

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**Instituto de Ciencias Agrícolas
Instituto en Investigaciones en Ciencias Veterinarias**



**PRUEBAS TECNOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS DE GENOTIPOS
SOBRESALIENTES DE TRIGOS DE GLUTEN FUERTE
EVALUADOS EN 3 AMBIENTES DEL VALLE DE MEXICALI**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA

FAVIOLA NORIS ROBLES

DIRECTOR

DR. JUAN FRANCISCO PONCE MEDINA

**ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR
INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California. Diciembre del 2013

COMITÉ PARTICULAR

**Director: _____
Dr. Juan Francisco Ponce Medina**

**Co-director: _____
Dra. Patricia Isabel Torres Chávez**

**Asesor: _____
Dr. Alejandro Manelik García López**

**Asesor: _____
Dr. Manuel Cruz Villegas**

**Secretario: _____
Dr. Carlos Enrique Ail Catzim**

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Por brindarme la oportunidad mediante el otorgamiento de una beca para la realización de mis estudios de doctorado.

Al Instituto de Ciencias Agrícolas

Por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de doctorado, y con el apoyo de beca realizar una estancia en la Universidad de Sonora para culminar la última etapa de experimentación, a mis maestros, que son parte importante para mi formación profesional, gracias.

Al Dr. Juan Francisco Ponce Medina por darme la oportunidad de realizar esta investigación y por apoyarme.... Gracias por estar ahí. . . . Por fin se ha logrado finalizar esta etapa de mi formación profesional. Mi más profundo agradecimiento por ayudarme a conseguir este logro personal.

AL M.C Juan José Paz Hernández por darme la oportunidad de integrarme a su equipo de trabajo para realizar esta investigación y por brindarme sus conocimientos, que fueron de gran ayuda para culminar esta etapa de mi vida. Gracias

A la Molinera del Valle por brindarme su apoyo en infraestructura para realizar los análisis Reológicos y al personal que se encuentra en el laboratorio (Rosita y Beto)

A la Dra Patricia Isabel Torres Chávez, por brindarme su apoyo, su conocimiento y la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo y realizar los análisis de proteínas, al Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, gracias!

Al Dr. Alejandro Manelik García López, al Dr. Manuel Cruz Villegas y Dr. Carlos Enrique Ail Catzim por su invaluable apoyo en la redacción de la tesis. Gracias

A todos mis profesores y amigos, que de alguna forma contribuyeron a la realización de esta tesis muchas gracias!!!

Dedicatoria

A mi esposo Manuel, gracias por brindarme tu apoyo y siempre estar conmigo en los momentos más difíciles. Gracias a Tí se ha logrado realizar mi sueño profesional. A mi mamá, por estar siempre conmigo, dando esos consejos justo en el momento que los necesito, gracias. A ustedes dedico esta tesis reflejo del gran esfuerzo y dedicación.

Con amor. . . .

FAVIOLA

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Agradecimientos -----	III
Dedicatorias -----	V
Índice de cuadros -----	VIII
Índice de figuras -----	IX
1. INTRODUCCIÓN -----	1
2. OBJETIVOS -----	3
2.1 Objetivo general -----	3
2.2 Objetivos específicos -----	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA -----	4
3.1 Generalidades de trigo -----	4
3.1.1 Clasificación del trigo-----	4
3.1.2 Producción de trigo -----	6
3.2 Calidad de trigo -----	6
3.3 Proteínas del gluten de trigo -----	7
3.3.1 Gluteninas y su clasificación -----	7
3.3.1.1 Gluteninas de Alto Peso Molecular (GAPM) -----	7
3.3.1.2 Gluteninas de Bajo Peso Molecular (GBPM) -----	8
3.3.2 Gliadinas y su clasificación -----	9
3.4 Factores que afectan la calidad de trigos de gluten fuerte -----	9
3.4.1 Fertilización -----	10
3.4.2 Déficit de riegos -----	11
3.4.3 Estrés por calor -----	11
3.4.4 Fechas de siembra -----	12
3.4.5 Genotipo -----	13
4. MATERIALES Y MÉTODOS -----	14
4.1 Obtención de la harina -----	14
4.2 Etapa I. Análisis de fracciones de proteínas de proteínas de la harina -----	15
4.2.1 Extracción de gliadinas -----	15

4.2.2 Separación de las fracciones de gliadinas mediante RP-HPLC -----	15
4.2.3 Extracción de gluteninas -----	15
4.2.4 Separación de las fracciones de gluteninas mediante RP-HPLC -----	16
4.3 Etapa II. Análisis de parámetros reológicos -----	16
4.3.1 Análisis químico -----	16
4.3.2 Prueba del alveógrafo -----	16
4.3.3 Prueba del farinógrafo -----	17
4.4 Análisis estadístico -----	17
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	18
5.1 Etapa I. Análisis de fracciones de proteínas de proteínas de la harina -----	18
5.1.1 Gluteninas -----	18
5.1.2 Gliadinas -----	21
5.2 Etapa II. Análisis de parámetros reológicos -----	24
5.2.1 Contenido de proteína -----	24
5.2.2 Evaluación de fuerza en masa -----	26
5.2.3 Índice de elasticidad -----	27
5.2.4 Estabilidad en masa y absorción total de agua -----	28
6. CONCLUSIONES-----	30
7. RECOMENDACIONES-----	31
8. LITERATURA CITADA -----	32
9. ANEXOS-----	39
Artículos en proceso de publicación-----	39
Al veogramas representativos de las líneas experimentales evaluadas en los tres ambientes de prueba -----	40
Farinogramas representativos de las líneas experimentales evaluadas en los tres ambientes de prueba -----	52

Índice de cuadros

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación de los trigos mexicanos con base en la funcionalidad del gluten-----	5
Cuadro 2. Características de los ambientes empleados (O.I. 2009-2010)-----	14
Cuadro 3. Porcentaje de Gluteninas de Alto Peso Molecular (GAPM) de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali-----	19
Cuadro 4. Porcentaje de Gluteninas de Bajo Peso Molecular (GBPM) de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali.-----	20
Cuadro 5. Porcentaje de ω -gliadinas de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali-----	21
Cuadro 6. Porcentaje de $\alpha+\beta$ -gliadinas de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali-----	23
Cuadro 7. Porcentaje de γ -gliadinas de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali-----	24
Cuadro 8. Contenido de proteína (%) en harina de 6 genotipos de trigos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali-----	25
Cuadro 9. Porcentaje de humedad en harina de 6 genotipos de trigo evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali-----	25
Cuadro 10. Evaluación de Fuerza (W) en masa de la harina de trigo de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali -----	26
Cuadro 11. Índice de elasticidad (P/G) en masa de 6 genotipos de trigos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali -----	27
Cuadro 12. Estabilidad de masa (min) de 6 genotipos de trigos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali-----	28
Cuadro 13. Absorción total (mL) de agua en harina de 6 genotipos de trigo evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali-----	29

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Cromatogramas de las GAPM y GBPM de la línea 3 evaluado en 3 ambientes-----	19
Figura 2.- Cromatogramas representativos de las fracciones de gliadinas de línea 24 evaluada en 3 ambientes-----	22

1.- INTRODUCCIÓN

El Valle de Mexicali es uno de los principales productores de trigo aportando 527, 768 t en el año 2008 (SIAP, SAGARPA 2010), del total que se produce solo el 14.53 % (76,709 t) pertenece a trigo fuerte, este es destinado a panificación y es acepado en la industria siempre que cumpla con características de calidad. En forma general, se puede definir calidad de trigo como su capacidad para dar un producto final con excelentes características y que cumpla con los requisitos del diseño original. Por otra parte definir calidad de trigo resulta complejo debido a que es enfocado desde diferentes aspectos por productores, molineros, panaderos y consumidores (Mladenov *et al.*, 2001)

Los productores están principalmente concentrados en el rendimiento, resistencia a enfermedades, y en satisfacer los requerimientos de calidad que les imponen los molineros (Mladenov *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2006)

Para los molineros el contenido de extracción es prioritario. Consideran sanidad del grano, y sus características físicas, como peso hectolitro, tamaño del grano, peso, dureza y rendimiento potencial de la harina, más los parámetros de calidad que le podrían exigir los panaderos.

La perspectiva del panadero está relacionado con las propiedades de la harina como contenido de proteína, absorción de agua, tiempo del mezclado, tolerancia al mezclado fermentación, volumen potencial del pan. Muchas de estas propiedades dependen de la cantidad como calidad de las proteínas (Islas *et al.*, 2005).

La calidad de la proteína del trigo está determinada por la composición de las gliadinas y gluteninas que forman el gluten (Gianibelli *et al.*, 2002)

Las gliadinas son una mezcla compleja de polipéptidos simples, mientras que las gluteninas, consisten de subunidades que son agregadas principalmente por enlaces disulfuro (D'Ovidio y Masci, 2004).

Las gluteninas son de las moléculas más grandes en la naturaleza, su tamaño puede llegar hasta 10 millones de Da (Hernández *et al.*, 2004).

La gliadina es un polipéptido monomérico de tamaño mediano, en un rango de 30 a 50 KDa. Las gliadinas se clasifican en α , β , γ y ω -gliadinas (Wrigley y Békes, 1999; Cherian y Chinachoti, 1996).

Las gluteninas dan fuerza y elasticidad a la masa de trigo mientras que las gliadinas son responsables de las propiedades de extensibilidad y cohesividad (D'Ovidio y Masci, 2004).

Las fracciones de proteínas se acumulan durante el periodo de llenado de grano y son usadas como fuentes de nitrógeno durante la germinación de la semilla (Shewry y Halford, 2002).

Altos rendimientos y buena calidad panadera, son características deseables en el mercado actual de trigo. (Luo *et al.*, 2000) Ambas características pueden ser incrementadas al tomar en cuenta factores como el clima, suelo, variedad a cultivar y el manejo agronómico principalmente la nutrición del cultivo (Darwich y Darwich, 2004; Fuertes *et al.*, 2010).

Existen varias pruebas empíricas que se han utilizado para predecir el comportamiento tecnológico y calidad panadera de las harinas (Islas *et al.*, 2005). Las más importantes son las pruebas reológicas que se hacen mediante el alveógrafo y farinógrafo ya que los resultados de estas pruebas están relacionadas con las fracciones de proteínas antes mencionadas.

Es por ello que en este estudio se llevó a cabo el análisis reológico de las masas y se cuantificó el contenido de gluteninas y gliadinas que componen al gluten de trigo, se evaluó una variedad comercial y 5 líneas avanzadas las cuales han sido previamente modificadas para tener un mayor rendimiento, y una mejor calidad en cuanto al contenido de proteínas, lo cual es un parámetro que exige tanto el molinero y panadero para que el producto terminado, tenga las características que el consumidor exige.

2.- OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Identificar genotipos sobresalientes mediante parámetros bioquímicos y reológicos en 5 líneas avanzadas y 1 variedad comercial de trigos panaderos, en 3 ambientes en el valle de Mexicali.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros desarrollo de la masa, extensibilidad y tenacidad de las harinas de trigo de 5 líneas avanzadas y 1 variedad comercial en 3 ambientes
- Evaluar el contenido de proteína total, subunidades de gluteninas de alto y bajo peso molecular, y fracciones de gliadinas que componen a las harinas de trigo, de 5 líneas avanzadas y 1 variedad comercial en 3 ambientes
- Identificar las líneas sobresalientes de trigos en base a los parámetros de calidad evaluados.

3.- REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades del trigo

El trigo es uno de los cereales más importantes cosechados en el mundo en términos de producción y utilización (Serna-Saldivar, 1996), es una fuente de energía, proteína y de fibra dietaria en la nutrición humana (Kent, 1984; Anjum *et al.*, 2007).

La composición química del grano de trigo en general está dada por carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales, agua, pequeñas cantidades de vitamina y pigmentos. Los constituyentes principales del trigo comprenden: 64-70% carbohidratos, 14% proteínas, 2% lípidos, 1.8% minerales y 12% fibra dietaria (Fabriani y Lintas, 1988).

3.2 Clasificación del Trigo

El trigo es el cereal que tiene más sistemas de clasificación por su alta versatilidad y los distintos usos terminales. Por sus características genéticas, se clasificó en tetraploides (AABB), y hexaploides (AABBDD), el trigo cristalino pertenece a los tetraploides mientras que los panaderos pertenece a los hexaploides, este trigo a diferencia de los cristalinos tienen un genoma D, la ausencia de este genoma, reduce el potencial para la panificación (Atwell, 2001).

Por cosecha el trigo se clasifica en invernal y primaveral, por textura del endospermo en vítreo y harinoso, por dureza del endospermo en duros y blandos, según su fuerza en fuertes y débiles (Garza, 1999).

En México el trigo se clasifica en cinco grupos de acuerdo a la funcionalidad del gluten (Cuadro 1) (Serna-Saldívar, 1996).

Cuadro 1. Clasificación de los trigos mexicanos con base en la funcionalidad del gluten.

Grupo	Denominación	Características
I	Fuerte	Gluten fuerte y elástico apto para la industria mecanizada de panificación. Usados para mejorar la calidad de trigos débiles.
II	Medio-Fuerte	Gluten medio-fuerte apto para la industria artesana de panificación.
III	Suave	Gluten débil o suave pero extensible apto para la industria galletera. Usado para mejorar las propiedades de trigos tenaces.
IV	Tenaz	Gluten corto o poco extensible pero tenaz, apto para la industria pastelera y galletera
V	Cristalino	Gluten corto y tenaz, apto para la industria de pastas y sopas.

Fuente: Serna – Saldivar, 1996.

En general los trigos que pertenecen al grupo I y II se usan para panificación, los trigos III para la industria galletera y el trigo V, también llamado trigo cristalino se usa principalmente para pastas como ya se mencionó anteriormente (cuadro 1).

En menor proporción, se usa en la elaboración de cerveza, whisky y alcohol industrial. Los trigos de menor calidad y los subproductos de la molienda y de la elaboración de cervezas y destilados se aprovechan como piensos para el ganado (Fabriani *et al.*, 1988).

3.1.2 Producción de trigo

El Valle de Mexicali es uno de los principales productores de trigo aportando 527, 768 t en el año 2008 (SIAP, Sagarpa 2010), del total que se produce solo el 14.53 % (76,709 t) pertenece a trigo fuerte, este es destinado a panificación y es acepado en la industria siempre que cumpla con características de calidad.

3.2 Calidad de trigo

En forma general, se puede comprender como calidad de trigo, a su capacidad para dar un producto final con excelentes características y que cumpla con los requisitos del diseño original. Por otra parte definir calidad de trigo resulta complejo debido a que es enfocado desde diferentes aspectos por productores, molineros, panaderos y consumidores (Mladenov *et al.*, 2001).

Los productores están principalmente concentrados en el rendimiento, resistencia a enfermedades, y en satisfacer los requerimientos de calidad que les imponen los molineros. El trigo como todo organismo vivo tiene cierta interrelación con el ambiente, por lo que el éxito del cultivo no solo dependerá de los factores genéticos, de manejo, si no también, de los ambientales (Mladenov *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2006).

Para los molineros el contenido de extracción es prioritario. Consideran sanidad del grano, y sus características físicas, como peso hectolitro, tamaño del grano, peso, dureza y rendimiento potencial de la harina, más los parámetros de calidad que le podrían exigir los panaderos.

La perspectiva del panadero está relacionado con las propiedades de la harina como contenido de proteína, absorción de agua, tiempo del mezclado, tolerancia al mezclado fermentación, volumen potencial del pan. Muchas de estas propiedades dependen de la cantidad como calidad de las proteínas (Islas *et al.*, 2005).

La calidad de la proteína del trigo está determinada por la composición de las gliadinas y gluteninas que forman el gluten (Gianibelli *et al.*, 2002)

3.3 Proteínas del gluten de trigo

La habilidad de la harina de trigo para ser procesada en diferentes alimentos es determinada por las proteínas del gluten (Anjum *et al.*, 2007).

El gluten se forma durante el proceso de amasado, debido a la ruptura e intercambio de enlaces disulfuro, así como a interacciones hidrofóbicas y enlaces hidrógeno, de los dos grupos de proteínas que lo componen (Larré *et al.*, 2000; Bushuk *et al.*, 1997).

El gluten está formado principalmente por proteínas llamadas prolaminas, las cuales fueron inicialmente definidas en base a su solubilidad, en mezclas de alcohol y agua (Osborne, 1924). Esta definición ha sido usada para incluir a las proteínas que no son solubles en mezclas de alcohol-agua en el estado nativo. En el trigo estos dos grupos de prolaminas, monoméricas y poliméricas se conocen como gliadinas y gluteninas, respectivamente (Anjum *et al.*, 2007).

Se ha reportado también otra clasificación de estos dos grupos de proteínas de acuerdo a su estado de agregación (Jackson *et al.*, 1983). Las gliadinas son una mezcla compleja de polipéptidos simples, mientras que las gluteninas, consisten de subunidades que son agregadas principalmente por enlaces disulfuro (D´Ovidio y Masci, 2004).

3.3.1 Gluteninas y su clasificación

Las gluteninas son de las moléculas más grandes en la naturaleza, su tamaño puede llegar hasta 10 millones de Da y contribuyen a la elasticidad del gluten (Wrigley y Békes, 1999; Cherian y Chinachoti, 1996; Hernández *et al.*, 2004), al tratarse con un agente reductor se disocian en varias subunidades que pueden ser de alto y bajo peso molecular (D´Ovidio y Masci, 2004).

3.3.1.1 Gluteninas de alto peso molecular

Las gluteninas de alto peso molecular (APM) están en menor componente en términos de cantidad, pero son factores claves en el proceso de panificación, son la mayor determinante en la elasticidad del gluten, estas subunidades promueven la formación de polímeros grandes de gluteninas (Anjum *et al.*, 2007; Anjum y *et al.*, 2000) y estas han sido estudiadas ampliamente (D´Ovidio y Masci, 2004). En los trigos panaderos se

han encontrado de 3 a 5 subunidades, mientras que en los trigos cristalinos contienen de 1 a 3 subunidades (Anjum *et al.*, 2007).

De acuerdo a su peso molecular en SDS-PAGE se ha encontrado dos tipos de subunidades, las gluteninas de APM (80a 130 KDa) y las gluteninas de Bajo Peso Molecular (BPM) (10a 70 KDa). Sin embargo hay otros estudios donde hablan de este peso molecular y lo llaman “aparente” porque mediante la secuencia de aminoácidos muestran valores diferentes (60 a 90 KDa, para gluteninas de APM (Anderson y Green, 1989; Gianibelli *et al.*, 2001; D’Ovidio y Masci, 2004).

Las gluteninas de APM son controladas por genes de brazos largos de cromosomas 1D y 1B, y mediante el análisis de RP-HPLC indican que estas subunidades son más hidrofílicas que las gluteninas de BPM (Gianibelli *et al.*, 2001).

Estas subunidades son ricas en glicina (17%), glutamina (32.36 %) y prolina (10.13%) por mol de proteína, estos aminoácidos se derivan de la secuencia repetitiva la cual forma la parte central de la proteína (Shewry y Lookhart, 2003), el dominio de la parte central presenta características hidrofílicas, mientras que la características de hidrofobicidad se las confiere los dominios de C y N terminal (Anjum *et al.*, 2007), el dominio repetitivo central les confiere elasticidad a las moléculas de proteínas (Gianibelli *et al.*, 2001).

3.1.1.2 Gluteninas de bajo peso molecular

Las gluteninas de BPM representan acerca del 60% del total de las gluteninas, las subunidades de BPM (20 y 45 KDa, en base a su secuencia de aminoácidos) incluyen un largo número de polipéptidos y su estructura, organización y relación con la calidad en el procesamiento del grano todavía no ha sido bien investigado como las de APM (D’Ovidio y Masci, 2004).

En los trigos las subunidades de BPM, tienen la habilidad para formar grandes agregados que están relacionados con la fuerza de la masa, Payne *et al.* (1984), fueron los primeros en asociar las gluteninas de BPM con características de calidad en trigos tetraploides.

3.1.2 Gliadinas y su clasificación

La gliadina es un polipéptido monomérico de tamaño mediano, en un rango de 30 a 50 KDa y es responsable de las propiedades de extensibilidad y cohesividad. Con base en el peso molecular, de acuerdo a estudios genéticos y composición de aminoácidos, las gliadinas se clasifican en α, β, γ y ω -gliadinas (Wrigley y Békes, 1999; Cherian y Chinachoti, 1996).

Las gliadinas componen acerca del 50% del gluten, son proteínas monoméricas solubles en alcohol e interactúan con enlaces hidrógeno e interacciones hidrofóbicas. Pueden ser clasificadas en varias fracciones como α , β , γ , y ω basada en la movilidad electroforética en geles de poliacrilamida ácidos (pH 3.1) (Uthayakumaran *et al.*, 2001).

Las α , β y γ gliadinas son ricas en enlaces disulfuros mientras las ω gliadinas son pobres en estos (Shewry y Tathan, 1997).

Las masas suplementadas con gliadinas generalmente tienen un tiempo corto de mezclado, gran resistencia a la ruptura, baja la resistencia máxima a la extensión, y disminuye el volumen del pan (MacRitchie, 1987; Uthayakumaran *et al.*, 1999). Sin embargo, estudios realizados como el de Uthayakumaran (2001), demostraron que la fracción $\alpha + \beta$ gliadinas fue menos perjudicial para la altura del pan y fue útil para reducir el tiempo de mezclado, pero también aportaron un incremento a la resistencia de ruptura mientras que las ω tuvieron un efecto negativo en la altura del pan.

En base a su hidrofobicidad utilizando la técnica de RP-HPLC, las γ son más hidrofóbicas que las $\alpha + \beta$, y estas a su vez que las ω -gliadinas. En el estudio de Uthayakumaran (2001), se observó que cuando incrementa la hidrofobicidad (γ -gliadinas), disminuye el tiempo de mezclado, la máxima resistencia a la extensión y el pico de resistencia, mientras la extensibilidad incrementa. Sin embargo hay otros estudios que correlacionan a las γ gliadinas con efectos positivos con la fuerza de la masa, tolerancia al mezclado y en la panificación (Uthayakumaran, 2001).

3.4 Factores que afectan la calidad del trigo de gluten fuerte

La calidad de trigo para panificación es un carácter altamente complejo que depende de factores ambientales y genéticos. Dos determinantes importantes en la calidad de la harina son: la cantidad de proteína, está fuertemente influenciada por el ambiente, y

la composición de la proteína la cual es determinada por genética y ambiente (Dupont y Altenbach, 2003).

La percepción de ambiente es ambiguo, diferentes autores usan diferentes conceptos, algunos hacen referencia a ambiente a la condiciones agroecológicas, otros son más específicos indicando condiciones climatológicas, características de suelo o manejo agronómico, y otros simplemente toman en cuenta el efecto de años y efectos de localidades (Lacaze y Roumet, 2004; Romagosa *et al.*, 2009; Oelofse *et al.*, 2010).

Algunos de los factores que más influyen sobre la calidad de trigo para el productor (principalmente rendimiento y contenido de proteína en el grano) como para el panadero (tiempo de amasado, estabilidad, fuerza de las masas, índice de elasticidad, absorción de agua entre otras, influenciados por las proteínas que componen al gluten) son fertilización, déficit de riegos, estrés por calor, fechas de siembra y sobre todo el genotipo o variedad a cultivar (Daniel y Triboi , 2000; Juhász *et al.*, 2000; Wardlaw *et al.*, 2002; Irmak *et al.* 2008; Labuschagne *et al.*, 2009; De la O *et al.* 2010).

3.4.1 Fertilización

En relación a las practicas agronómicas, la nutrición con nitrógeno es considerado principalmente uno de los factores que afecta a las proteínas de almacenamiento así como la calidad tecnológica de los granos (Fuertes *et al.*, 2010)

El contenido de proteína y gluten aumentan significativa cuando incrementa el nivel de nitrógeno (Pedersen y Johannes 2007). En general las gliadinas incrementan la extensibilidad de las masas y decrementa la fuerza. Las γ – gliadinas están asociadas con el volumen del pan (Huebner *et al.*, 1997).

En un estudio realizado por Daniel y Triboi (2000), encontraron una correlación del contenido de gliadina en la harina con el contenido de proteína en harina, al aumentar la dosis de nitrógeno aumentan ambas, también encontraron un efecto en las fracciones de gliadinas, al incrementar la concentración de nitrógeno la proporción de ω -gliadinas incrementa mientras la proporción de α -, β decrementa y la proporción de γ -gliadinas se mantiene estable, en ese estudio la formación de ω -gliadinas fue incrementado cuando incremento el nitrógeno probablemente porque en sus extremos tienen alto contenido de glutamina.

En otro estudio realizado por De la O *et al.* (2010), reportaron que la fracción rica en gliadina y la relación, fracción rica en gliadinas /fracción rica en gluteninas son mayores cuando se realiza la fertilización con azufre.

Hay otros estudios donde además de evaluar la fracciones de proteína del gluten el objetivo es evaluar algunos parámetros de calidad evaluando la fertilización con nitrógeno, y han encontrado que al incrementar la dosis de nitrógeno incrementan los índices en el alveograma, la extensibilidad y fuerza son más sensibles al manejo de fertilización con N que la tenacidad (Fuertes *et al.*, 2010)

Fuertes *et al.*, 2010 concluyeron que además de incrementar la proporción de N, la fraccionación es importante ya que ambos conducen a un incremento en las subunidades de glutenina de alto peso molecular, lo cual podría permitir una gran formación de enlaces disulfuros conduciendo a un mayor grado de polimerización que podría ser responsable para el incremento en calidad.

La fertilización con nitrógeno es un factor clave en la determinación de la calidad para panificación (Lopez-Bellido *et al.*, 2001).

3.4.2 Déficit de riegos.

Con un riego limitado y aumento de temperaturas durante el llenado de grano se obtiene un incremento de la fracción rica en gluteninas (De la O *et al.*, 2010), en otro estudio realizado por Panozzo *et al* (2001) encontraron un incremento en la proporción de GAPM con respecto a las GBPM bajo un déficit de agua.

Cuando se aplican riegos limitados se obtiene un incremento en la fracción rica en gluteninas, probablemente está relacionado con un llenado de grano menor que en condiciones normales (De la O *et al.*, 2010).

3.4.3 Estrés por calor (Temperatura)

El estrés por calor se conoce como pérdida de producto, de rendimiento así como pérdida de calidad. Se puede esperar que estos efectos por calor incrementen como un resultado a la tendencia actual de incremento global de temperaturas (Irmak *et al.*, 2008), se han reportado que periodos de estrés por calor con temperaturas arriba de 35 °C pueden alterar la harina, la masa y la calidad de panificación (Blumenthal *et al.*,

1993) estos efectos han sido correlacionados con un incremento de la relación de gliadinas/gluteninas (Triboï *et al.*, 2000) y un decremento en la proporción de gluteninas de alto peso molecular (Wardlaw *et al.*, 2002), por otro lado temperaturas moderadamente altas de 25-32 °C tienen un efecto positivo en las propiedades de las masas (Wrigley *et al.*, 1994) y ha sido reportado que conducen cambios en la composición de gliadinas (Daniel y Triboï, 2000, 2001).

Ha sido reportado que temperaturas medias hasta 30 °C en el día durante el llenado del grano incrementa la fuerza de la masa y que al incrementar la temperatura arriba de los 30 °C decrementa la fuerza de la masa (Randall y Moss, 1990).

Como ya mencionó anteriormente es importante buscar líneas que tengan resistencia a las diferentes condiciones ambientales, en un estudio realizado por Imak *et al.*, (2008) evaluaron el efecto del estrés por calor en dos líneas y encontraron una reducción en el porcentaje de proteína polimérica insoluble (fracción rica en gluteninas) para la línea que contenía el alelo GLU-D1a (subunidades de gluteninas de alto peso molecular 2+12), lo que significa que las líneas con este alelo son más vulnerables al estrés por calor que las que contienen el alelo GLU-D1d (subunidades de gluteninas de alto peso molecular 5+10).

La gran resistencia al estrés por calor para la línea con el alelo GLU-D1d, puede estar relacionado con alto número de residuos de cisteína en las GAPM 5+10 (Anderson y Green, 1989) puede esperarse que estas incrementen el rango de formación de enlaces disulfuros intercadenas y puede explicar la temprana polimerización de gluteninas en estas líneas así como la gran resistencia a los efectos del estrés por calor, sin embargo en este mismo estudio al aplicar temperatura de 40 °C hasta la maduración en ambas líneas hubo un decremento de porcentaje de proteína polimérica insoluble.

3.4.4 Fechas de siembra (Temperatura)

La fecha de siembra tardía, implica más calor en llenado de grano (De la O *et al.* 2010), Labuschagne *et al.* (2009) observaron que al incrementar las temperaturas durante el llenado de grano se aumenta la cantidad de fracciones de gluteninas, y la fracción rica en gliadina es menor con alto calor.

En los parámetros reológicos se ha reportado que el tiempo de amasado es mayor con el aumento de temperatura ambiental en las fechas de siembra tardías. En el estudio realizado por De la O *et al.* (2010) donde evaluaron aplicaciones de azufre y siembras tardías, reportaron que la fuerza de la masa (W) fue la misma en todos los ambientes evaluados y concluyeron que su control se debía principalmente al genotipo, y para el alveograma P/L, el menor valor fue para el tratamiento control; por lo tanto, el aplicar azufre o sembrar tarde no implica que se produzca mayor extensibilidad de la masa.

3.4. 5 Genotipo

El genotipo, es la principal influencia en la calidad de las proteínas del gluten, sin embargo los factores antes mencionados tienen influencia sobre la variedad, para contrarrestar estos efectos es necesario el desarrollo de genotipos que tengan tolerancia a estos efectos, por ejemplo resistencia al estrés por calor. Algunos estudios han sido alentadores demostrando que naturalmente encontraron variabilidad en tolerancia al estrés por calor entre variedades de trigo. En particular hay evidencia de que líneas que poseen el alelo Glu-D1d (subunidad de gluteninas de alto peso molecular 5+10) tienden a ser más tolerantes que las líneas que poseen el alelo Glu-D1a (subunidades de gluteninas de alto peso molecular 2+12) (Irmak *et al.* 2008).

Hay otros estudios que corroboran que los genotipos con el alelo 5+10 muestran una alta proporción de polímeros no extraíbles (fracción rica en gluteninas), en comparación con el 2+12, lo que indica que los alelos individuales de gluteninas de alto peso molecular no son igualmente eficaces para polimerizar (Juhász *et al.*, 2000). Las diferencias intrínsecas en los alelos y el diferente comportamiento durante la polimerización son responsables por la distribución del peso. Se sabe que a pesar de que los alelos de gluteninas de alto peso molecular son similares en su estructura, el alelo 5+10 tiene un residuo de cisteína adicional, lo que está relacionado con su mayor peso molecular (Southan y MacRitchie, 1999).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar este trabajo se utilizaron 5 líneas avanzadas de trigo, las cuales se identificaron con los siguientes nombres: línea 3, 5, 6, 23, y 24, estas fueron comparadas con la variedad comercial: Cachanilla F-2000, en 3 ambientes (cuadro 2). Los materiales fueron donados por la empresa Trigos Desarrollo Genético (TRIDEGEN S.A. de C.V.), el objetivo de esta empresa es desarrollar variedades de trigos harineros de alto rendimiento y calidad demandada por la industria harinera.

Cuadro 2. Características de los ambientes empleados (O.I. 2009-2010)

	Ejido Tabasco (ET)	Ejido Chiapas (EC)	Colonia Progreso (CP)
Suelo	% de saturación: 42 (suelo limo)	% de saturación: 35 (suelo areno limoso)	% de saturación: 68 (suelo arcilloso)
Fertilización	250-150-00	250-100-00	174-78-00
Fecha de siembra	15 de diciembre	12 de diciembre	19 de enero
Número de riegos	4 riegos	4 riegos	2 riegos

4.1 Obtención de la harina

El trigo se limpió, se acondicionó a un 16.5 % de humedad y se dejó reposar por 24 h, posteriormente se llevó a cabo la molienda para la obtención de la harina. Posteriormente se llevaron a cabo los análisis experimentales, los cuales fueron divididos en dos etapas:

Etapas 1. Análisis de fracciones de proteínas de la harina

Etapas 2. Análisis de parámetros reológicos

4.2 Etapa I. Análisis de fracciones de proteínas de la harina

4.2.1 Extracción de gliadinas

Para la extracción de gliadinas se empleó la metodología descrita por Bietz *et al.* (1984). La cual parte de 250 mg de harina y se le agregó 1 mL de una solución de etanol/agua al 70 %, posteriormente se agitó con vortex por 30 min y después se llevó a cabo una centrifugación por 25 min a 15,000 x *g* para posteriormente ser analizada por RP-HPLC.

4.2.2 Separación de las fracciones de gliadinas mediante RP-HPLC

Para la separación de proteínas en RP-HPLC se utilizó una columna ZORBAX 300SB-CN, tamaño de poro de 30.0 nm, 4.6 mm de diámetro, 150 mm de longitud y un tamaño de partícula de 5 μm (marca Agilent). Se usó un gradiente en pasos y una fase móvil de acetonitrilo (ACN) y agua con 0.1 % de ácido trifluoracético (TFA), el volumen de inyección fue de 10 μL y el flujo de 0.5 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ a 65 °C por 71 min, el gradiente inició con 25 % de ACN con 0.1 % de TFA, aumentando a 33 % por 10 min, posteriormente a 40 % por 10 min, y después 50 % por 40 min, manteniendo la misma concentración por 8 min más; por último se llevó un lavado por 3 min con 100 % de ACN y después se tomaron las condiciones iniciales. El tiempo de equilibrio entre inyecciones fue de 10 min y la lectura a 210 nm. Se utilizó el programa Varian Star, versión 5.5, para la integración de los picos y se obtuvo como resultado las áreas de los picos en unidades de Absorbancia (UA).

4.2.3 Extracción de gluteninas

Para la extracción de gluteninas se siguió la metodología descrita por Bean *et al.*, (1998) con algunas modificaciones, a 250 mg de harina se le agregaron 950 μL de 1-propanol al 50 % y 50 μL de 2-mercaptoetanol, se agitó con vortex por 1 h y se centrifugó por 15 min a 15,000 x *g* antes de su análisis por RP-HPLC.

4.2.4 Separación de las fracciones de gluteninas mediante RP-HPLC

El equipo, la columna y las fases móviles fueron las mismas que se utilizaron para el análisis de gliadinas. El gradiente en pasos inició con 23% de ACN con 0.1 % de TFA aumentando a 33 % por 5 min, después a 43 % por 30 min, posteriormente 55 % en 1 min y siguió aumentando hasta 58 % en 14 min, manteniendo la misma concentración por 2 min más; por último se lavó con 100 % de ACN por 3 min y después se regresó a las condiciones iniciales. El tiempo de equilibrio entre inyecciones fue de 10 min, la temperatura 50 °C, el volumen de inyección fue de 10 µL y la lectura se llevó a cabo a 210 nm (Noris, 2007). Se utilizó el programa Varian Star, versión 5.5, para la integración de los picos y se obtuvo como resultado las áreas de los picos en Unidades de Absorbancia (UA).

4.3 Etapa II. Análisis de parámetros reológicos

Las propiedades reológicas de la masa juegan un papel importante en la calidad del producto y es necesaria su determinación para predecir el comportamiento de los distintos tipos de harinas de trigo. En este trabajo se realizaron dos de ellas, las más empleadas en la industria, como es el farinógrafo y alveógrafo

4.3.1 Análisis químicos

El contenido de proteína y humedad de las harinas se llevaron siguiendo los métodos oficiales (Método 46-10: Método 44-40, respectivamente) de la “American Association of Cereal Chemist” (AACC, 2000), análisis necesarios para llevar a cabo las pruebas reológicas.

4.3.2. Prueba del alveógrafo

Se siguió el método 54-30 de la AACC (2000), este método se emplea para medir la extensión y tenacidad de las masas mediante inyección de aire (efecto de fermentación) en discos de masas de dimensiones estandarizadas.

4.3.3 Prueba del farinógrafo

Se realizó empleando el método 54-21 de la AACC (2000), el cual consiste en medir la resistencia que opone la masa al mezclado a una velocidad constante y la absorción de agua necesaria para alcanzar una consistencia fija de la masa (500 unidades farinógrafas o Brabender). Este ensayo parte de 300 g de harina al cual se le adiciona agua lentamente hasta alcanzar 500 Unidades Brabender (UB)

4.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico combinado para cada una de las variables señaladas anteriormente con tres repeticiones por tratamiento, así como pruebas de comparación de medias para clasificar a los mejores materiales. El modelo estadístico para el análisis combinado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = variable de respuesta en harina del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente de la k-ésima observación

μ = Media poblacional

α_i = Efecto de la variable respuesta en harina del i-ésimo genotipo

β_j = Efecto de la variable respuesta en harina del j-ésimo ambiente

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción genotipo ambiente

ε_{ijk} = Error experimental

Para clasificar a los mejores genotipos se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de probabilidad de 0.05.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Etapa I. Análisis de fracciones de proteínas de la harina

5.1.1 Gluteninas

Al evaluar el contenido de GAPM (Gluteninas de Alto Peso Molecular) de las líneas de trigo y compararlas con la variedad cachanilla (control) dentro de un mismo ambiente, no mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$), sin embargo, al evaluar cada una de las líneas experimentales en los 3 ambientes, hubo diferencias en la línea 3 y 6 mostrando mayor cantidad en CP y ET (cuadro 3, figura 1). El déficit de agua y temperaturas altas durante el llenado del grano causan un alto nivel de agregación de las gluteninas (Flagella *et al.* 2010), la fecha de siembra del ambiente CP fue tardía lo que significa que la temperatura del llenado del grano fue más alta que el ambiente EC y como respuesta un mayor contenido de GAPM, por otro lado, Panozzo *et al.* (2001) encontraron un incremento en la proporción de GAPM bajo un déficit de agua, estos resultados concuerdan con los encontrados por este estudio, CP presentó un alto contenido de GAPM y puede atribuirse a que en este ambiente hubo un déficit de agua (solo 2 riegos), la fertilización es otro factor ambiental muy importante, se ha reportado que al suplementar nitrógeno después de la antesis las fracciones de GAPM incrementan en relación a las GBPM (Gluteninas de Bajo Peso Molecular) (DuPont *et al.*, 2007), aunque en este estudio la cantidad de nitrógeno suministrada fue mayor para EC (250 kg), que para CP (174 kg) el tipo de suelo que presenta este ambiente es de una textura arcillosa, lo que indica que hay una mayor retención de nitrógeno disponible para la planta.

Cuadro 3. Porcentaje de Gluteninas de Alto Peso Molecular (GAPM) de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali.

Genotipo	GAPM (%)		
	CP	EC	ET
Línea 3	37.07 ^{ab}	29.82 ^d	38.08 ^{ab}
Línea 5	34.30 ^{abcd}	34.45 ^{abcd}	37.17 ^{ab}
Línea 6	32.76 ^{bcd}	30.89 ^{cd}	37.85 ^{ab}
Línea 23	35.89 ^{abc}	34.91 ^{abcd}	36.91 ^{ab}
Línea 24	36.01 ^{abc}	34.93 ^{abcd}	38.14 ^{ab}
Cachanilla	39.16 ^a	33.52 ^{abcd}	35.53 ^{abcd}

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para GAPM. GAPM: Gluteninas de alto peso molecular; CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco

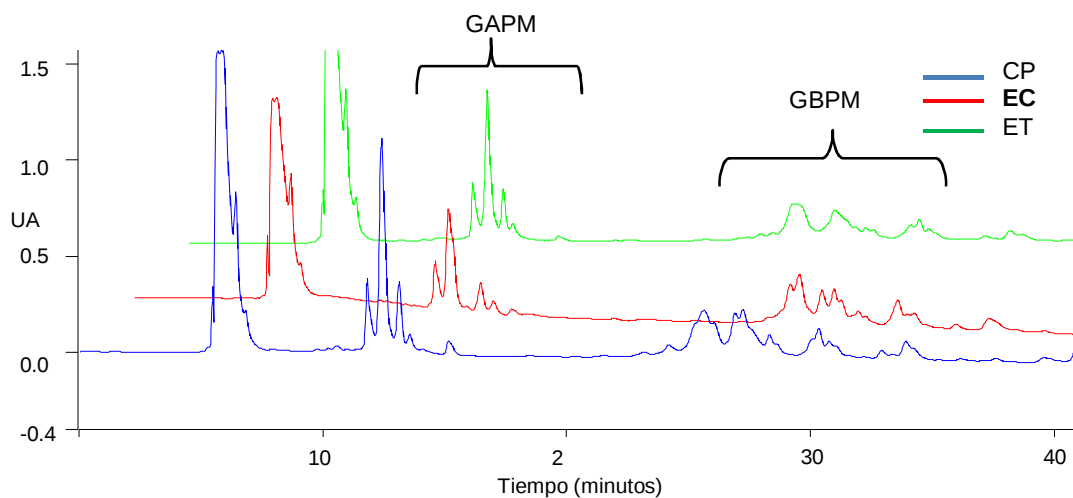


Figura 1. Cromatogramas de las GAPM y GBPM de la línea 3 evaluado en 3 ambientes

En el cuadro 4, se muestran las fracciones de proteínas de Gluteninas de Bajo Peso Molecular (GBPM), al evaluar estas fracciones de proteínas, la línea 3 y 6 mostraron alto contenido en el ambiente EC, contrario a las GAPM era de esperarse debido a que el contenido de gluteninas está de forma porcentual, de manera general el contenido de gluteninas (GAPM y GBPM) está influenciado más por el genotipo que por el ambiente, debido a que solo un ambiente mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en 2 líneas (3 y 6), esto concuerda con Panozzo y Eagles (2000), quienes concluyeron que la proporción de gluteninas dependía del genotipo y la proporción de gliadinas de las condiciones ambientales. En las líneas 5, 23 y 24 no hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$), estas líneas experimentales presentan más estabilidad a los ambientes, lo que es una característica deseable para las nuevas variedades en el mercado (Finlay *et al.*, 2007).

Cuadro 4. Porcentaje de Gluteninas de Bajo Peso Molecular (GBPM) de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali.

Genotipo	GBPM (%)		
	CP	EC	ET
Línea 3	63.92 ^{cd}	70.18 ^a	61.91 ^{cd}
Línea 5	65.69 ^{abcd}	65.54 ^{abcd}	62.82 ^{cd}
Línea 6	67.23 ^{abc}	69.10 ^{ab}	62.14 ^{cd}
Línea 23	64.10 ^{bcd}	65.08 ^{abcd}	63.08 ^{cd}
Línea 24	63.98 ^{bcd}	65.06 ^{abcd}	61.85 ^{cd}
Cachanilla	60.83 ^d	66.47 ^{abcd}	64.46 ^{abcd}

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para GBPM. GBPM: Gluteninas de bajo peso molecular; CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco

5.1.2 Gliadinas

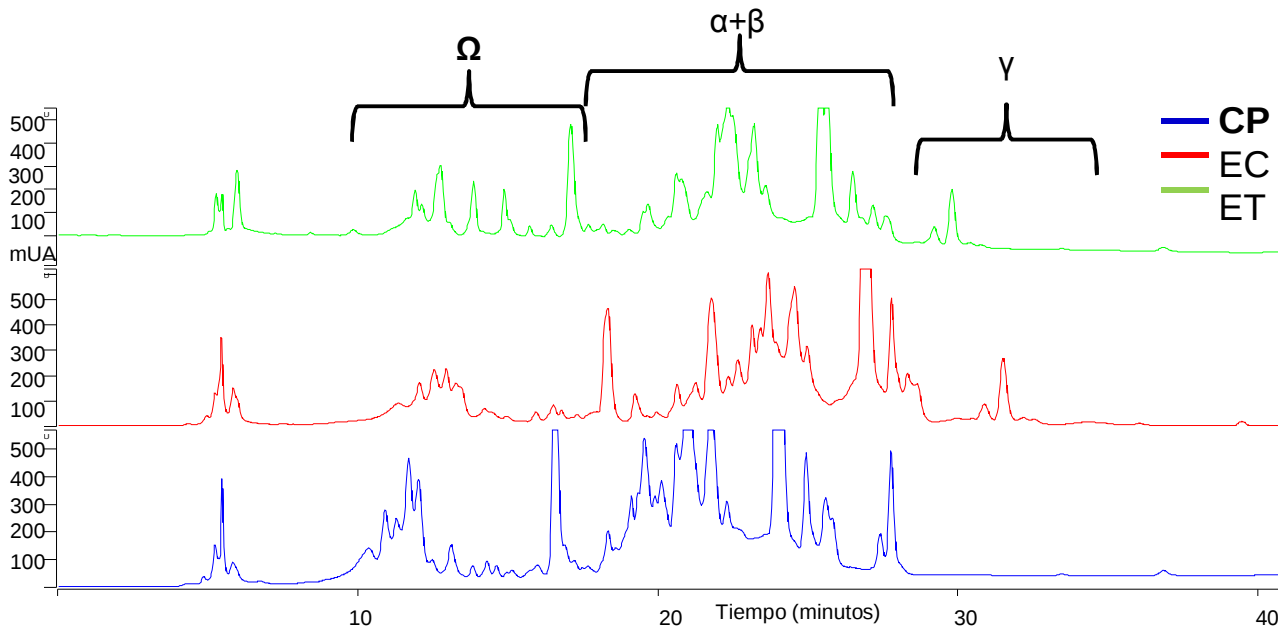
Las gliadinas tienen una composición heterogénea: 4 subgrupos α -, β -, γ - y ω -gliadinas (Daniel y Triboi, 2000). En este estudio se analizaron las fracciones de gliadinas de las líneas experimentales y al evaluar el porcentaje de ω -gliadinas se encontró que las líneas 6, 23 y 24 fue mayor que las 3, 5 y el control en el ambiente CP, en el EC todas las líneas experimentales fueron altas comparadas con el control, excepto la línea 3, mientras que en el ambiente ET el mayor porcentaje fue para 5, 23 y 24 (cuadro 5). Al comparar cada una de las líneas experimentales en los 3 ambientes se encontró que en la CP hay mayor contenido de ω -gliadinas (cuadro 5, figura 2), esta fracción de gliadinas tiende a aumentar cuando hay un incremento en la temperatura ambiental (Daniel y Triboi, 2000), en CP la fecha de siembra fue más tarde que en el EC y ET lo que significa que la temperatura durante el llenado de grano es más alta que las dos anteriores.

Cuadro 5. Porcentaje de ω -gliadinas de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali

Genotipo	ω -gliadinas (%)		
	CP	EC	ET
Línea 3	16.87 ^{fgn}	11.63 ^j	14.83 ^{hi}
Línea 5	17.69 ^{defg}	17.05 ^{fgh}	18.53 ^{cdefg}
Línea 6	21.38 ^b	17.18 ^{defgh}	16.31 ^{ghi}
Línea 23	22.06 ^b	14.72 ^{hi}	19.94 ^{bcd}
Línea 24	25.77 ^a	16.86 ^{fgh}	22.05 ^b
Cachanilla	17.09 ^{efgh}	11.82 ^j	13.69 ^{ij}

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para ω -gliadinas; CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco.

Figura 2.- Cromatogramas representativos de las fracciones de gliadinas de línea 24 evaluada en 3 ambientes



La línea 6, 23 y 24 presentaron diferencia significativa, presentando menor porcentaje de $\alpha+\beta$ -gliadinas en el ambiente CP que EC y ET. Al comparar las líneas en el mismo ambiente con el control, las líneas que presentaron menor porcentaje fueron en la CP: 6, 23 y 24; en el EC: 3, 5 y 24 y en el ET: línea 24 (cuadro 6). En un estudio realizado por Daniel y Triboi (2000) encontraron que las $\alpha+\beta$ -gliadinas aumentan con una concentración mayor de nitrógeno y había un decremento cuando las temperaturas eran altas, esto concuerda con lo encontrado en este estudio ya que en CP se encontró menor cantidad de la proporción de $\alpha+\beta$ -gliadinas en la mayoría de las líneas experimentales (6,23 y 24), en el ambiente CP la fecha de siembra fue tardía, lo que implica más temperatura durante el llenado del grano, y la concentración de nitrógeno suministrada fue menor que los otros ambientes.

Cuadro 6. Porcentaje de $\alpha+\beta$ -gliadinas de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali

Genotipo	$\alpha+\beta$ -gliadinas (%)		
	CP	EC	ET
Línea 3	71.08 ^{defgh}	71.82 ^{cdefg}	71.42 ^{cdefgh}
Línea 5	70.35 ^{defgh}	71.09 ^{defgh}	69.12 ^{fghij}
Línea 6	66.65 ^{ijkl}	73.54 ^{abcd}	74.95 ^{abc}
Línea 23	65.80 ^{ijkl}	73.36 ^{abcde}	69.77 ^{efghi}
Línea 24	60.38 ^m	69.18 ^{fghij}	65.09 ^{kl}
Cachanilla	72.19 ^{bcdef}	76.02 ^a	75.73 ^{ab}

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para $\alpha+\beta$ -gliadinas; CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco

El porcentaje de γ -gliadinas presentó una variabilidad en las líneas 3 y 6; con mayor contenido en el EC para la línea 3 y mayor contenido en la CP para la línea 6, al comparar las líneas con el control dentro de un mismo ambiente se encontró que línea 3 presentó mayor cantidad de γ -gliadinas en los ambientes EC y ET (cuadro 7), mientras que en la CP hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en línea 24 comparada con el control, presentando mayor proporción en la línea experimental (línea 24), las γ -gliadinas están relacionadas con el volumen del pan (Huebner *et al.*, 1997) lo que implica que mayor cantidad mayor será el volumen del pan y por lo tanto estas líneas tendrán mejor calidad.

Cuadro 7. Porcentaje de γ -gliadinas de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali

Genotipo	γ -gliadinas (%)		
	CP	EC	ET
Línea 3	12.04 ^{bcdef}	16.54 ^a	13.74 ^{ab}
Línea 5	11.95 ^{bcdef}	11.85 ^{bcdef}	12.33 ^{bcde}
Línea 6	11.96 ^{bcdef}	9.27 ^{fg}	8.73 ^g
Línea 23	12.13 ^{bcdef}	11.91 ^{bcdef}	10.28 ^{defg}
Línea 24	13.83 ^{ab}	13.94 ^{ab}	12.85 ^{bcde}
Cachanilla	10.70 ^{cdefg}	12.14 ^{bcdef}	10.57 ^{cdefg}

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para γ -gliadinas; CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco.

5.2 Etapa II. Análisis de parámetros reológicos

5.2.1 Contenido de proteína

Para llevar a cabo los análisis reológicos, fue necesario determinar el contenido de humedad y proteína en harinas.

En el cuadro 8 y 9 se muestran los resultados de porcentaje de proteína y humedad en harinas de los genotipos en los 3 ambientes evaluados, los contenidos de proteínas variaron de 9.31 a 12.98 % (Cuadro 8). Los valores de humedad fueron muy semejantes entre las harinas localizándose en un rango de 13.47 a 14.59 % (cuadro 9).

De los ambientes evaluados en EC se registró porcentaje de proteína superior al 12 % incluyendo al control. La línea 24 registró porcentaje de proteína superior al 12% en todos los ambientes, en el ambiente ET solo dos líneas fueron inferiores al control, 5 y 23 (10.52, 10.49% & 11.22 % el control). La proteína es el compuesto que más afecta la funcionalidad y calidad de los productos de trigo; esto es debido a que importantes factores como la absorción de agua, el tiempo de amasado y la estabilidad dependen de la cantidad y calidad de la proteína (Kent, 1984).

Cuadro 8. Contenido de proteína (%) en harinas de 6 genotipos de trigos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali.

Genotipo	Contenido de proteína (%)		
	CP	EC	ET
Línea 3	11.21 ^f	12.10 ^d	11.66 ^e
Línea 5	9.95 ^h	12.09 ^d	10.52 ^g
Línea 6	10.49 ^g	12.37 ^{bc}	11.50 ^e
Línea 23	12.18 ^{cd}	12.01 ^d	10.49 ^g
Línea 24	12.98 ^a	12.10 ^d	12.53 ^b
Cachanilla	9.31 ⁱ	12.17 ^{cd}	11.22 ^f

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para contenido de proteína. CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco

Cuadro 9. Porcentaje de humedad en harinas de 6 genotipos de trigo evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali.

Genotipo	Humedad (%)		
	CP (%)	EC (%)	ET (%)
Línea 3	14.59 ^a	13.93 ^{ab}	14.54 ^a
Línea 5	14.56 ^a	13.71 ^{ab}	14.37 ^{ab}
Línea 6	14.38 ^{ab}	13.84 ^{ab}	14.20 ^{ab}
Línea 23	13.47 ^b	14.07 ^{ab}	13.87 ^{ab}
Línea 24	13.72 ^{ab}	14.07 ^{ab}	14.31 ^{ab}
Cachanilla	13.82 ^{ab}	13.54 ^b	14.43 ^{ab}

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para porcentaje de humedad en harinas. CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco

5.2.2 Evaluación de fuerza en masas

Al evaluar la fuerza que presentaron las masas de diferentes genotipos de trigos en cada uno de los ambientes la línea 24 presentó mayor que el control y línea 6 en el ambiente CP, mientras que en el ambiente EC fue mayor que línea 23, en los demás no hubo diferencias significativas (cuadro 10). En este estudio la fuerza de las masas fue influenciada más por el genotipo que por las condiciones ambientales, lo que difiere con algunos autores donde han encontrado que con una mayor proporción de nitrógeno en la fertilización la fuerza aumenta (Fuertes *et al.*, 2010), sin embargo los resultados arrojados de este estudio concuerdan con De la O *et al.*, (2010) quienes evaluaron aplicaciones de azufre y siembras tardías (aumento de temperatura) y reportaron que la fuerza de la masa (W) fue la misma en todos los ambientes evaluados y concluyeron que su control se debía principalmente al genotipo.

Cuadro 10. Evaluación de Fuerza (W) en masas de las harinas de trigo de 6 genotipos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali.

Genotipo	FUERZA (W)		
	CP	EC	ET
Línea 3	415 ^{abcd}	481 ^{abcd}	353 ^{abcd}
Línea 5	335 ^{bcd}	395 ^{abcd}	325 ^{bcd}
Línea 6	289 ^d	386 ^{abcd}	405 ^{abcd}
Línea 23	422 ^{abcd}	334 ^{bcd}	299 ^{cd}
Línea 24	497 ^{ab}	528 ^a	430 ^{abcd}
Cachanilla	239 ^d	349 ^{abcd}	325 ^{bcd}

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para fuerza de las masas. CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco

5.2.3 Índice de elasticidad

La relación tenacidad/extensibilidad es otro parámetro de importancia en la calidad del gluten de las harinas de trigo panificable, se encontró gran variabilidad en los resultados, el menor valor se presentó para el control en el ambiente CP y ET (cuadro11), mientras que en ET la línea 5 presentó el mayor valor y el menor índice lo presentó la línea 3 en todos los ambientes y comparadas con todas las líneas experimentales, valores bajos de esta variable indica mayor extensibilidad, parámetro deseado en la industria de panificación, y significa que las harinas están más equilibradas, por lo que la línea 3 sería una opción para el productor bajo las condiciones del manejo agronómico aplicado al ambiente ET.

Cuadro 11. Índice de elasticidad (P/G) en masas de 6 genotipos de trigos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali

Genotipo	Índice de elasticidad (P/G)		
	CP	EC	ET
Línea 3	9.40 ^e	9.28 ^f	4.22 ^o
Línea 5	10.08 ^a	9.79 ^b	9.86 ^b
Línea 6	9.89 ^b	9.50 ^{de}	9.68 ^c
Línea 23	6.36 ^l	8.82 ^g	6.17 ^m
Línea 24	7.24 ^j	7.92 ⁱ	8.35 ^h
Cachanilla	5.95 ⁿ	6.54 ^k	9.55 ^d

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para índice de elasticidad en masas. CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco

5.2.4 Estabilidad en masas y absorción total de agua

La estabilidad es un parámetro importante en las harinas, la industria de panificación, prefiere las harinas que tengan más estabilidad, en el ambiente CP todas las líneas superaron al control, las líneas sobresalientes por presentar mayor estabilidad fueron línea 24 en CP, línea 24 y 3 en EC y línea 24 en ET (cuadro 12). En la absorción total de agua no hubo diferencias significativas (cuadro 13), esto difiere con algunos autores quienes han monitoreado la dosis de nitrógeno y han reportado que hay cambios en la absorción de agua cuando la fertilización con N se divide en 3 partes (Brian *et al.*, 2008), en este estudio se esperaba que al menos en CP la absorción de agua presentara bajo porcentaje al comparar con los dos ambientes, debido a que la aplicación se hizo en dos partes y con menos cantidad de nitrógeno (174 Kg ha^{-1}), sin embargo como ya se mencionó anteriormente hay otros factores que influyen en la calidad de panificación como tipo de suelo, estrés por calor fecha de siembra entre otros.

Cuadro 12. Estabilidad de masas (min) de 6 genotipos de trigos evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali.

Genotipo	Estabilidad (min)		
	CP	EC	ET
Línea 3	25.29 ^f	28.00 ^{cde}	28.03 ^{cde}
Línea 5	27.23 ^{de}	26.58 ^{ef}	21.23 ^g
Línea 6	20.38 ^g	14.50 ^j	29.0b ^c
Línea 23	28.93 ^c	16.91 ⁱ	18.10 ^{hi}
Línea 24	30.50 ^b	28.73 ^{cd}	37.92 ^a
Cachanilla	18.46 ^h	21.50 ^g	27.90 ^{de}

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para estabilidad en masas. CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco

Cuadro 13. Absorción total (mL) de agua en harinas de 6 genotipos de trigo evaluados en 3 localidades en el Distrito de riego 014 del Valle de Mexicali.

Genotipo	Absorción total (mL)		
	CP	EC	ET
Línea 3	63.42 ^a	75.96 ^a	65.24 ^a
Línea 5	63.29 ^a	68.93 ^a	65.75 ^a
Línea 6	68.65 ^a	67.33 ^a	68.37 ^a
Línea 23	66.09 ^a	66.13 ^a	63.58 ^a
Línea 24	67.46 ^a	67.66 ^a	66.34 ^a
Cachanilla	62.67 ^a	64.43 ^a	64.41 ^a

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) para absorción total de agua en las harinas. CP: Colonia progreso, EC: Ejido Chiapas, ET: Ejido Tabasco

6. CONCLUSIONES

➤ **Parámetros bioquímicos**

Gluteninas

En la fracción de GAPM y GBPM estuvieron fuertemente influenciadas por el genotipo que por ambiente, solo el EC presentó menor cantidad de GAPM para las líneas 3 y 6, mientras que la mayor cantidad de GBPM para la línea 3 fue en EC y la línea 6 en CP y EC. Las líneas 5, 23 y 24 se comportaron estables bajo los tres ambientes evaluados.

Gliadinas

Las fracciones de gliadinas (ω , $\alpha + \beta$, y γ - gliadinas) mostraron una gran variabilidad en los 3 ambientes evaluados, las líneas sobresalientes con respecto al control de acuerdo al contenido de gama gliadinas fueron línea 24 en CP, línea 3 en EC y ET, sin embargo al comparar cada una de las líneas en los diferentes ambientes para γ -gliadinas todas se mantuvieron estables excepto línea 3 (mayor en el ambiente EC) y línea 6 (en ambiente CP)

➤ **Parámetros reológicos**

El mayor contenido de proteína en harina la presentó la línea 24 en todos los ambientes.

La línea 24 presentó mayor fuerza (w) que el control y línea 6 en el ambiente CP y mayor que línea 23 en el ambiente EC

La mayor estabilidad la presentaron las líneas: 24 en CP, 24 y 3 en EC, y línea 24 en ET

La línea 3 presentó mejor harina balanceada de acuerdo al índice de elasticidad en el ambiente ET

➤ **Conclusión general**

Las líneas sobresalientes fueron las líneas 24 y 3, con respecto a las variables de calidad evaluadas

7. RECOMENDACIÓN

Llevar a cabo una caracterización de la línea 24 y 3; evaluar gliadinas y gluteninas y parámetros reológicos bajo diferentes dosis de nutrición y diferentes riegos en una misma localidad, llevar un control de la temperatura ambiental durante el llenado del grano, y mediante la técnica de electroforesis evaluar la composición de alelos de estas líneas experimentales.

8. LITERATURA CITADA

A.A.C.C. 2000. Approved Methods of Analysis of the American Association of cereal Chemist. 10th Ed. St. Paul, Min. U.S.A.

Anderson, O.D., and Green, F.C. (1989). Characterization and comparative analysis of High-molecular-weight glutenin genes from genoma A and B of a hexaploid bread wheat. *Theor. Appl. Genet.* 77:689-700.

Anjum F.M., George L.L., Charles E.W. (2000). High molecular weight glutenin subunit composition of Pakistani hard white spring wheats grown at three locations for 2 years and its relationship with and use quality characteristic. *J. Sci Food Agric* 80:219-225.

Anjum, F. M., Khan, M. R., Din, A., Saeed, M., Pasha I. and Arshad, M. U. (2007). Wheat gluten: High molecular weight glutenin subunits- structure, genetics and relation to dough elasticity. *Journal of Food Science.* 72(3):56-63.

Atwell., W. Wheat Flour. (2001). American Association of Cereal Chemistry. St. Paul MN. USA.

Bean S R, Lyne R K, Tilley A K, Chung O K, Lookhart G L (1998) A rapid method for quantitation of insoluble polymeric proteins in flour. *Cereal Chem* 75: 374-379

Blumenthal, C.S., Batey, I.L., Bekes, F., Wrigley, C.W., Barlow, E.W.R., 1991. Seasonal changes in wheat grain quality associated with high temperatures during grain filling. *Aust. J. Agric. Res.* 42,21-30

Branlard G, Dardevet M., 1985. Diversity of grain protein and bread wheat quality. I. Correlation between gliadin bands and flour quality characteristics. *J Cereal Sci.* 3:329-343.

Brian N. Otteson, Mohamed Mergoum, and Joel K. Ransom. 2008. Seeding rate and nitrogen management on milling and baking quality of hard red spring wheat genotypes. *Crop Science*, 48:749-755

Bushuk, W., Hay, R.L., Larsen, N.G., Sara, R.G., Simmons, L.D. y Sutton, K.H. (1997). Effect of mechanical dough development on the extractability of wheat storage proteins from bread wheat. *Cereal Chem.* 74:389.

Cherian, G., y Chinachoti P. (1996). ^2H and ^{17}O nuclear magnetic resonance study of water in gluten in the glassy and tubbery state. *Cereal Chem.* 73:618

Daniel, C., and Triboï, E. 2000. Effects of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of Winter wheat: Effects on gliadin content and composition. *Journal of cereal science* 32: 45-56

Daniel, C., Triboï, E., 2001. Effects of temperature and nitrogen nutrition on the accumulation of gliadins analysed by RP-HPLC. *Aust. J. Plant Physiol.* 28, 1197-1205.

Darwich N. A. y Darwich G. A., (2004). Estrategias de fertilización para mejorar el rinde y la calidad industrial del trigo. *Actas del congreso a todo trigo*, mayo 2004. 63-69.

De la O M, E E Rangel, H E Villaseñor, J D Molina Galán, H López, A Santa cruz, R J Peña (2010) Proteínas del gluten y reología de trigos harineros mexicanos influenciados por factores ambientales y genotípicos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília 45: 989-996.

Díaz, D. P., Dalla, R. M., Vázquez, D. y Castro, M. (2006). Elemento de análisis cualitativo y cuantitativo en proteínas del gluten de trigo. *Agricultura técnica*. 66(4): 360-369.

D'Ovidio, R., Masci S. (2004). The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *J. Cereal Sci.* 39: 321-339.

DuPont, F.M., Altenbach, S.B., 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science* 38: 133-146.

DuPont, F.M., Chan, Lopez, R. 2007. Molar fractions of high-molecular-weight glutenin subunits are stable when wheat is grown under various mineral nutrition and temperature regimens. *Journal of Cereal Science* 45: 134-139.

Fabriani, G. and Lintas, C. 1988. *Durum Wheat: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.

Finlay, G.J.; Bullock, P.R.; Sapirstein, H.D.; Naeem, H.A.; Hussain, A.; Angadi, S.V. and DePauw, R.M. 2007. Genotypic and environmental variation in grain, flour, dough and bread-making characteristics of western Canadian spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 87:679-690.

Flagella, Z., Giuliani, M.M., Giuzio, L., Volpi, C., Masci, S. 2010. Influence of water deficit on durum wheat storage protein composition and technological quality. *European Journal of Agronomy* 33: 197-207.

Fuertes-Mendizábal, T.; Aizpurua, A.; González-Moro, M.B. and Estavillo, J.M. 2010. Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. *European Journal of Agronomy* 33:52-61.

Garza, G.A. (1999). *El Trigo*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Salud Pública y Nutrición.

Gianibelli, M.C. Lorroque O. R., MacRitchie, F. and Wrigley, C.W. 2001. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits. *Cereal Chemistry* 78(6):635-646.

Hernández, P.; López, A.; Del valle,; Almenar, E.; Gavara, R. 2004. Mechanical and barrier properties of glutenin films influenced by storage time. *Journal of agricultural and food chemistry*. 52: 79-83.

Huebner F R, T C Nelsen, O K Chung, J A Bietz 1997. Protein distributions among hard red winter wheat varieties as related to environment and baking quality. *Cereal Chemistry*. 74: 123–128.

Irmak S, H A Naeem, G L Lookhart, F MacRitchie 2008. Effect of heat stress on wheat proteins during kernel development in wheat near-isogenic lines differing at Glu-D1. *Journal of Cereal Science*. 48: 513-516

Islas, R.A., Macritchie, F., Gandikota, S., Hou, G. 2005. Relaciones de la composición proteínica y mediciones reológicas en masa con la calidad panadera de harinas de trigo. *Revista fitotecnia Mexicana*. 28(3):243-251

Jackson, E. A., Holt, L. M., Payne, P. I. 1983. Characterization of high-molecular-weight gliadin and low-molecular-weight glutenin subunits of wheat endosperm by two-dimensional electrophoresis and chromosomal localization of their controlling genes. *Theor. Appl. Genet*. 66:29-37.

Kent, N. L. (1984). *Technology of cereals. An introduction for students of food science and agriculture*. 3rd. Edition. Pergamon Press. Great Britain. Pp. 1-16

Lacaze, X., Roumet, P., 2004. Environment characterization for the interpretation of environmental effect and genotype x environment interaction. *Theoretical and Applied Genetics*. 109: 1632-1640.

Labuschagne, M.T., Elago, O., Koen, E. 2009. Influence of extreme temperatures during grain filling on protein fractions, and its relationship to some quality characteristics in bread, biscuit, and durum wheat. *Cereal Chemistry*. 86: 61-66

Larré, C., Denery-Papini, S.mPopineau, Y., Deshayes, G., Desserre, C. Y Lefebvre, J. (2000).Biochemical análisis and rheological properties of gluten modified by transglutaminase.Cereal Chem. 77:32-38.

Lopez-Bellido, L., R.J. Lopez-Bellido, J. E. Castillo, and F.J. Lopez-Bellido. 2001. Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. Field Crop Res. 72: 197-210.

Luo, C., G. Branlard, W.B. Griffi n, and D.L. McNeil. 2000. The effect of nitrogen and sulphur fertilization and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. J. Cereal Sci. 31:185–194.

MacRitchie, F. (1987).Evaluation of contributions from wheat protein fractions to dough mixing and breadmaking. J. Cereal Sci. 6:259-268.

Osborne , T. B. (1924). The Vegetable Proteins, 2nd edn., Longmans, Green and Co., London.

Mladenov, N., Przulj, N., Hristow, N., Djuric, V., .and Milovanovic, M. (2001).Cultivar-by-environment interactions for wheat quality traits in semiarid conditions.Cereal chem.(78)3: 363-367.

Noris, R. F. (2007). Estudio del grado de modificación de las proteínas del gluten de trigo por una tripsina de vísceras de sierra (*Scomberomorus sierra*).Tesis de maestría. Universidad de Sonora.

Oelofse, R.M., Labuschagne, M.T., Van Deventer, C.S., 2010. Influencing factors of sodium dodecyl sulfate sedimentation in bread wheat. Journal of Cereal Science. 52: 96-99.

Panozzo J F, H A Eagles (2000) Cultivar and environmental effects on quality characters in wheat. II. Protein. Australian Journal of Agricultural Research 51: 629-636.

Panozzo, J. F.; Eagles, H. A. and Wootton, M. 2001.Changes in protein composition during grain development in wheat. Australian Journal of Agricultural Research 52:485-493.

Payne, P. I., Jackson, E. A. and Holt, L. M. 1984. The Association between γ -gliadin 45 and gluten strength in durum wheat varieties: A direct causal effect or the result of genetic linkage. J. Cereal Sci. 2:73-81.

Pedersen, L., Johannes, R.J. 2007.Variation in rheological properties of gluten from three biscuit wheat cultivars in relation to nitrogen fertilization. Journal of Cereal Science. 46: 132-138.

Randall, P.J., Moss, H.J., 1990. Some effects of temperature regime during grain-filling on wheat quality. Aust. J. Agric. Res. 41,603-617.

Romogosa, I., Van Eeuwijk, F.A., Thomas, W.T.B., 2009. Statistical analyses of genotype by environment data. In: Carena, M.J. (Ed.), Cereals. Springer Science, Fargo, ND, USA, pp. 1-39.

Serna-Saldivar, S.O. (1996). Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. Agt editor. México, D.F.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Producción Anual. <http://www.siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=1043&tipo=1> (Consultado en noviembre de 2010).

Shewry, P.R.; Halford , N.G. (2002). Cereal seed storage proteins: structures properties and role in grain utilization. Journal of Experimental Botany. 53:947-958.

Shewry, P. R. and Lookhart G. L. (2003). Wheat gluten protein analysis.American Association of Cereal Chemists.

Shewry, P. R., and Tathan, A. S. (1997). Disulphide bonds in wheat gluten protein. *J. Cereal Sci.* 25:207-227.

Southan M., Mac Ritchie F. 1999. Molecular weight distribution of wheat proteins. *Cereal Chem.* 76(6): 827-836

Triboï, E., Abad, A., Michelena, A., Lloveras, J., Ollier, J.L., Daniel, C., 2000. Environmental effects on the quality of wheat genotypes: 1. Quantitative and qualitative variation of storage proteins. *Eur. J. Agron.* 13,47-64.

Uthayakumaran, S., Gras, P. W., Stoddard, F. L., and Bekes, F. (1999). Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on functional properties of wheat dough. *J. Cereal Chem.* 76:389-394.

Uthayakumaran, S., Tömösközi, S., Tatham, A.S., Savage, A.W.J., Gianibelli, M.C., Stoddard, F.L., and Bekes, F. (2001). Effects of gliadin fractions on functional properties of wheat dough depending on molecular size and hydrophobicity. *J. Cereal Chem.* 78(2):138-141.

Wardlaw, I.F., Blumenthal, C., Larroque, O., Wrigley, C.W., 2002. Contrasting effects of chronic heat stress and heat shock on kernel weight and flour quality in wheat. *Funct. Plant Biol.* 29, 25-34.

Wrigley, C. W and F. Bekes.(1999). Glutenin-protein formation during the continuum from anthesis to processing. *Cereal Foods World* 44(8): 562

Wrigley, C.W., Blumenthal, C., Gras, P.W., Barlow, E.W.R., 1994. Temperature variation during grain-filling and changes in wheat grain quality. *Aust. J. PlantPhysiol.* 21, 875-885.

9. ANEXOS

9.1 Títulos de los artículos que están en proceso de publicación

CONTENIDO DE GLUTEN EN GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) EN MEXICALI

GLUTEN CONTENT IN OUTSTANDING GENOTYPES OF WHEAT (*Triticum aestivum* L.) IN MEXICALI

Faviola Noris Robles¹, Juan José Paz Hernández¹, Juan Francisco Ponce Medina¹, Patricia Isabel Torres Chávez², Manuel Cruz Villegas¹, Leopoldo Partida Ruvalcaba³, Carlos Enrique Ail Catzim¹ y Alejandro Manelik García López^{1*}.

Enviado a Revista Fitotecnia Mexicana.

“GALIA F-2011”: VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA EL VALLE DE MEXICALI, B. C. Y SAN LUIS RIO COLORADO, SON., MÉXICO

“GALIA F-2011” BREAD WHEAT CULTIVAR FOR MEXICALI VALLEY, B. C. AND SAN LUIS RIO COLORADO, SON., MÉXICO

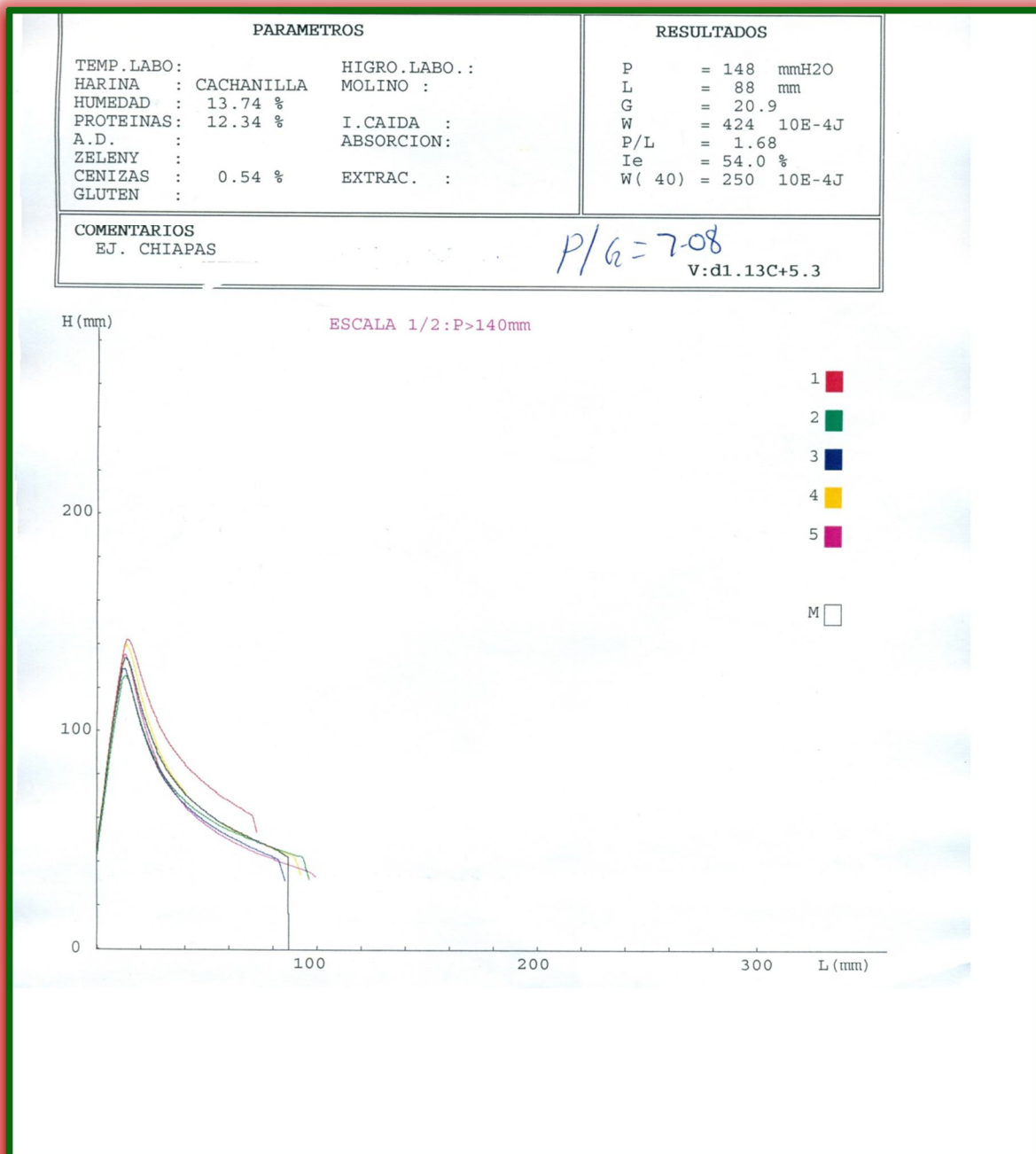
J. José Paz-Hernández¹, Javier Porras-Medrano², J. Francisco Ponce-Medina^{*1}, Faviola Noris-robles¹, A. Manelik García-López¹, Manuel Cruz-Villegas¹, R. Esmeralda Rodríguez-González¹, Leopoldo Partida-Ruvalcaba².

Revista Fitotecnia Mexicana 36(2):181-182.

9.2 Alveogramas representativos de las líneas experimentales evaluadas en los tres ambientes de prueba.

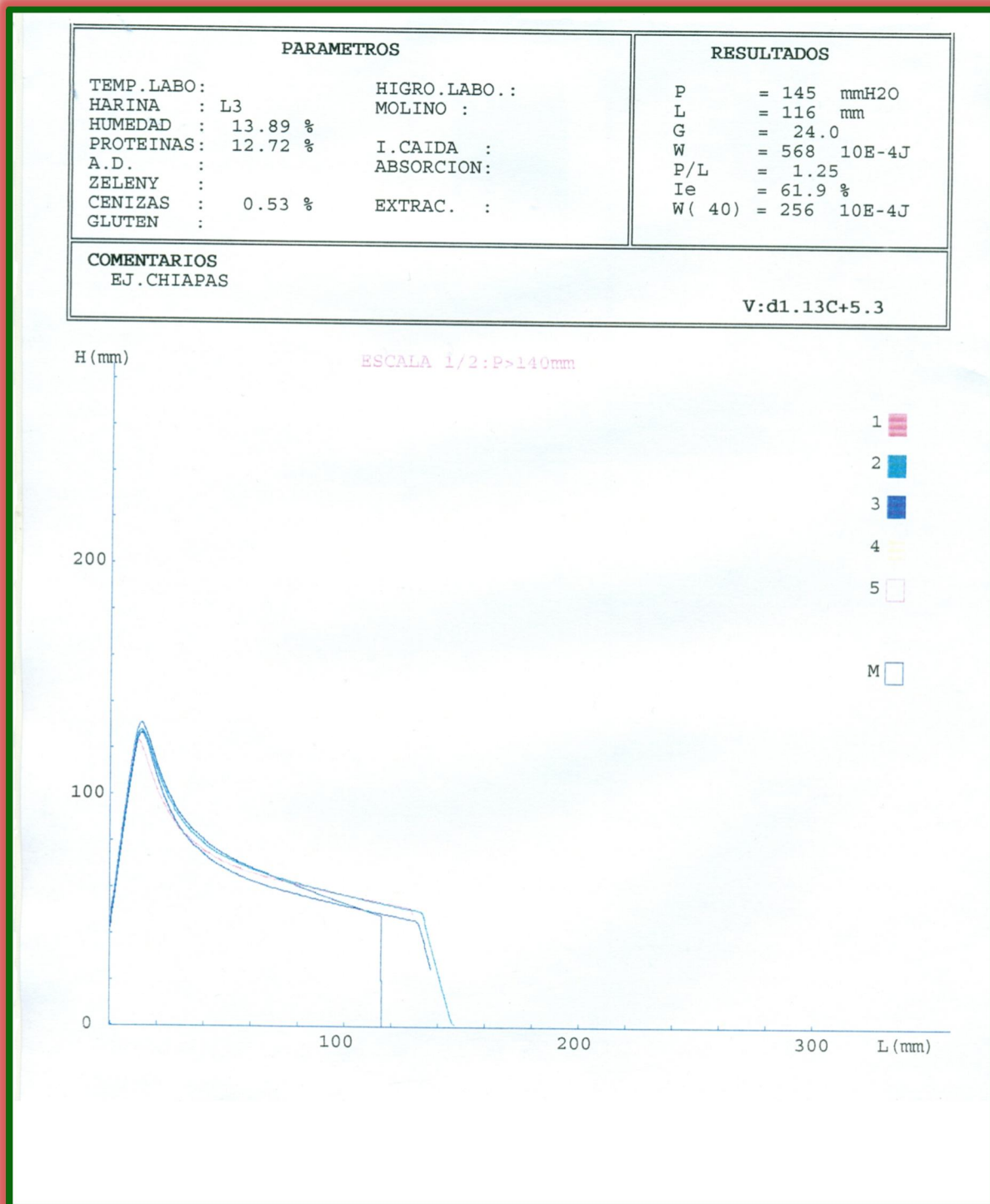
Ambiente: EC

Genotipo: Cachanilla



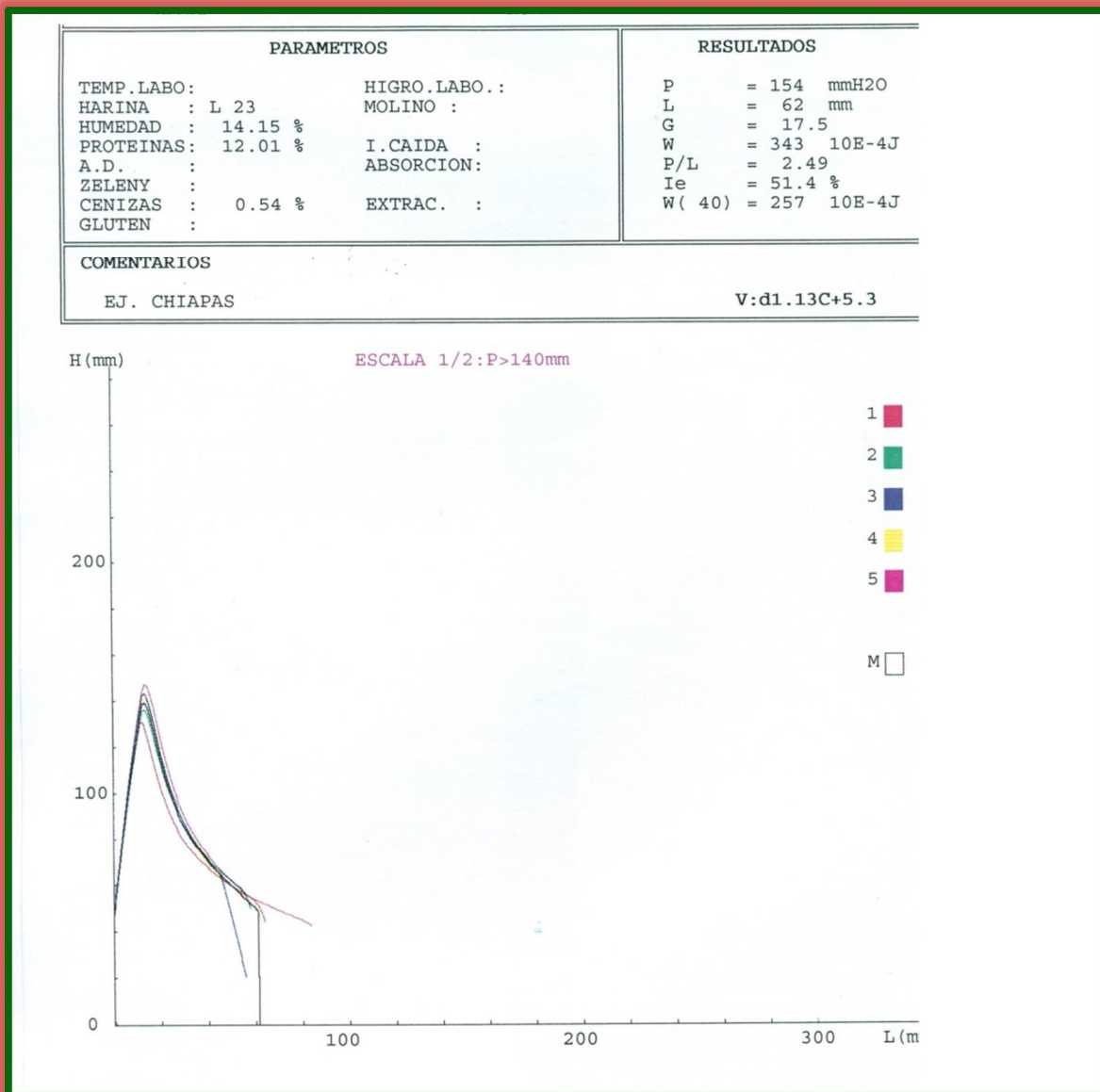
Ambiente:EC

Genotipo: Linea 3



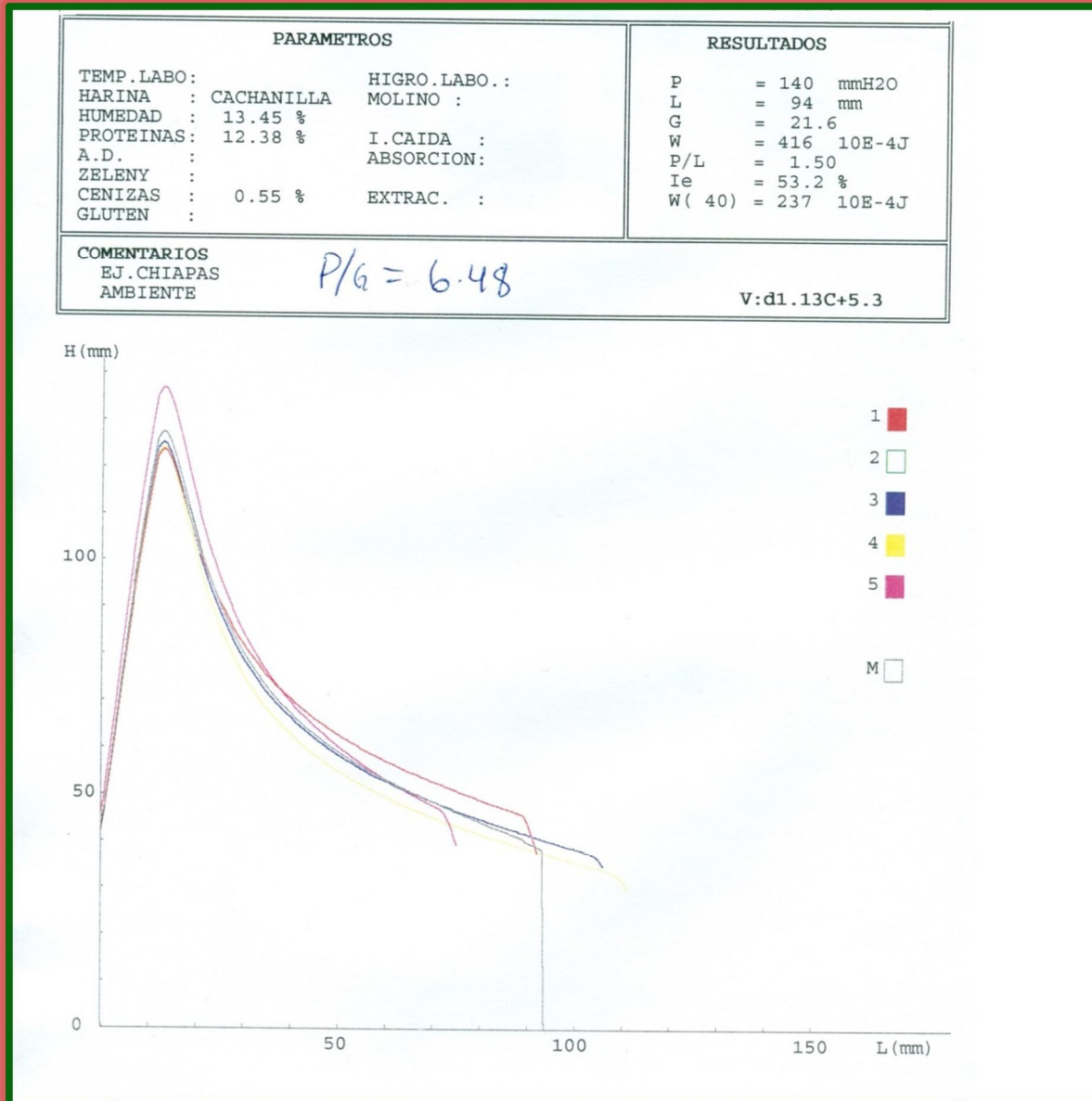
Ambiente: EC

Genotipo: Línea 23



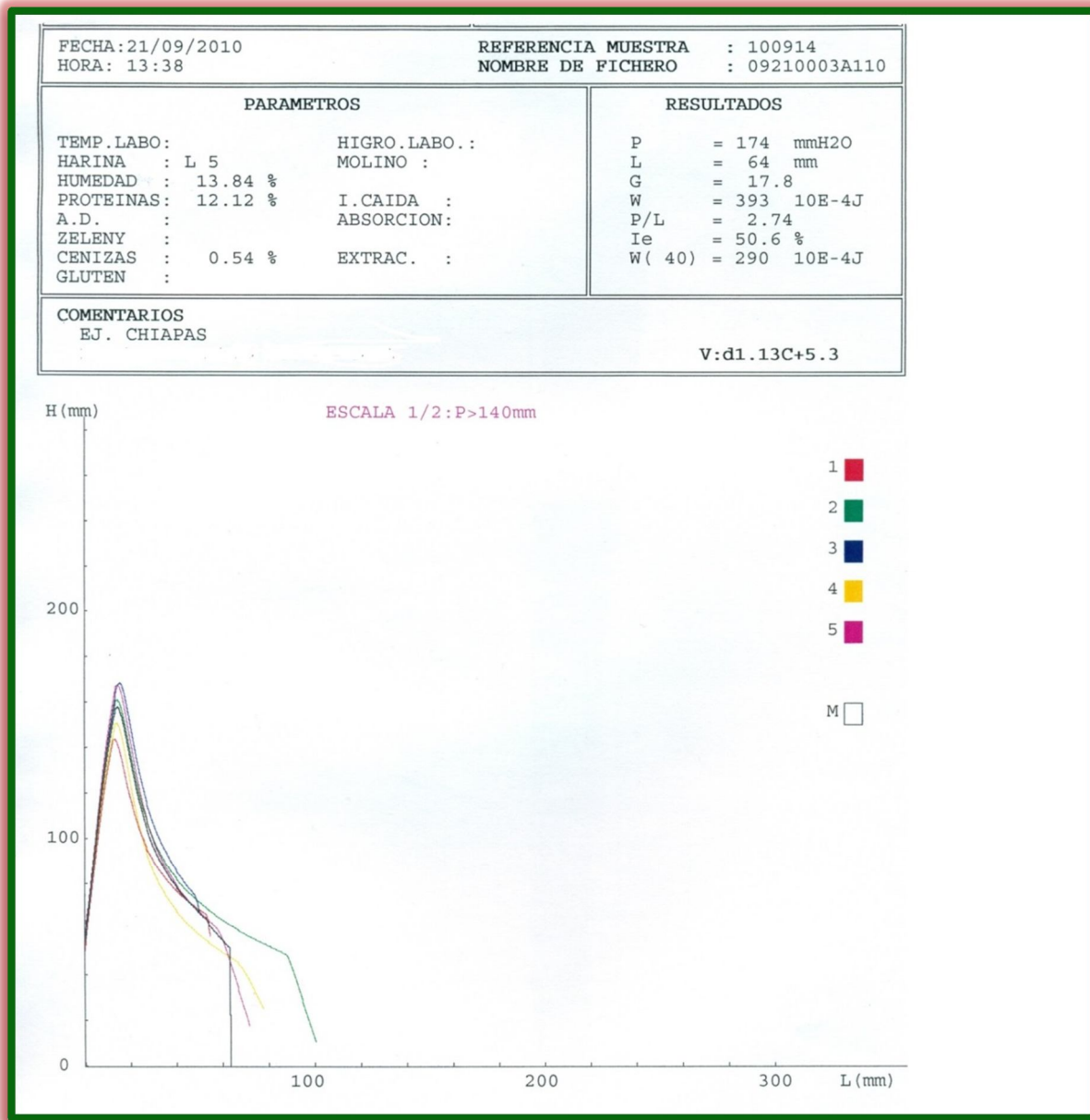
Ambiente: EC

Genotipo: Cachanilla



Ambiente: EC

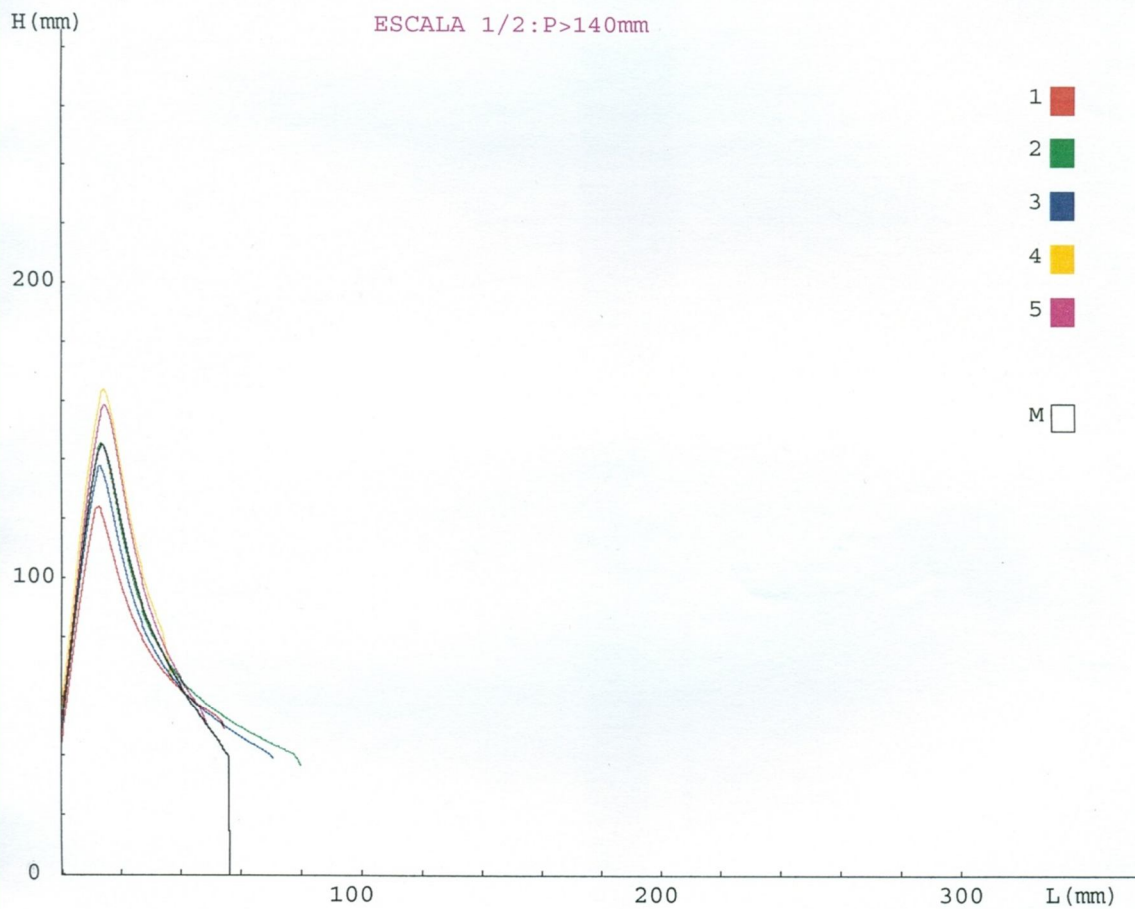
Genotipo: Línea 5



Ambiente: ET

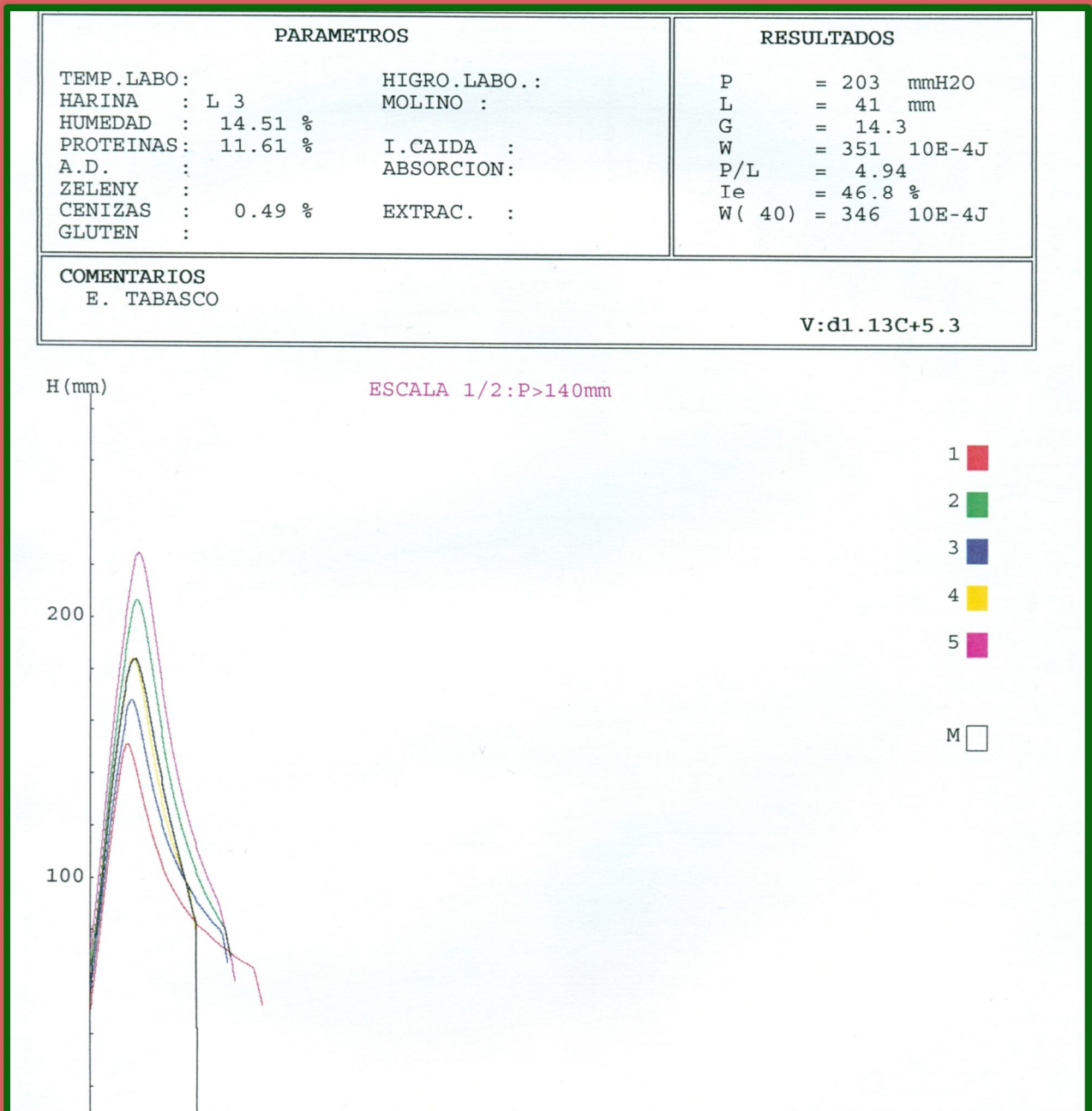
Genotipo: Cachanilla

PARAMETROS		RESULTADOS
TEMP.LABO:	HIGRO.LABO.:	P = 160 mmH2O
HARINA : CACHANILLA	MOLINO :	L = 57 mm
HUMEDAD : 14.41 %		G = 16.8
PROTEINAS: 11.12 %	I.CAIDA :	W = 318 10E-4J
A.D. :	ABSORCION:	P/L = 2.79
ZELNY :		Ie = 45.0 %
CENIZAS : 0.49 %	EXTRAC. :	W(40) = 261 10E-4J
GLUTEN :		
COMENTARIOS		
EJ. TABASCO		V:d1.13C+5.3



Ambiente: ET

Genotipo: Línea 3

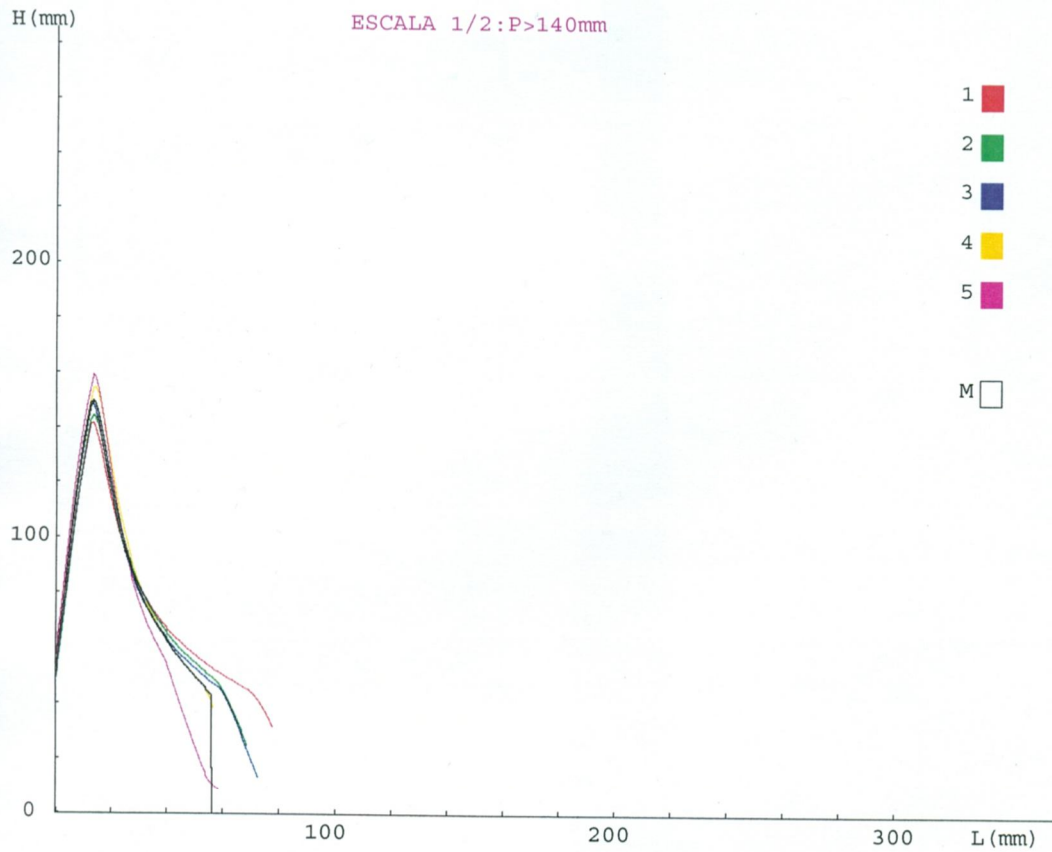


Ambiente: ET

Genotipo: Linea 5

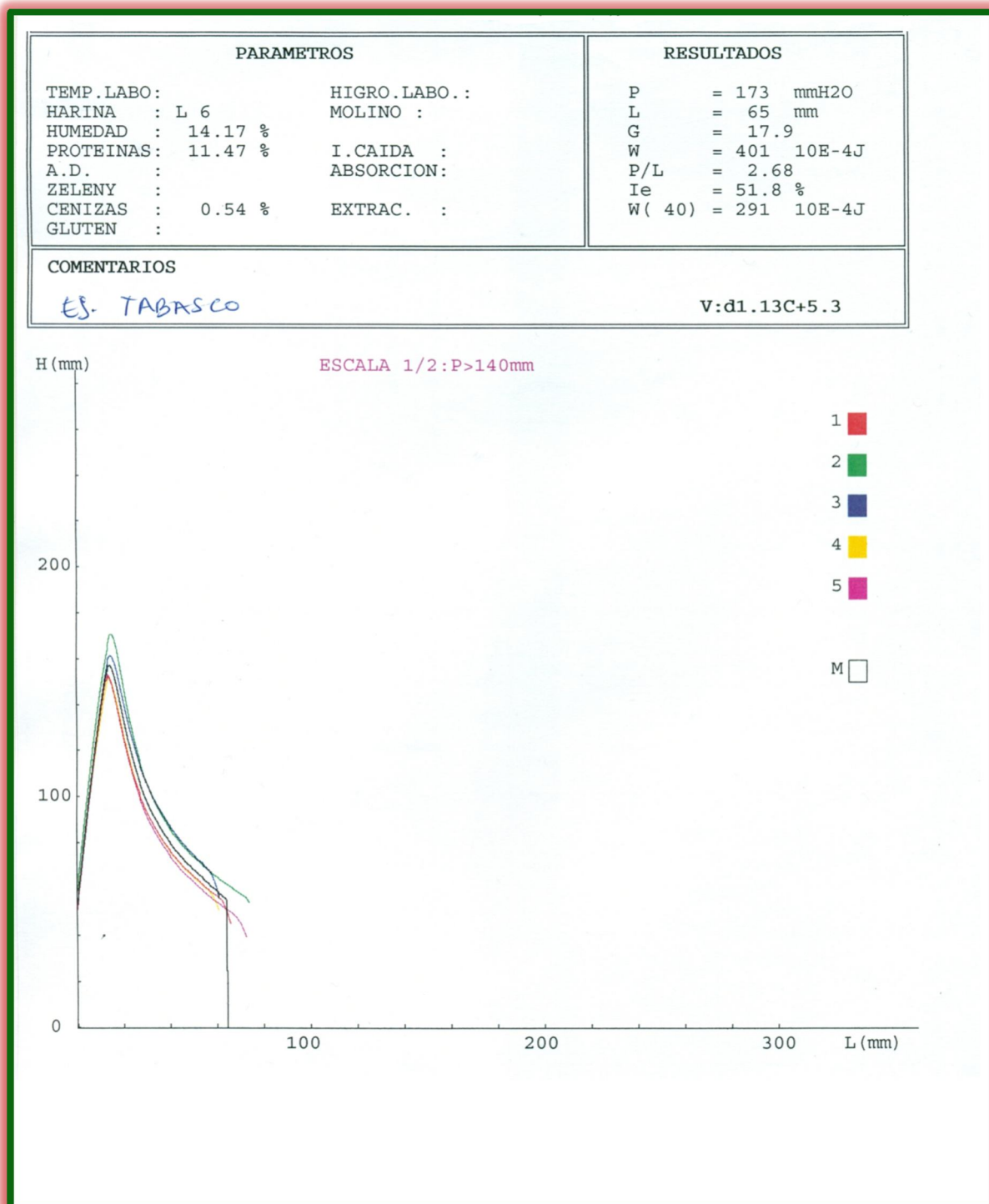
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP.LABO:		P	= 165 mmH2O
HARINA : L 5	HIGRO.LABO.:	L	= 57 mm
HUMEDAD : 14.30 %	MOLINO :	G	= 16.8
PROTEINAS: 10.45 %	I.CAIDA :	W	= 322 10E-4J
A.D. :	ABSORCION:	P/L	= 2.90
ZELENY :		Ie	= 42.8 %
CENIZAS : 0.53 %	EXTRAC. :	W(40)	= 263 10E-4J
GLUTEN :			
COMENTARIOS			
EJ. TABASCO			

V:d1.13C+5.3



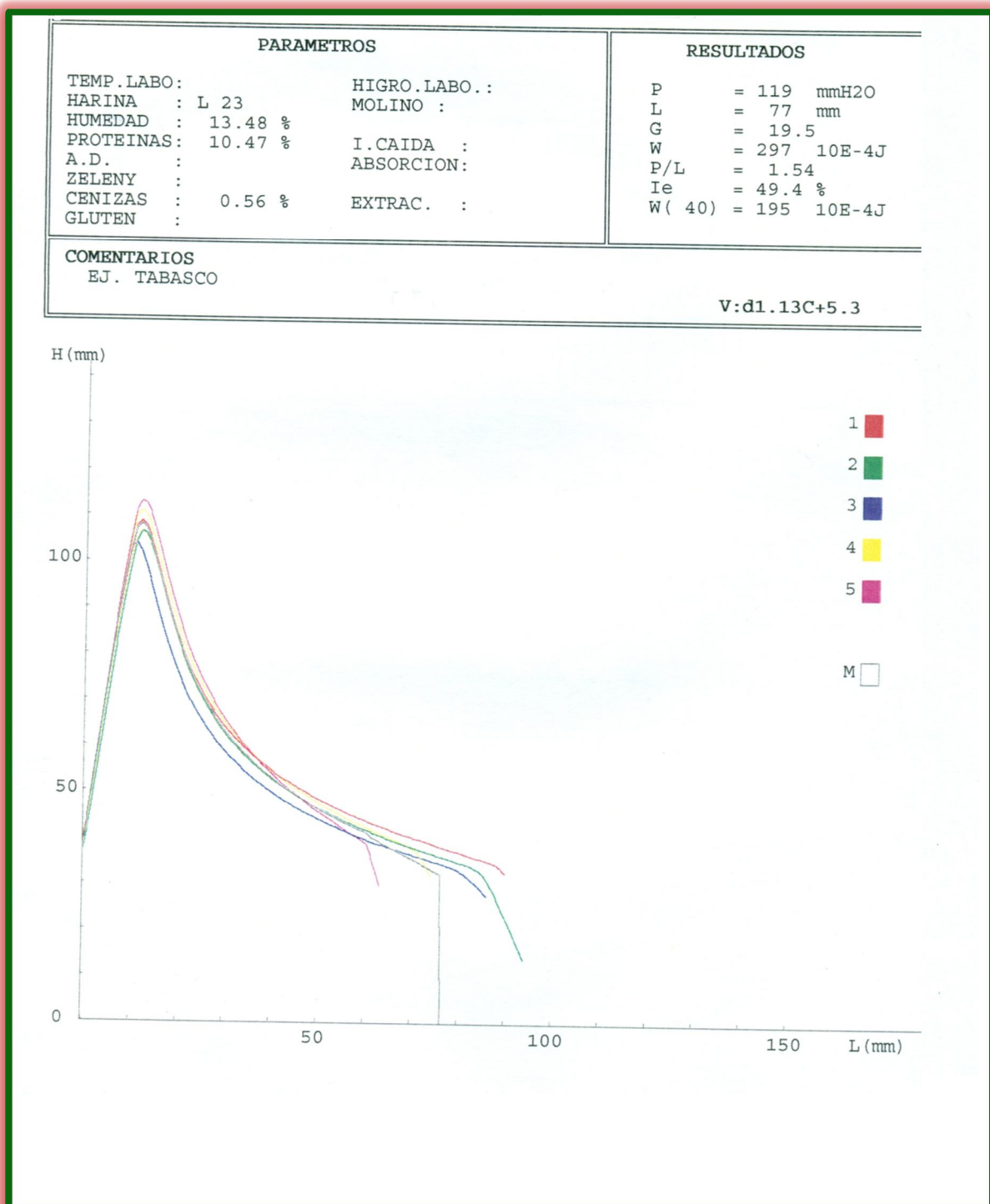
Ambiente: ET

Genotipo: Linea 6



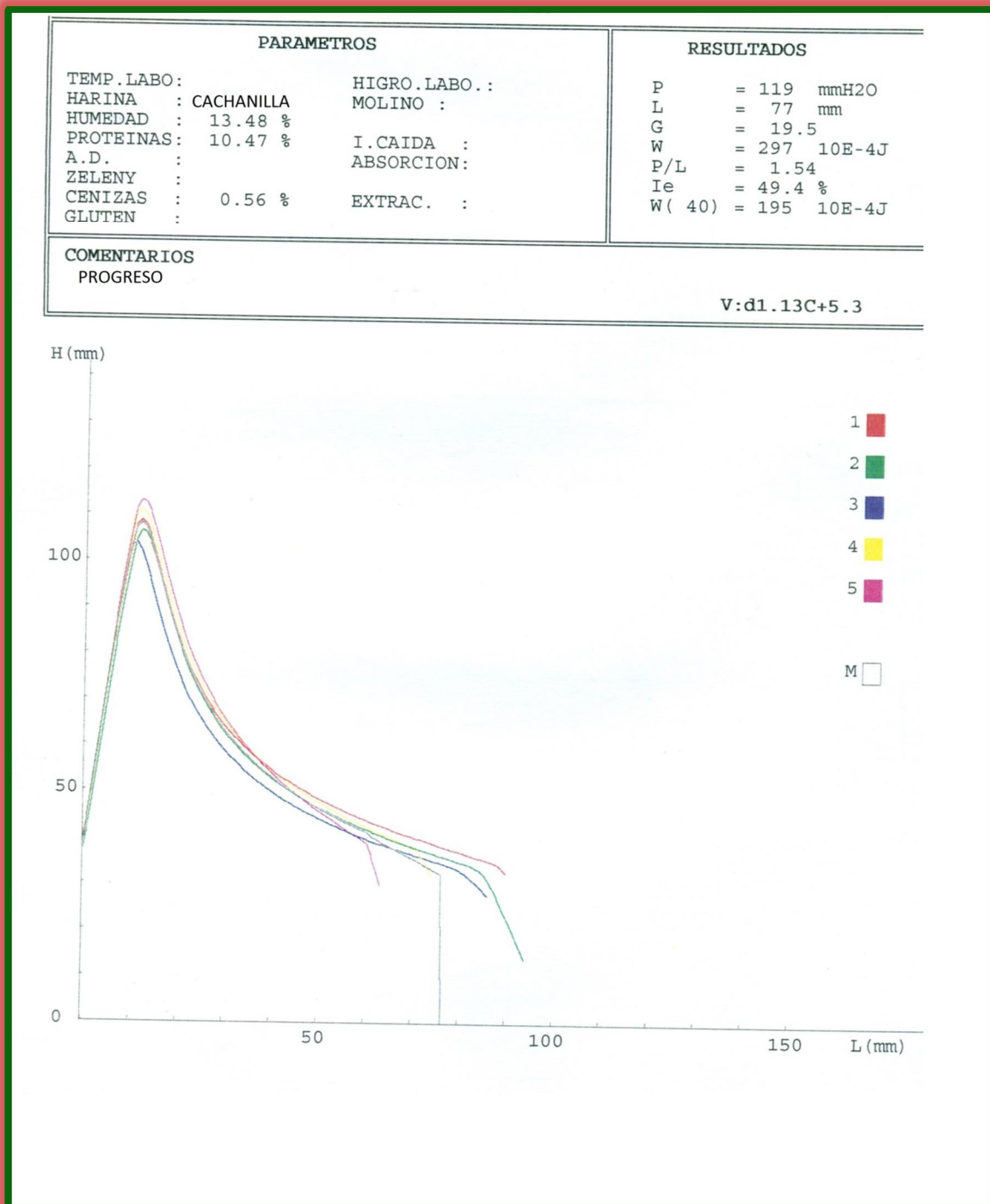
Ambiente: ET

Genotipo: Línea 23



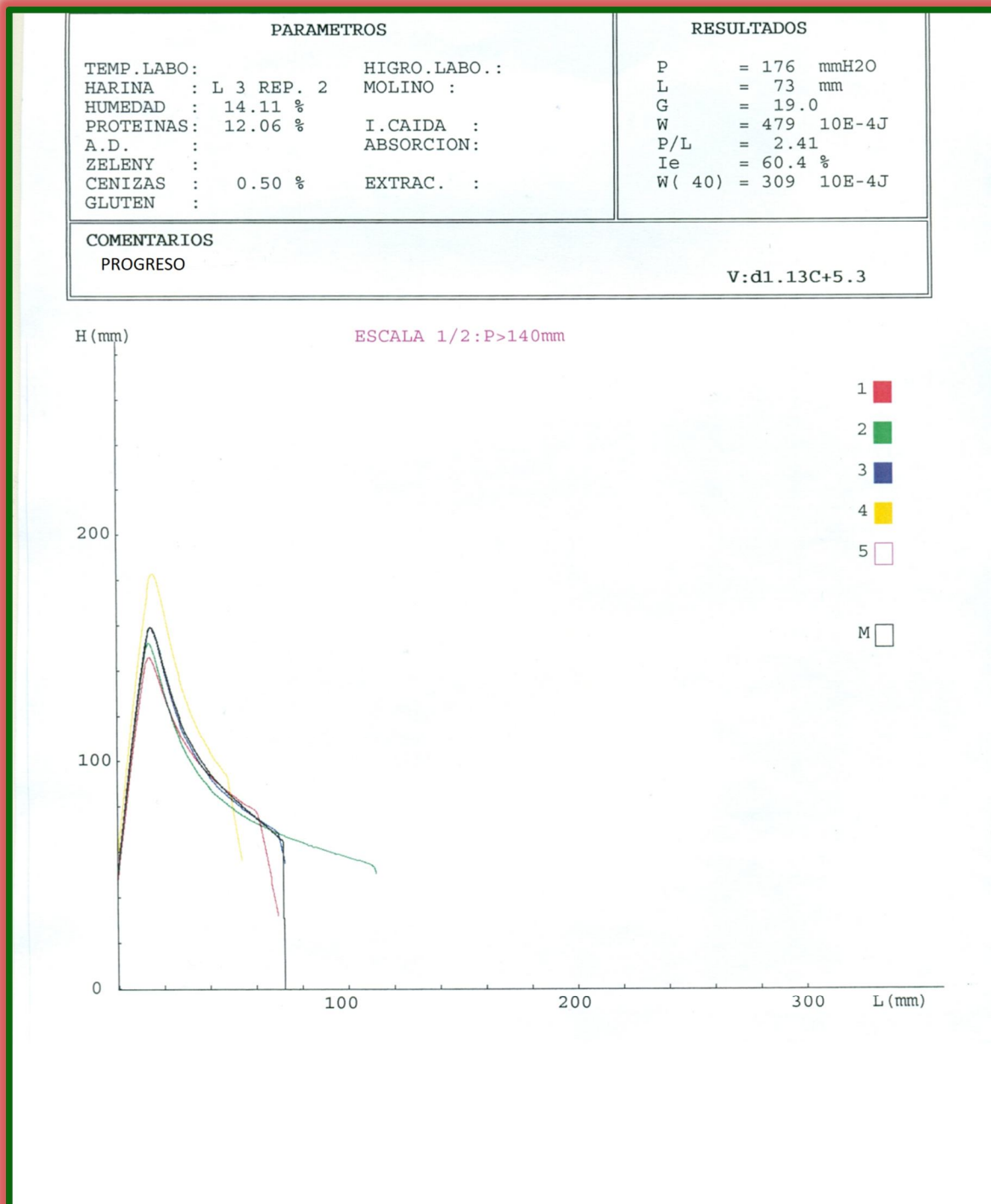
Ambiente: CP

Genotipo: Cachanilla



Ambiente: CP

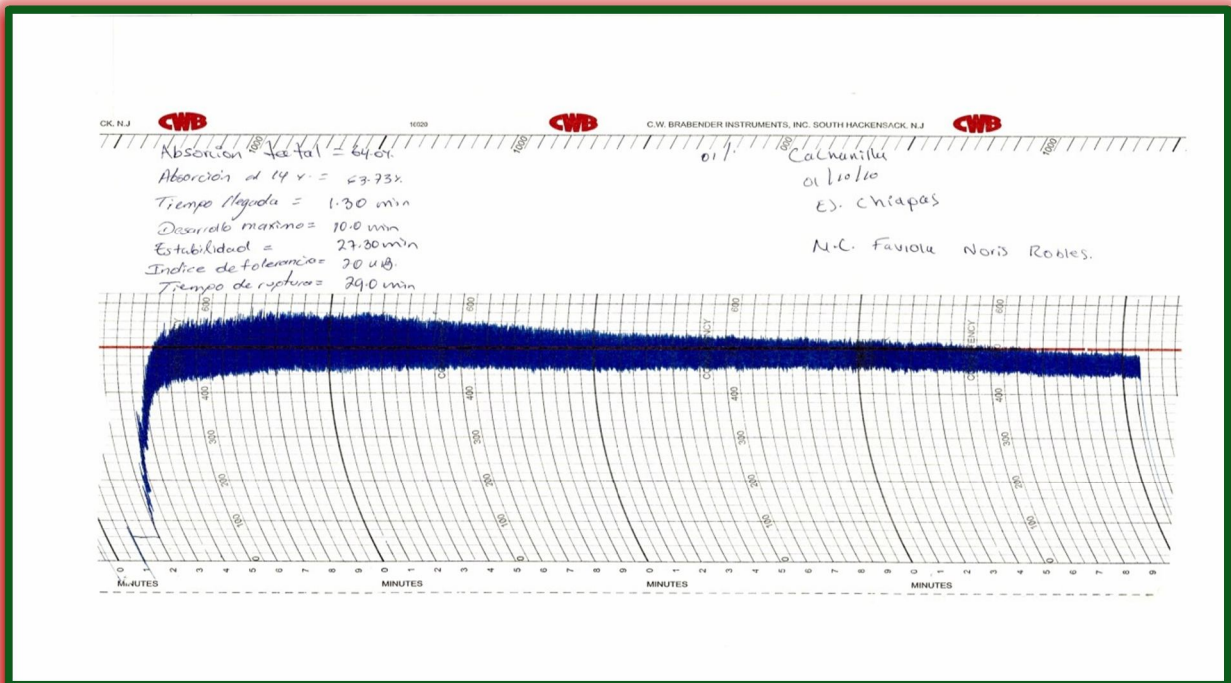
Genotipo: Línea 3



9.3 Farinogramas representativos de las líneas experimentales evaluadas en los tres ambientes de prueba.

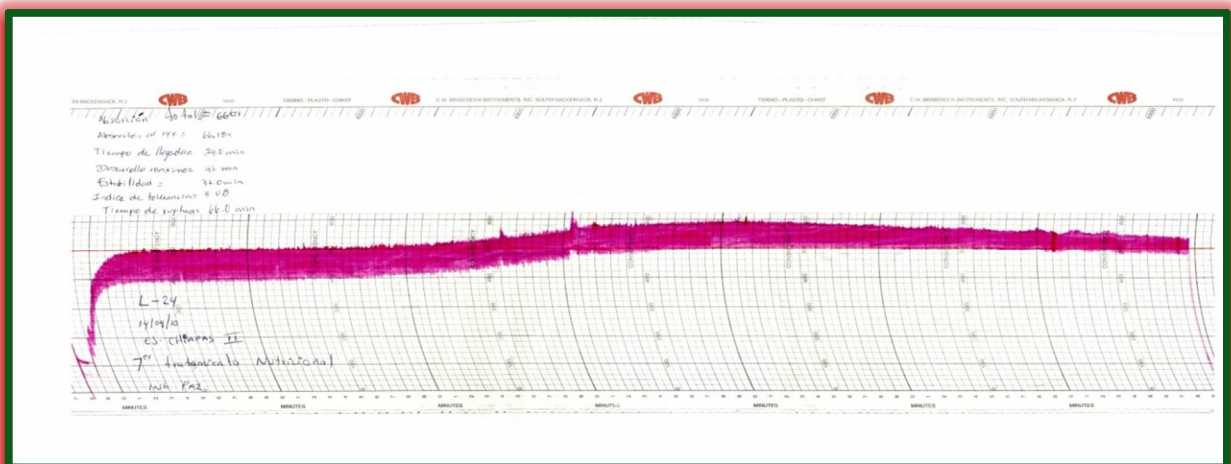
Ambiente: EC

Genotipo: Cachanilla



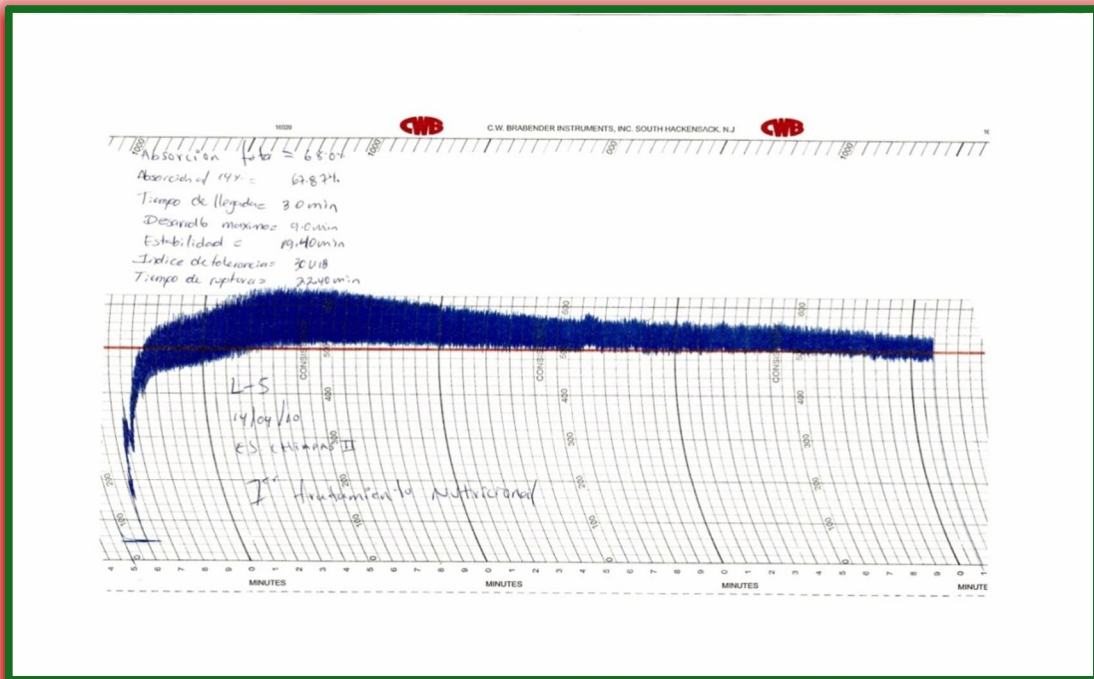
Ambiente: EC

Genotipo: Línea 24



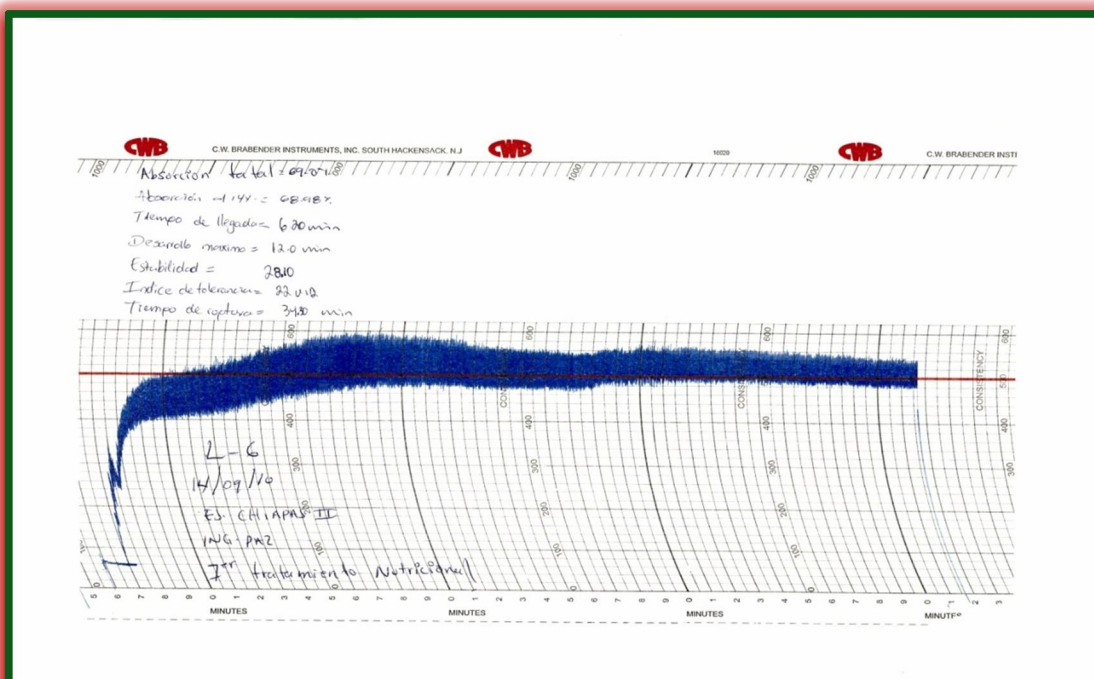
Ambiente: EC

Genotipo: Línea 5



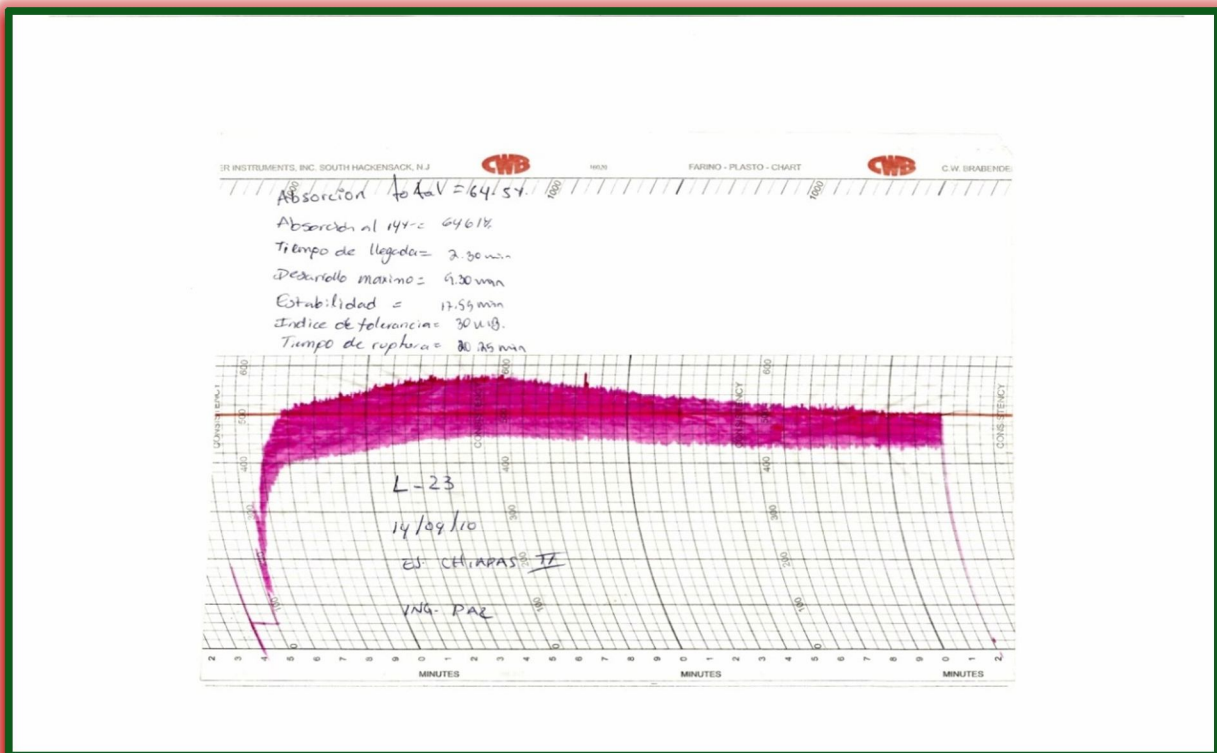
Ambiente: EC

Genotipo: Línea 6



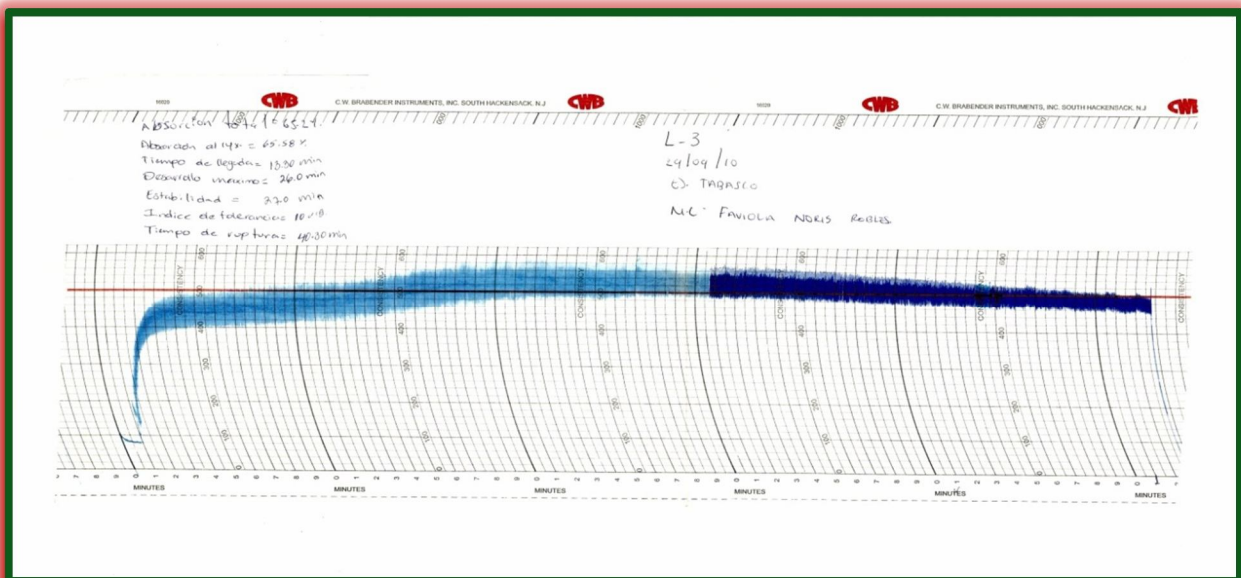
Ambiente: EC

Genotipo: Línea 23



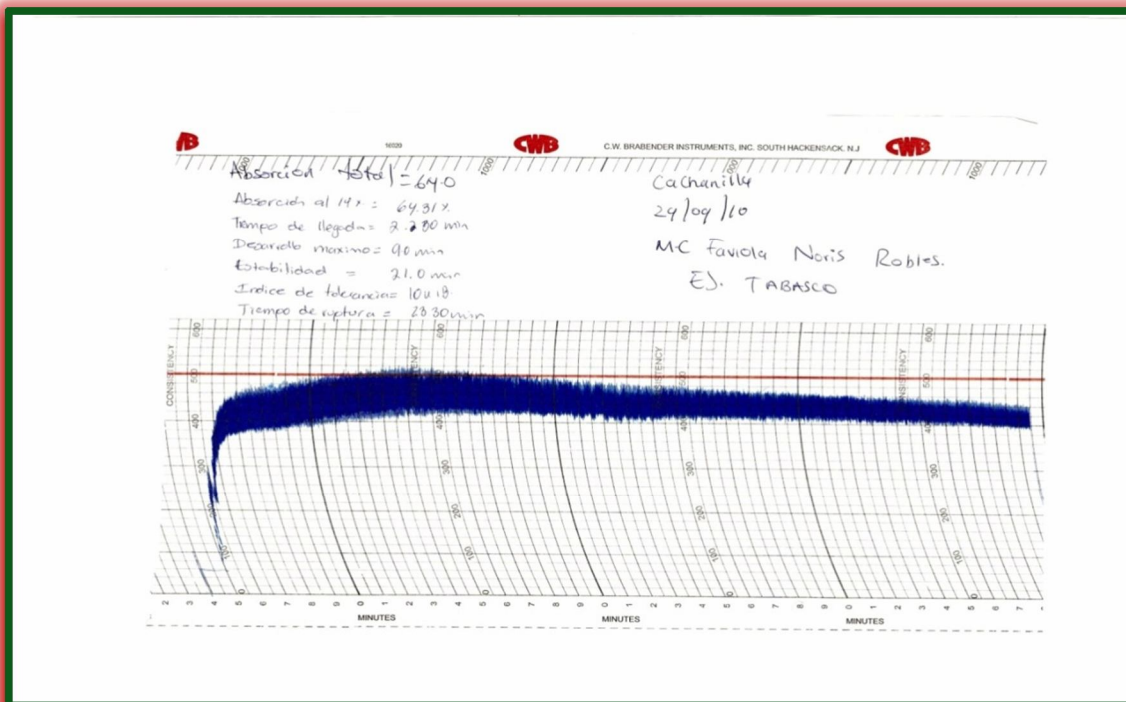
Ambiente: ET

Genotipo: Línea 3



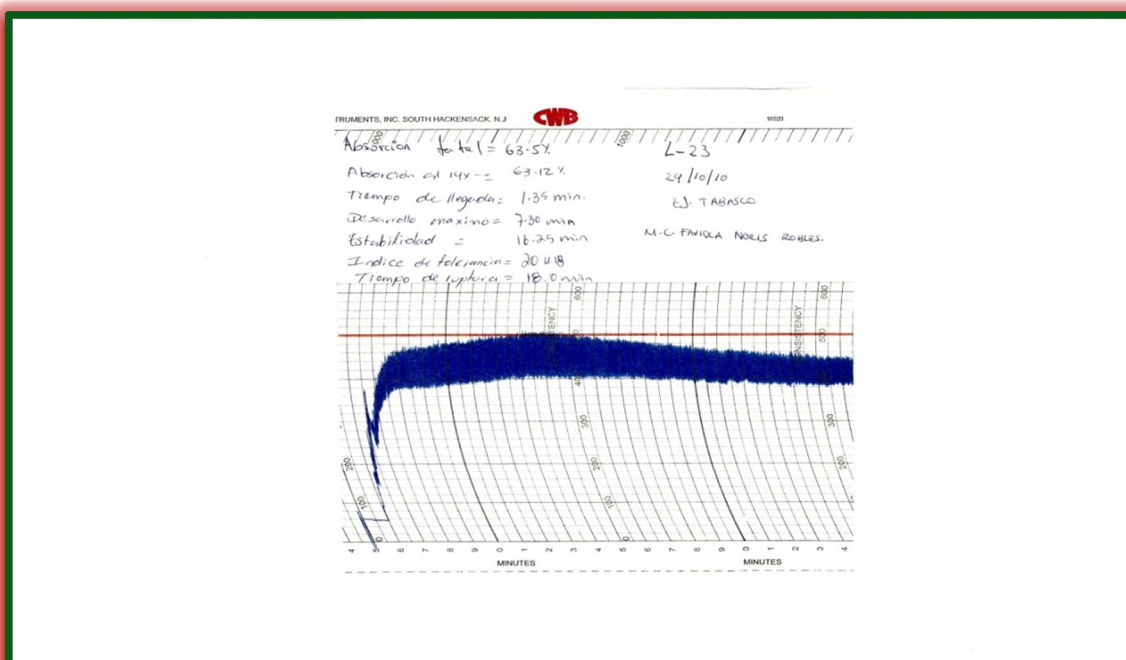
Ambiente: ET

Genotipo: Cachanilla



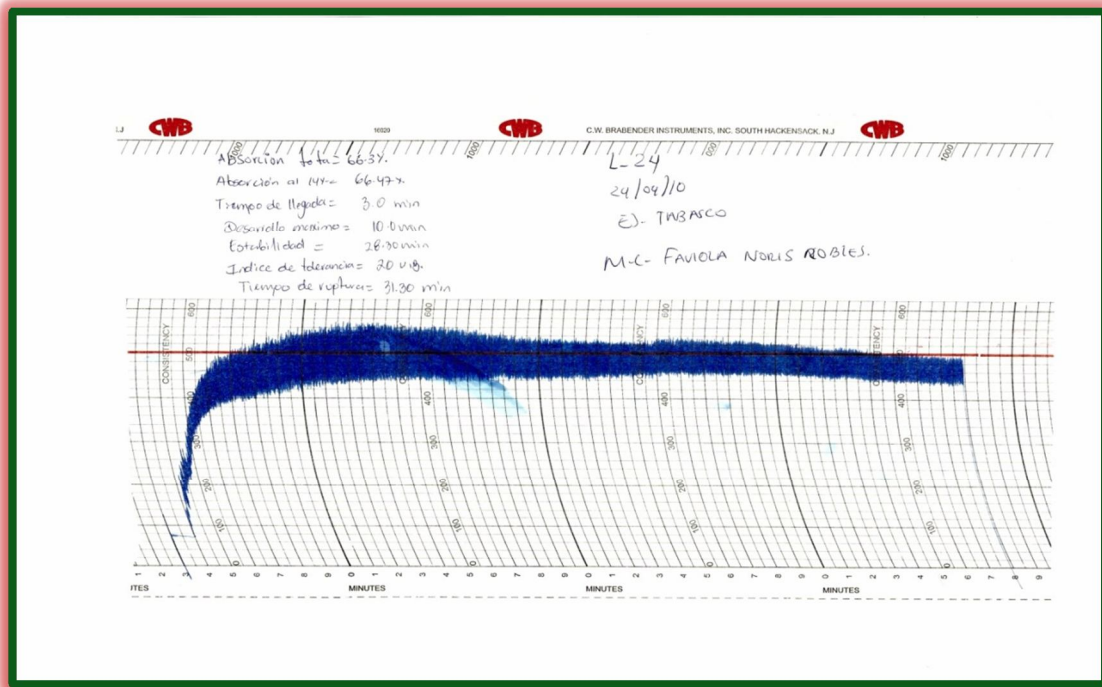
Ambiente: ET

Genotipo: Línea 23



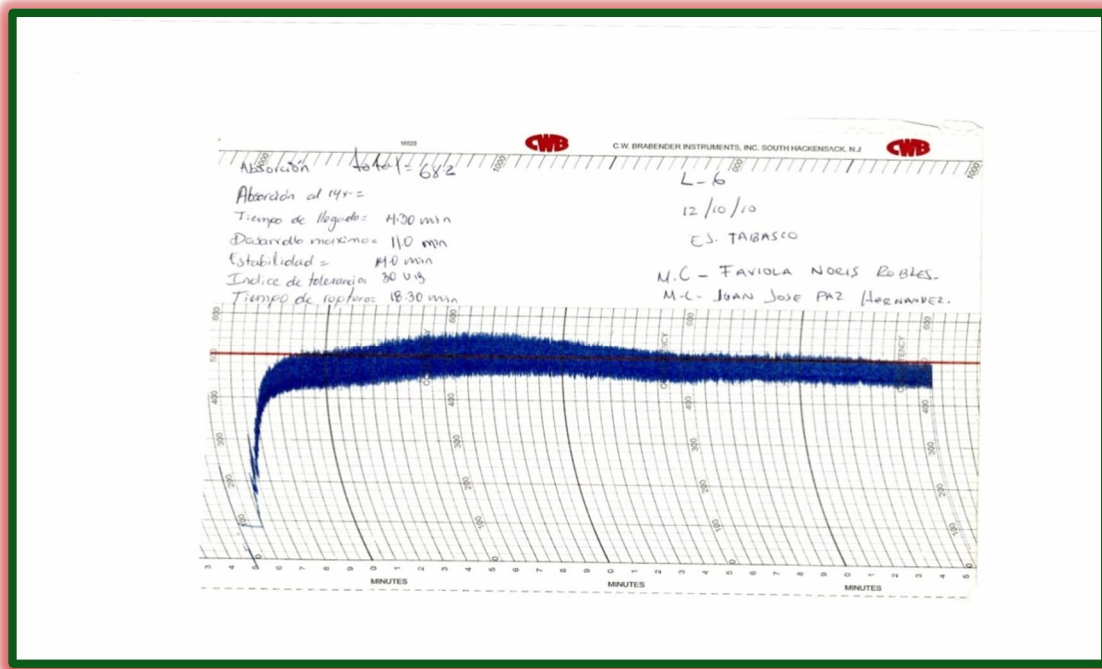
Ambiente: ET

Genotipo: Línea 24



Ambiente: ET

Genotipo: Línea 6



AMBIENTE: ET

GENOTIPO: Línea 5

