados cuando se precipita directamente en el punto de mínima solubilidad. El uso de un extracto fuertemente ácido, como el HCl, no fue posible coagular y se concentró en PMS. Comparando los resultados obtenidos cuando se concentran las muestras en el PMS, después de extraer con diferentes solventes, se observa que mientras más alcalino es el pH en la extracción, mayores son los rendimientos

de ella. Esto concuerda perfectamente con el esquema de solubilidad discutida anteriormente.

El cuadro 2 muestra la composición aminoacídica esencial en proteínas concentradas en el PMS.

Los concentrados obtenidos con NaOH 10⁻² N (→ 10) presentan, además del rendimiento más alto de extracción, la mejor composición aminoacídica. El porcentaje de lisina en este concentrado es bastante alto y simultáneamente la metionina alcanza el valor sugerido por la FAO. Los porcentajes de metionina en los otros concentrados se encuentran dentro de los márgenes lógicos después de los

valores observados en las fracciones separadas de acuerdo a la serie Osborne.

Los concentrados proteicos obtenidos al precipitar en el PMS y coagulando, presentan

porcentajes de proteína que oscilan entre y el 50%, siendo mayores cuando se hace la coagulación como técnica de concentrado.

CUADRO 2

COMPOSICION DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN PROTEINAS CONCENTRADAS EN EL PUNTO DE MINIMA SOLUBILIDAD Y EXTRAIDAS CON DISTINTOS MEDIOS

Essential amino acid composition from proteins concentrated at the point of minimum solubility and extracted with different aqueous solutions.

Tipo de extracción Type of extraction		Aminoácidos esenciales (a)					
		Ileu	Leu	Lys	Met	Phe	Thr
NaOH	10 ⁻² N	4,7	9,1	8,7	1,8	5,2	5,8
NaOH	10 ⁻² N	3,7	9,9	7,1	2,2	6,1	4,6
	10 (b)						
H ₂ O		4,1	9,7	6,0	1,8	4,6	5,3
NaCl	5%	5,2	9,7	6,7	2,0	5,4	4,9
HCl	10 ⁻² N	5,0	9,4	7,0	1,8	6,1	6,3

(a) g de aminoácido/100 g de aminoácido recuperado.
(b) A los 15 min. de extracción se ajustó el pH a 10.

Todas las muestras anteriormente mencionadas presentan coloración verdosa en mayor o menor grado y, por lo tanto, en una etapa posterior deben ser sometidas a decoloración. En un primer intento se probó la utilización de una mezcla de solventes orgánicos (benzeno/metanol = 1/1 (v/v)), y en cuanto a la temperatura de trabajo y sistema de extracción, se utilizó el método discontinuo a temperatura ambiente y el continuo en caliente con ayuda de un aparato Soxhlet.

La pérdida de peso que experimentan los concentrados proteicos cuando son extraídos en caliente, es aproximadamente el doble de la obtenida a temperatura ambiente. Este ren-

dimiento de extracción mayor a temperaturas altas, no siempre va acompañado con un aumento del porcentaje de proteína en el concentrado, lo que significa que con la extracción parte de ella es también arrastrada. La cantidad de proteína en las muestras de referencia es del orden del 70%.

La decoloración de los concentrados proteicos es un problema bastante complejo y debe ser estudiado en forma más detallada. Este estudio debe ir aparejado con el de la solubilidad, ya que muchas veces el empleo de solventes va acompañado con una pérdida de ésta.

teínas en solución fueron concentradas comparando dos métodos: precipitación en el punto de mínima solubilidad y coagulación por corriente de vapor.

De los medios de extracción empleados, resultó ser el NaOH 0,01 N el solvente más eficaz, pero bajo estas condiciones de pH no fue posible la coagulación y se pudo concentrar solamente precipitando en el punto de mínima solubilidad.

El contenido de lisina y metionina en la mayoría de las proteínas de hojas está en el rango de 5,2 a 7,1% para lisina, y 1,3 a 2,7% para metionina (Lugg, 1949; Smith y Agiza, 1951; Kuppuswamy *et al.*, 1958). Los concentrados proteicos aislados en el presente trabajo poseen contenidos de lisina que oscilan entre el 6,0 al 8,7% y de metionina entre el 1,8 y el 2,2%, siendo estos últimos porcentajes algo bajos, ya que la proteína de referencia de la FAO presenta 2,2% de este aminoácido.

La gran cantidad de lisina que poseen estos concentrados abren la posibilidad de un estudio posterior, para obtener un producto rico en este aminoácido, que podría servir de suplemento de otros alimentos pobres en él.

LITERATURA CITADA

- GUNDLACH, H. G.; S. MOORE and W. H. STEIN, 1959. J. Biol. Chem., 234, 1754.
- HENRY, K. M. and J. E. FORD, 1965. The nutritive value of leaf protein concentrates determined in biological tests with rats and by microbiological methods. J. Sci. Fd. Agric. 16, 425.
- KUPPUSWAMY, S.; M. SRINIVASAN and V. SUBRAMANIAM, 1958. Proteins in foods. Indian Council. Med. Res. Rep. 33, 221.
- LUGG, J. W. H., 1949. Advance Protein Chem. 5, 229.
- MORRISON, J. E. and N. W. PIRIE, 1961. The large-scale production of protein from leaf extracts. J. Sci. Fd. Agric. 12, 1.
- OSBORNE, T. B., 1919. The vegetables proteins. Longmans Green & Co., London.
- PIRIE, N. W., 1966. Leaf protein as a human food. Science 152, 1701.
- PIRIE, N. W., 1975. Leaf protein: a beneficiary of tribulation. Nature 253, 239.
- SMITH, A. M. and A. H. AGIZA, 1951. J. Sci. Fd. Agric. 2, 503.
- DAVIS, M., 1971. Amino acid composition and in vitro digestibility of some protein fractions from three species of leaves of various ages. J. Sci. Fd. Agric. 22, 242.
- DAVIS, M. and J. W. STURROCK, 1965. The yields of leaf protein extracted by largescale processing of various crops. J. Sci. Fd. Agric. 16, 341.
- CHAYES, I. H.; R. H. SMITH; G. R. TRISTRAM; D. THURTELL and T. WEBB, 1961. The isolation of leaf components. J. Sci. Fd. Agric. 12, 502.
- CONNELL, A. C., 1939. Nitrogen Metabolism in the plant. Yale University Press.
- CONNELL, A. C.; M. W. REES and J. W. H. LUGG, 1963. J. Sci. Fd. Agric. 14, 234.
- DAVIS, D. D.; J. GIOVANELLI y T. A. P. REES, 1969. Química vegetal, p. 4, Ediciones Omega S. A., Barcelona.
- DAVIS, M. N. G. y N. W. PIRIE, 1960. Engineering 190, 247.
- FAO, 1965. Nutr. Mtg. Rep. Serv. Nº 37 (Rome: Food and Agriculture Organization).

RESUMEN Y CONCLUSIONES

A partir de hojas verdes de *Atriplex nummularia* se extrajeron sucesivamente las siguientes fracciones proteicas: albúminas (solubles en H₂O), globulinas (solubles en NaCl 5%) y glutelinas (solubles en NaOH 0,01 N). A los tres grupos de proteínas se les estudió su solubilidad en función del pH, presentando un comportamiento muy similar con un punto de mínima solubilidad alrededor del pH 3,5 y una zona de máxima solubilidad a valores de pH superiores a 10.

Se obtuvieron extractos proteicos empleando los siguientes medios de extracción: a) NaOH 10⁻² N; b) NaCl 5%; c) H₂O, y d) HCl 10⁻² N. Las pro-

NORMAS PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

La Revista aparecerá en cuatro números anuales que formarán un volumen. Cada número tendrá las siguientes secciones:

1. *Investigaciones*: Serán trabajos originales, que usando el sistema lógico, adopten las normas establecidas por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA). Estas investigaciones serán agrupadas por materias específicas: Desarrollo Rural, Economía Agraria, Fitotecnia, Frutales y Vitis, Suelos, Zootecnia, Misceláneos.

2. *Notas de Investigación*: Comunicaciones cortas y originales sobre un tema específico que no se ciñan a las normas establecidas para un trabajo científico.

3. *Puesta al Día*: Revisión bibliográfica, traducciones, resúmenes o comentarios de artículos científicos, libros y otras publicaciones nacionales o extranjeras, que pueden ser de interés para los lectores de la publicación.

4. *Crónica*: Información de actividades de la Facultad y/o Universidad, o de eventos de carácter extranjero que puedan ser de interés.

La Revista estará abierta a recibir colaboraciones de autores de otras universidades o institutos de investigación. Los trabajos enviados deberán ceñirse a las normas de publicación de la Revista y estarán sujetos a revisión por el Comité Editor o la persona que éste designe, antes de ser publicados.

Cada artículo debe constar de las siguientes partes:

a) Título; b) Autor; c) Institución o unidad académica en que se realizó el trabajo; d) Summary; e) Introducción; f) Materiales y Métodos; g) Presentación de resultados y discusión; h) Conclusiones; i) Resumen; j) Literatura citada.

Los trabajos deben ser mecanografiados a doble espacio, numerándose todas las páginas, incluso las de cuadros y figuras, debiéndose entregar un original y dos copias. Los cuadros deben ser lo más simples posibles, sólo con los datos esenciales. Cada cuadro debe ser entregado en hoja aparte, con los pesos y medidas expresados en sistema métrico decimal y las temperaturas en grados Celsius. La leyenda debe ser mecanografiada en hoja aparte. Las fotografías deben ir con su título respectivo. El aumento correspondiente a las microfotografías debe indicarse en la leyenda. Figuras, cuadros, gráficos, etc., deben ser dibujados en cartulina con tinta china negra (no se aceptará escritura a máquina sobre este material).

NORMAS A APLICARSE EN CADA SECCION DEL MANUSCRITO

Título: En mayúscula y con su traducción en inglés.

Autor: Nombre de pila y primer apellido. No se usarán títulos ni grados académicos. La información adicional puede hacerse en notas al pie de la página. Primera letra del nombre y del apellido en mayúsculas. Los nombres de los autores separados por coma.

Introducción: No debe exceder de 200 palabras. En ella se indicará la interrogante o problemática y las razones por las cuales se plantea.

Notas al pie de página: Deben enumerarse en forma continua a través de todo el artículo. Las correspondientes a los cuadros serán identificadas con letras en forma individual para cada uno. Significancia de estadísticas se indica usualmente con asteriscos.

Título de Texto: Habrá tres tipos de títulos de texto. Sólo la primera letra de cada sustantivo será en mayúsculas.

1. Título principal: aparecerá al centro de la página.

2. Primer subtítulo: aparece al margen izquierdo de la página en letra bastardilla (se señala subrayado en el manuscrito), al principio del párrafo en líneas aparte.

3. Segundo subtítulo: aparece en el margen izquierdo en letra bastardilla al principio del párrafo y separado por punto del resto del párrafo. Usar el tipo 3 preferencialmente.

Citas en Literatura: Como normas generales se usarán las indicadas por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) de la OEA (Redacción de Referencias Bibliográficas). Se harán en el texto de dos formas, dependiendo de la estructura de la frase.

1) Brown (1948) demostró en la cabra montés y Archibald y Mc Clintock (1949 a, b) y Best *et al.* (1951) en bovinos, que...

2) Se ha demostrado en la cabra montés (Brown 1948) como también en bovinos (Archibald Mc Clintock, 1949 a, b; Best *et al.* (1951), que...

Literatura citada: La literatura no publicada no se incluye en la lista de la literatura citada. Se coloca en el texto como comunicación personal o datos no publicados. En la lista de literatura citada se tomarán en cuenta las siguientes normas:

Se posponen las iniciales de los nombres de los autores sólo para citar al primero de cada referencia. La lista de citas se hará por orden alfabético. Se usa el orden cronológico cuando existen varias publicaciones de los mismos autores, siempre que el nombre de los autores esté dado en el mismo orden. Sólo la primera palabra y los nombres propios comienzan con letras mayúsculas. En caso de letras que comienzan con mayúsculas todos los sustantivos o adjetivos sustantivados. También se anota la edición, la editorial y la ciudad de publicación. La abreviación de una revista citada no es seguida de coma.

Material gráfico: Debe emplearse siempre que lo explicado no pueda expresarse fácilmente en el texto. El gráfico debe reemplazar al texto y no duplicarlo. Cuando se utilizan gráficos, cuadros, etc., deben ser claros, simples, concisos. Se debe seleccionar el mínimo de datos necesarios para mostrar los puntos que se deseen enfatizar y así pueda ser analizado con facilidad. Los títulos principales irán en mayúsculas, no seguidos de punto y con su traducción al inglés. Esto deberá subrayarse. Cada columna tendrá su encabezamiento, e irá también traducido al inglés. Sólo la primera letra de estos títulos irá con mayúscula. Los asteriscos se usan solamente para indicar significancia y deben ir acompañados de notas al pie de la página. Para marcar otras notas al pie del cuadro deben usarse letras minúsculas elevadas. Evítense el uso de líneas verticales y de signos especiales. Las desviaciones estándares de promedio (errores estándares) se pueden agregar a los valores con un signo más o menos, pero para ello es conveniente usar una columna o líneas separadas. Las desviaciones estándares (de observaciones) no deben agregarse a los valores, pero deben aparecer en una columna o línea separada. Las técnicas estadísticas para hacer test de significancia entre varios valores se indican en Snedecor (1965), p. 251 y sig. y Steel y Torrie (1960), p. 106 y sig.

Figuras: Mapas y figuras íntegramente dibujados con tinta china. Los originales no deberán ser más grandes que 21,5 x 27,5 cm, debiendo enviarse dos ejemplares de cada uno. Las fotografías deben tener buenos contrastes. Los mosaicos fotográficos deben presentarse montados sobre una hoja de papel, totalmente terminados, con leyendas y numeración. Deben entregarse en hojas separadas marcadas con: Figura y su respectiva traducción al inglés, subrayada.

Material de estadísticas: Las tablas deben ser usadas cuando los lectores necesitan números exactos o cuando el material no puede ser graficado. Los datos deben ser resumidos y analizados con métodos estadísticos que usen eficientemente la información de que se dispone.

Otros: Usar sólo sistema métrico decimal. No usar mayúsculas en las palabras cuadro o figura dentro del texto. Use números arábigos. Las abreviaciones siempre en singular. Agradecimientos deben aparecer en la primera página como nota al pie del autor. Por cada número se consideran 10 separatas (apartados) en forma gratuita. Cada separata adicional deberá pagarse de acuerdo a los costos del momento.