

Universidad del Aconcagua



Facultad de Psicología

## **TESINA DE LICENCIATURA EN CRIMINALÍSTICA**

### **TEMA DE INVESTIGACIÓN**

**“ANTIGÜEDAD DE MANCHAS DE SANGRE”**

**TÍTULO DE LA TESINA**

**“Influencia de la temperatura para la datación de una mancha de sangre  
sobre tela de lienzo”**

**AUTOR: María Florencia Barbagallo Voloschín**

**DIRECTOR: Dra. Liliana Zea**

**CO-DIRECTOR: Licenciado José Escudero**

**AÑO: 2010.-**

REPUBLICA ARGENTINA – PROVINCIA DE MENDOZA

## **HOJA DE EVALUACIÓN**

TRIBUNAL:

PRESIDENTE:

VOCAL:

VOCAL:

Profesores Invitados:

## RESUMEN

### ***“Influencia de la temperatura para la datación de una mancha de sangre sobre tela de lienzo”***

por María Florencia Barbagallo Voloschín

La determinación de la antigüedad de manchas de sangre, es un interrogante presente con frecuencia en hechos delictuosos. Las manchas de sangre tienen color y aspecto diferente, según el tiempo que lleven expuestas, el soporte donde hayan estado, y las condiciones externas de humedad y temperatura.

Este trabajo de investigación pretende establecer si es posible determinar la datación de una mancha de sangre analizando el porcentaje (%) de difusión del ión cloruro presente en estas, sobre tela de lienzo, y expuestas a temperaturas controladas.

Lo anterior se realiza con el fin de elaborar un patrón de comparación que le facilite al perito la datación de una mancha de sangre, según la temperatura aproximada a la cual se encontraba la misma en el escenario criminal.

## **SUMMARY**

### ***“Influence of temperature for the dating of a bloodstain on canvas fabric”***

by María Florencia Barbagallo Voloschin

A query which is frequently present in criminal acts is the determination of the age of bloodstains.

Bloodstains have different color and appearance depending on the time they have been exposed, the fabric on they have been resting, and the external conditions of humidity and temperature.

This research aims to establish whether it is possible to determine the dating of a bloodstain analyzing the percentage (%) of diffusion of chloride ion present in it, on canvas fabric, and exposed to controlled temperatures.

The last, is done to develop a benchmark that will provide the expert with the dating of a bloodstain according to the approximate temperature at which was this one in the crime scene.

## ÍNDICE

TESINA DE LICENCIATURA EN CRIMINALÍSTICA.....	2
TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
HOJA DE EVALUACIÓN .....	3
RESUMEN.....	4
SUMMARY.....	5
ÍNDICE .....	6
ÍNDICE DE FOTOS .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	9
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	9
AGRADECIMIENTOS .....	10
DEDICATORIA.....	11
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>12</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	13
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>15</b>
2. PROBLEMÁTICA.....	16
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>17</b>
3. ANTECEDENTES.....	18
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>21</b>
4. MARCO TEÓRICO.....	22
4.1. SANGRE .....	22
4.1.1. Función .....	22
4.1.2. Composición .....	22
4.1.3. Características .....	23
4.1.4. Coagulación .....	23
4.2. FUNCIÓN DEL CLORO EN LA SANGRE .....	25
4.2.1. El cloruro en sangre .....	25
4.3. ESTUDIO DE MANCHAS DE SANGRE.....	25
4.3.1. Mecanismo de producción .....	26
4.3.2. Investigaciones Analíticas.....	27
4.3.2.1. Diagnóstico genérico.....	27
4.3.2.2. Diagnóstico específico.....	28
4.3.2.3. Diagnóstico Individual.....	28
4.3.2.4. Diagnóstico de la región de donde procede la sangre .....	28
4.3.2.5. Diagnóstico del sexo del individuo de quien procede la sangre .....	29

4.3.2.6.	Data de una mancha de sangre.....	29
4.4.	<b>FÍSICA</b> .....	29
4.4.1.	Definición.....	29
4.5.	<b>FLUIDOS</b> .....	31
4.5.1.	Características de los fluidos .....	31
4.5.2.	El fluido como un medio continuo.....	32
4.5.3.	Mecánica de los fluidos .....	33
4.5.3.1.	Leyes de Newton.....	33
4.5.3.2.	Leyes de la Termodinámica.....	34
4.5.4.	Propiedades principales de los fluidos.....	36
4.5.4.1.	Densidad y Peso específico .....	36
4.5.4.2.	Viscosidad .....	36
4.5.4.3.	Tensión superficial y capilaridad .....	37
4.5.4.4.	Fuerza de gravedad.....	37
4.6.	<b>QUÍMICA LEGAL O FORENSE</b> .....	37
4.7.	<b>TECNICA: Difusión del ión cloruro</b> .....	38
4.7.1.	Generalidades.....	38
4.7.2.	Procedimiento .....	39
4.8.	<b>SOPORTE</b> .....	40
4.8.1.	¿Cómo se fabrica una tela?.....	41
4.8.2.	Composición del Lienzo .....	43
<b>CAPÍTULO V</b> .....		<b>44</b>
5.	OBJETIVOS DE TRABAJO .....	45
6.	HIPÓTESIS.....	46
6.1.	<i>Variables en estudio:</i> .....	46
6.1.1.	Variable independiente: .....	46
6.1.2.	Variable dependiente: .....	46
<b>CAPÍTULO VI</b> .....		<b>47</b>
7.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	48
7.1.	<i>Tipo de estudio y diseño metodológico.</i> .....	48
7.2.	<i>Instrumentos y materiales utilizados.</i> .....	49
7.3.	<i>Procedimiento.</i> .....	50
<b>CAPITULO VII</b> .....		<b>59</b>
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	60
8.1.	<i>Experimentación día 15, temperaturas 12°C y 25°C.</i> .....	61
8.2.	<i>Experimentación día 30, temperaturas 12°C y 25°C.</i> .....	63
8.3.	<i>Experimentación día 45, temperaturas 12°C y 25°C.</i> .....	65
8.4.	<i>Experimentación día 60, temperaturas 12°C y 25°C.</i> .....	67
<b>CAPÍTULO VIII</b> .....		<b>70</b>
9.	CONCLUSIONES .....	71
10.	RECOMENDACIONES.....	72
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>73</b>
<b>APÉNDICE</b> .....		<b>74</b>
11.	FOTOGRAFÍAS UTILIZADAS PARA LA MEDICIÓN DE ÁREAS. ....	75

11.1.	Muestra 1: Día 15, Temperatura 12°C.....	75
11.2.	Muestra 2: Día 15, Temperatura 12°C.....	76
11.3.	Muestra 3: Día 15, Temperatura 12°C.....	77
11.4.	Muestra 4: Día 15, Temperatura 12°C.....	78
11.5.	Muestra 5: Día 15, Temperatura 12°C.....	79
11.6.	Muestra 1: Día 30, Temperatura 12°C.....	80
11.7.	Muestra 2: Día 30, Temperatura 12°C.....	82
11.8.	Muestra 3: Día 30, Temperatura 12°C.....	83
11.9.	Muestra 4: Día 30, Temperatura 12°C.....	84
11.10.	Muestra 5: Día 30, Temperatura 12°C.....	85
11.11.	Muestra 1: Día 45, Temperatura 12°C.....	86
11.12.	Muestra 2: Día 45, Temperatura 12°C.....	87
11.13.	Muestra 3: Día 45, Temperatura 12°C.....	88
11.14.	Muestra 4: Día 45, Temperatura 12°C.....	89
11.15.	Muestra 5: Día 45, Temperatura 12°C.....	90
11.16.	Muestra 1: Día 60, Temperatura 12°C.....	91
11.17.	Muestra 2: Día 60, Temperatura 12°C.....	92
11.18.	Muestra 3: Día 60, Temperatura 12°C.....	93
11.19.	Muestra 4: Día 60, Temperatura 12°C.....	94
11.20.	Muestra 5: Día 60, Temperatura 12°C.....	95
11.21.	Muestra 1: Día 15, Temperatura 25°C.....	96
11.22.	Muestra 2: Día 15, Temperatura 25°C.....	97
11.23.	Muestra 3: Día 15, Temperatura 25°C.....	98
11.24.	Muestra 4: Día 15, Temperatura 25°C.....	99
11.25.	Muestra 5: Día 15, Temperatura 25°C.....	100
11.26.	Muestra 1: Día 30, Temperatura 25°C.....	101
11.27.	Muestra 2: Día 30, Temperatura 25°C.....	102
11.28.	Muestra 3: Día 30, Temperatura 25°C.....	103
11.29.	Muestra 4: Día 30, Temperatura 25°C.....	104
11.30.	Muestra 5: Día 45, Temperatura 25°C.....	105
11.31.	Muestra 1: Día 45, Temperatura 25°C.....	106
11.32.	Muestra 2: Día 45, Temperatura 25°C.....	107
11.33.	Muestra 3: Día 45, Temperatura 25°C.....	108
11.34.	Muestra 4: Día 45, Temperatura 25°C.....	109
11.35.	Muestra 5: Día 45, Temperatura 25°C.....	110
11.36.	Muestra 1: Día 60, Temperatura 25°C.....	111
11.37.	Muestra 2: Día 60, Temperatura 25°C.....	112
11.38.	Muestra 3: Día 60, Temperatura 25°C.....	113
11.39.	Muestra 4: Día 60, Temperatura 25°C.....	114
11.40.	Muestra 5: Día 60, Temperatura 25°C.....	115

## ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 1. MUESTRAS DÍA 45, TEMPERATURA 25°C. PRE-APLICACIÓN TÉCNICA DE DIFUSIÓN DEL ION CLORURO. ....	52
FOTO 2. MUESTRAS DÍA 45, TEMPERATURA 25°C. POST-APLICACIÓN TÉCNICA DE DIFUSIÓN DEL ION CLORURO. ....	52

FOTO 3. MUESTRA 1, DÍA 45, TEMPERATURA 25°C. PRE-APLICACIÓN TÉCNICA DE DIFUSIÓN DEL ION CLORURO. ....	53
FOTO 4. MUESTRA 1, DÍA 45, TEMPERATURA 25°C. POST-APLICACIÓN TÉCNICA DE DIFUSIÓN DEL ION CLORURO.....	53
FOTO 5. MUESTRA PRE-APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE DIFUSIÓN DEL ION CLORURO. VISTA GENERAL.....	55
FOTO 6. MUESTRA PRE-APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE DIFUSIÓN DEL ION CLORURO. VISTA AMPLIADA.....	55
FOTO 7. MUESTRA POST-APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE DIFUSIÓN DEL ION CLORURO. VISTA GENERAL.....	56
FOTO 8. MUESTRA POST-APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE DIFUSIÓN DEL ION CLORURO. VISTA AMPLIADA.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CAMBIOS DE COLOR DE LA SANGRE. CAMILE SIMONIN .....	20
TABLA 2. TABLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ÁREAS DE MUESTRAS, SEGÚN DÍA DE EXPERIMENTACIÓN Y TEMPERATURA. ..	57
TABLA 3. PORCENTAJES DE CAMBIO PROMEDIO EN EL ÁREA DE LAS MUESTRAS - TEMPERATURA = 12°C.....	58
TABLA 4. PORCENTAJES DE CAMBIO PROMEDIO EN EL ÁREA DE LAS MUESTRAS - TEMPERATURA = 25°C.....	58
TABLA 5. RESULTADOS DÍA 15, TEMPERATURA 12°C .....	61
TABLA 6. RESULTADOS DÍA 15, TEMPERATURA 25°C .....	61
TABLA 7. RESULTADOS DÍA 30, TEMPERATURA 12°C .....	63
TABLA 8. RESULTADOS DÍA 30, TEMPERATURA 25°C .....	63
TABLA 9. RESULTADOS DÍA 45, TEMPERATURA 12°C .....	65
TABLA 10. RESULTADOS DÍA 45, TEMPERATURA 25°C .....	65
TABLA 11. RESULTADOS DÍA 60, TEMPERATURA 12°C .....	67
TABLA 12. RESULTADOS DÍA 60, TEMPERATURA 25°C .....	67

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: DIFUSIÓN DEL IÓN CLORURO Vs TIEMPO .....	59
GRÁFICO 2. COMPARACIÓN RESULTADOS PARCIALES DIFUSIÓN DÍA 15.....	62
GRÁFICO 3. COMPARACIÓN RESULTADOS PROMEDIO EN EL DÍA 15.....	62
GRÁFICO 4. COMPARACIÓN RESULTADOS PARCIALES DIFUSIÓN DÍA 30.....	64
GRÁFICO 5. COMPARACIÓN RESULTADOS PROMEDIO DÍA 30 .....	64
GRÁFICO 6. COMPARACIÓN RESULTADOS PARCIALES DIFUSIÓN DÍA 45.....	66
GRÁFICO 7. COMPARACIÓN RESULTADOS PROMEDIO DÍA 45 .....	66
GRÁFICO 8. COMPARACIÓN RESULTADOS PARCIALES DIFUSIÓN DÍA 60.....	68
GRÁFICO 9. COMPARACIÓN RESULTADOS PROMEDIO DÍA 60 .....	68
GRÁFICO 10. COMPARACIÓN DIFUSIÓN PROMEDIO DEL IÓN CLORURO Vs TIEMPO.....	69

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS DE INTERÉS PARA LA CIENCIA FORENSE .....	41
ILUSTRACIÓN 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	48
ILUSTRACIÓN 3. PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN.....	50
ILUSTRACIÓN 4. INTERFAZ DEL SOFTWARE (AUTOCAD 2008) UTILIZADO PARA LA MEDICIÓN DE ÁREAS.....	54

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia que me apoyó siempre en todas las decisiones de mi vida.

A mi tía Perla y mi tío Eugenio que fueron quienes me empujaron a dar el último paso en la Universidad.

A Rosemberg y Alex, dos grandes pensadores e inspiradores para mí.

A mis amigas por todo el ánimo que me dieron.

A la Dr. Liliana Zea y el Licenciado José Escudero, por su apoyo incondicional.

A mi Papá que fue quien me dio la posibilidad de estudiar.

## **DEDICATORIA**

A mi Mamá, que desde algún lugar se está emocionando por este logro.

A mi Abuela, que es mi otra Mamá.



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Las manchas de sangre son un indicio frecuentemente encontrado en el escenario de un crimen, o en cualquier tipo de hecho delictuoso. Las mismas, se consideran de vital importancia a la hora de realizar estudios de aspectos físicos, químicos y serológicos.

A través de los estudios mencionados se puede establecer lo siguiente: participación de personas en el acto criminal, determinar mediante un análisis toxicológico las causas de la muerte, data de una mancha de sangre, y por último, fijar si se trata de una muerte por suicidio, homicidio o muerte natural.

Conocer el tiempo transcurrido desde la ejecución de una mancha de sangre hasta el hallazgo de la misma, es un dato de suma importancia, ya que teniendo en cuenta esta información se podría establecer la data de un suceso y así reconstruir históricamente el mismo. Lo anterior, ayuda al perito a la hora de elaborar su pericia, y de esta manera se realiza un aporte fundamental a la justicia con el que se pueda esclarecer un hecho delictuoso buscando llegar a la verdad real que tanto anhela la Criminalística.

Actualmente, en la provincia de Mendoza, no hay un laboratorio equipado para llevar a cabo este tipo de estudio, ni personal especializado que se dedique a investigar estos indicios, ya que este estudio fue descartado hace muchos años por presentar grandes márgenes de error.

La presente investigación busca ayudar a determinar si es posible establecer patrones de comparación que sean útiles en futuras pesquisas. En caso afirmativo, en próximas investigaciones, se puede hacer un estudio completo del comportamiento de las manchas de sangre en diferentes soportes, expuestas a diferentes temperaturas. De esta manera, el perito puede tener a su disposición una base de datos a la que remitirse en caso que le soliciten la data de una mancha de sangre, y así, dar un resultado certero a la investigación judicial.



## CAPÍTULO II

## 2. PROBLEMÁTICA

En la provincia de Mendoza no es posible determinar la antigüedad de una mancha de sangre sobre los indicios colectados en el escenario criminal, pues no existen patrones de comparación que tengan en cuenta las diferentes variables a las que las manchas de sangre pueden verse expuestas luego de cometido el hecho delictuoso. Estas variables pueden ser temperatura, humedad, presión, soporte sobre el que se encuentran, entre otras.

Por otro lado, los organismos encargados de administrar justicia plantean con relativa frecuencia si la mancha de sangre encontrada en el escenario del crimen corresponde al momento del hecho o estaba presente antes de producido el mismo.

Lo anterior, se vio reflejado en un caso que llegó al Laboratorio de Química Legal de Policía Científica de Mendoza, caratulado “Averiguación de Homicidio agravado con abuso sexual”. El mismo, fue remitido al laboratorio solicitando la determinación de la data de restos hemáticos encontrados en una moto secuestrada. El requerimiento formulado en la causa no se pudo realizar ya que este estudio no lo realiza actualmente la entidad mencionada.

En consecuencia, con el fin de limitar el problema de investigación, y que sea ejecutable dentro del tiempo y con los recursos dispuestos para este estudio, el interrogante de investigación planteado es el siguiente: ¿las manchas de sangre se ven influenciadas por factores físicos como la temperatura y el soporte donde fueron depositadas?



## CAPÍTULO III

### 3. ANTECEDENTES

Al revisar la bibliografía disponible tanto de fuentes extranjeras como nacionales, se puede decir que el tema ha sido estudiado con anterioridad sin llegar a resultados contundentes a la hora de establecer la edad de una mancha de sangre. Los resultados obtenidos de investigaciones previas datan de fechas muy alejadas al presente.

Gisbert Calabuig, en su libro Medicina Legal y Toxicología, menciona que *“...la antigüedad de manchas de sangre solo puede establecerse con grandes márgenes de error ya que en el envejecimiento de las manchas intervienen factores muy diversos que hacen que manchas muy recientes se comporten a veces como antiguas y viceversa”*<sup>1</sup>.

Lo anterior, lo concluye a partir de los resultados de utilizar el “...test de difusión de cloruros y la degradación de las fracciones proteicas que componen la mancha, con el objeto de valorar la velocidad de elución de la mancha en un líquido eluyente”<sup>2</sup>. No obstante ello, no arriesga en ningún momento qué variable podría modificar el envejecimiento de las manchas de sangre.

Un antecedente importante, es el expuesto por Mr. Gautier de Claubry, en su libro Tratado de Química Legal: “Por antiguas que sean estas manchas siempre se encuentran en ellas los glóbulos sanguíneos: las que sirvieron para los experimentos de M. Robín tenían de 8 a 12 años. Pero para que los resultados micrográficos sean positivos, es necesario que las manchas no se hayan lavado, o que los tejidos manchados no hayan estado en tales circunstancias que la putrefacción haya podido alterar las manchas

---

<sup>1</sup> GISBERT CALABUIG, “Medicina legal y Toxicología” 6ª edición. Pág. 1269

<sup>2</sup> GISBERT CALABUIG, “Medicina legal y Toxicología” 6ª edición. Pág. 1269

profundamente; porque es claro que si se han destruido los elementos anatómicos y característicos de la sangre, no puede el microscopio volverlos a presentar de nuevo...”<sup>3</sup>. La técnica se basa en la observación de la forma de los glóbulos rojos, como así también en la formación de hongos microscópicos que se desarrollan durante la maceración de la muestra en una solución saturada de “sulfato de sosa”. Lo que asume es que a través del tiempo y producida la putrefacción de la sangre se puede observar tanto los hongos como los glóbulos rojos y de esta forma se podría datar una mancha de sangre de 8 a 12 años de antigüedad. En ningún momento hace referencia a que factores podrían influir en la datación de la muestra.

Otro antecedente a tener en cuenta es el que aporta el Dr. Raffo, en su libro *La Muerte Violenta*, donde dice: *“Las manchas de sangre tienen aspectos diferentes, según la data sea reciente o antigua, y varían también con la naturaleza del soporte en el que se encuentren. La recientemente derramada es de color rojo brillante, coagula en minutos, se deseca en horas, adquiriendo la tonalidad del café, y se vuelve negra con el transcurso de los días; esto se debe a la transformación sucesiva de la hemoglobina en metahemoglobina y hematina acida.”*<sup>4</sup>

El Dr. Raffo también tiene en cuenta para este tipo de investigación la permeabilidad del soporte, ya que va a depender del espesor y la forma de la mancha, y sus diferentes caracteres cromáticos de las manchas con relación al tiempo.

El Dr. Camille Simonin en su libro *medicina Legal Judicial* pone de manifiesto la siguiente opinión con respecto a la investigación de antigüedad de manchas de sangre: *“Las múltiples investigaciones emprendidas sobre esta cuestión son decepcionantes. Numerosos factores (calor, luz, humedad, putrefacción, soporte, etc.) influyen sobre las variaciones del tinte de las*

---

<sup>3</sup> MR. GAUTIER DE CLAUBRY, "Tratado de Química Legal". Pág. 169

<sup>4</sup> RAFFO.O.H, "La muerte violenta" 1ª Edición. 6ª reimpresión. Pág. 206-207

*manchas; lo mismo sucede con las modificaciones químicas y la sensibilidad de los reactivos. Todo lo demás, se puede precisar si una mancha de sangre es anterior o posterior a otra.”<sup>5</sup>*

De acuerdo a todo lo expuesto anteriormente y por no encontrar antecedentes específicos sobre el tema, a continuación se muestra la Tabla 1, nombrada por Simonin <sup>6</sup> en su libro del Código Universal de Colores donde se muestra de manera muy sencilla como varía el color de la sangre transcurrido un cierto tiempo.

<b>TIEMPO TRANSCURRIDO</b>	<b>COLORES OBSERVADOS</b>
00 horas	Laca Geranio
01 horas	Rojo Grosella
02 horas	Sangre de Buey
03 horas	Púrpura Granate
04 horas	Rojo Moreno
02 a 04 días	Laca Quemada
05 a 15 días	Rojo Pálido
03 a 04 semanas	Rojo Sanguíneo
02 meses	Acacial
06 meses	Tierra Sombra

**Tabla 1.** Cambios de color de la sangre. Camile Simonin

<sup>5</sup>SIMONIN, C, “Medicina Legal Judicial”. Barcelona: JIMS. Pág. 884

<sup>6</sup> SIMONIN, C, “Medicina Legal Judicial”. Barcelona: JIMS. Pág. 889



## CAPÍTULO IV

## 4. MARCO TEÓRICO

Para poder estudiar el comportamiento de manchas de sangre, primero tenemos que volcar algunos conceptos fundamentales sobre la sangre, su composición y por consiguiente cuáles son sus características particulares.

### 4.1. SANGRE

#### 4.1.1. Función

La sangre es un líquido, de color rojo, característico por la presencia del pigmento hemoglobínico contenido en los eritrocitos, que impulsado por el corazón circula por los vasos sanguíneos del cuerpo de las personas, transportando oxígeno, alimentos y productos de desecho: la sangre está formada por el plasma, que lleva el agua y sustancias en disolución, y por las células sanguíneas; ésta hace de intermediaria entre los elementos anatómicos y el medio exterior.

#### 4.1.2. Composición

La sangre tiene dos partes, una llamada plasma y otra elementos figurados (se llama así porque tiene forma tridimensional: glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas; estos últimos son fragmentos de células).

Como todo tejido, la sangre se compone de células y componentes extracelulares (su matriz extracelular), estas dos fracciones tisulares vienen representadas por: los elementos formes, también llamados, elementos figurados, son elementos semisólidos y particulados (corpúsculos) representados por células y componentes derivados de células; y el plasma sanguíneo, un fluido traslúcido y amarillento que representa la matriz extracelular líquida en la que están suspendidos los elementos formes. Estos constituyen alrededor de un 45% de la sangre. Tal magnitud porcentual se conoce con el nombre de hematocrito (fracción "celular"), atribuible casi en

totalidad a la masa eritrocitaria. El otro 55% está representado por el plasma sanguíneo (fracción acelular).

Los elementos formes de la sangre son variados en tamaño, estructura y función, se agrupan en: las células sanguíneas, que son los glóbulos blancos o leucocitos, células que "están de paso" por la sangre para cumplir su función en otros tejidos; y los derivados celulares, que no son células estrictamente sino fragmentos celulares, están representados por los eritrocitos y las plaquetas, siendo los únicos componentes sanguíneos que cumplen sus funciones estrictamente dentro del espacio vascular. Primariamente se describirán los derivados celulares, en segundo lugar los leucocitos, y luego el plasma sanguíneo.

#### 4.1.3. Características

La sangre representa aproximadamente el 7% el peso de un cuerpo humano promedio. Así, se considera que un adulto tiene un volumen de sangre de aproximadamente cinco litros, de los cuales 2.7 – 3 litros son plasma sanguíneo. La sangre arterial y oxigenada es de un color rojo brillante, mientras que la sangre venosa y parcialmente desoxigenada toma un color rojo oscuro y opaco. Sin embargo, debido a un efecto óptico causado por la forma en que la luz penetra a través de la piel, las venas se ven de un color azul.

#### 4.1.4. Coagulación

Otro aspecto a tener en cuenta con respecto a las manchas de sangre es la coagulación de la misma, ya que la sangre cuando sale de los vasos sanguíneos se vuelve viscosa y toma luego una consistencia sólida, esto se debe a que el fibrinógeno plástico, que está en solución coloide se transforma en un sólido, la fibrina, asimismo los líquidos del organismo que coagulan son los que contienen fibrinógeno.

Luego de la coagulación de la sangre o el plasma se observa la retracción del coágulo, y trazada entonces un líquido amarillo, el suero sanguíneo.

Al microscopio se observa que el coágulo está formado por una red de finos filamentos de fibrina, que aprisiona a los glóbulos rojos y blancos, y por suero sanguíneo; al formarse esta red se adhieren también las plaquetas.

El papel principal de la coagulación es que este es un mecanismo de detención de hemorragias pues ocluye los vasos abiertos y evita así que el organismo se desangre. La coagulación es un mecanismo que protege al organismo e interviene en la hemostasis impidiendo la pérdida de sangre. Las sustancias que intervienen en la coagulación son:

- ✓ Fibrinógeno: esta sustancia coagula por acción de la trombina, transformándose en fibrina. El fibrinógeno se origina en el hígado. En condiciones normales hay de 200 a 350 mg de fibrinógeno por cada 100 ml de plasma.
- ✓ Trombina: la trombina coagula las soluciones de fibrinógeno y durante la coagulación se forma a expensas de la protrombina. La trombina aumenta la velocidad de coagulación. La trombina actúa sobre el fibrinógeno desdoblando sus moléculas y permitiendo la formación de fibrina.
- ✓ Protrombina: la protrombina pura no coagula al fibrinógeno necesita la presencia del ion calcio y sustancias que hay en las plaquetas y en el plasma que la transforman en trombina. Se forma en el hígado y este necesita la presencia fundamental de la vitamina K. Existe tendencia a las hemorragias cuando la protrombina del plasma se reduce a un 20 % del valor normal.

Lo último a tener en cuenta de la coagulación es el tiempo que tarda en producirse este fenómeno que es entre 5 y 15 minutos. Esto se obtiene extrayendo sangre venosa de un sujeto, colocarla en un tubo de vidrio 1 ml aproximadamente y mantenerla en baño de agua a 37.5 °C.

## **4.2. FUNCIÓN DEL CLORO EN LA SANGRE**

El cloruro representa al principal anión del espacio extracelular. En el adulto normal, el cloruro orgánico total es de aproximadamente 30mEq/kg de peso corporal. Alrededor del 14% del cloruro total se encuentra en el plasma.

El cloruro se distribuye pasivamente a través de la membrana celular. La concentración de cloruro en el exterior de las células es mayor que en el interior.

La cantidad de cloruro en el organismo es un reflejo del equilibrio entre su ingestión y su excreción. La ingestión de cloruro depende de la cantidad y la calidad del alimento ingerido. En condiciones normales, el adulto promedio ingiere aproximadamente 50 a 200 mEq de cloruro por día. La excreción de cloruro tiene lugar a través de tres vías principales: tracto gastrointestinal, piel y orina.

### *4.2.1. El cloruro en sangre*

Es una molécula cargada negativamente conocida como electrolito, los cuales con otros electrolitos ayudan a conservar el equilibrio apropiado de líquidos corporales y mantener el equilibrio ácido-básico del cuerpo.

Una vez que la sangre abandona el cuerpo humano, los iones cloruros que en ella se encuentran, son los únicos capaces de difundir a través de un determinado soporte.

## **4.3. ESTUDIO DE MANCHAS DE SANGRE**

Esta es una rama de la ciencia forense, la cual se basa en la aplicación de métodos científicos a los procesos de la materia que se involucran en un crimen.

Las manchas de sangre son un indicio muy importante en el escenario de un crimen, ya que se encuentran en la mayoría de estos y el estudio de las mismas nos muestra con gran claridad, características fundamentales del hecho ocurrido.

Son múltiples los estudios que se pueden realizar sobre las manchas encontradas, por lo que se detallara a continuación una reseña de los mismos.

#### 4.3.1. Mecanismo de producción

De acuerdo a *Simonin*<sup>7</sup> se pueden distinguir los siguientes mecanismos:

1-*Proyección*: son las creadas cuando la sangre sale proyectada con cierta fuerza viva por motivo de un objeto en acción o una fuerza mayor que la fuerza de gravedad. El tamaño, la figura y el número que resultan de la mancha van a depender del tipo de fuerza que se utilice para hacer brotar la sangre.

2-*Escurrimiento*: la sangre babea y, por concentración de cierta cantidad, el ir cayendo por acción de la gravedad, forma regueros, charcos, etc.

3-*Contacto*: cualquier objeto ensangrentado al contactar con un sustrato deja impresión, como huellas de manos, pies, etc.

4-*Impregnación*: se trata de un mecanismo común a los anteriores, con los que se asocia; consiste en la imbibición del sustrato por el líquido. Si el tejido es absorbente, la sangre lo empapa y difunde por él dando lugar a manchas uniformes, circulares y de bordes netos.

5-*Un mecanismo mixto*, entre el contacto y la impregnación, es el origen de las manchas de limpiadura. Cuando se enjuga una hoja de arma blanca, o un palo, en un trapo absorbente, se producen unas manchas típicas, de forma rectangular, con soluciones de continuidad y trazos transversales más densos, y la intensidad del color decrece progresivamente.

---

<sup>7</sup> GISBERT CALABUIG, "Medicina legal y Toxicología" 6ª edición. Pág. 1258

#### 4.3.2. Investigaciones Analíticas

Los principales temas que el laboratorio de criminalística debe resolver con respecto a las manchas de sangre son:

- ✓ Diagnóstico genérico: demostración sanguínea de la mancha.
- ✓ Diagnóstico específico: determinación de la especie animal a la que corresponde la mancha de sangre.
- ✓ Diagnóstico individual: demostrado que la sangre es humana, determinar a qué individuo pertenece.
- ✓ Diagnóstico del sexo del individuo de quien procede la sangre y de la región anatómica en que se produjo la hemorragia.
- ✓ Data de una mancha de sangre.

##### 4.3.2.1. *Diagnóstico genérico*

El aspecto que posee una mancha es muy demostrativo de que está formada por sangre, otras veces su apariencia es menos clara. Las técnicas analíticas acá utilizadas tienen la mayor importancia para detectar pequeñas manchas invisibles o inaparentes o para excluir como sangre una mancha que lo parece por su forma y aspecto.

Habitualmente se utilizan dos tipos de pruebas: pruebas de orientación, que por su falta de especificidad oponen una gran sensibilidad, y las pruebas de certeza, son totalmente específicas. En caso de existir poco material del indicio se deben priorizar las pruebas de certeza.

Estas últimas se basan en poner de manifiesto algún elemento característico de la sangre; las cuales se pueden dividir en: técnicas microscópicas, microquímicas o cristalográficas, espectroscópicas y cromatográficas.

Las pruebas de orientación son muy sensibles, por lo que permiten demostrar trazas de sangre a diluciones del 1:200.000. Estas carecen de especificidad.

#### *4.3.2.2. Diagnóstico específico*

Aquí lo que el perito debe resolver es establecer si la sangre es humana o no. La sangre es una suspensión de células en un medio líquido. En estos componentes se pueden encontrar caracteres que permiten la identificación de la especie. Los elementos que se deben analizar y observar en este diagnóstico son: la hemoglobina, el suero (antígenos y anticuerpos) y los elementos formes (hematíes).

#### *4.3.2.3. Diagnóstico Individual*

Una vez comprobada que la sangre procedente de la mancha es humana, se debe intentar establecer el diagnóstico individual, el cual no individualiza sino que agrupa dentro de una clase. Para esto existen los siguientes métodos:

- Métodos basados en la investigación de aglutinógenos.
- Métodos basados en la investigación de los grupos plasmáticos.
- Grupos enzimáticos eritrocitarios.
- Grupos leucocitarios.
- Polimorfismos ADN.

#### *4.3.2.4. Diagnóstico de la región de donde procede la sangre*

Este diagnóstico se basa en el estudio citológico de los elementos formes que contenga la mancha. El ARN podría ser útil, aunque se cuenta con el inconveniente de la poca estabilidad posmortal de este ácido ribonucleico.

#### 4.3.2.5. *Diagnóstico del sexo del individuo de quien procede la sangre*

Hasta hace poco, el único procedimiento para determinar el sexo en una mancha era el estudio de la cromatina nuclear de Barr, que, sin embargo, daba resultados vulgares y poco fiables. Otro estudio fue el de ZECH el cual se basaba en la marcada fluorescencia tras tinción con quinacrina que se observaba en la porción distal del cromosoma Y.

#### 4.3.2.6. *Data de una mancha de sangre*

La antigüedad de una mancha de sangre solo puede establecerse con grandes márgenes de error. Si bien con el tiempo las manchas de sangre cambian de color, y esto se usa para realizar una conclusión estimativa, también hay técnicas y métodos químicos que se realizan para poder determinar data de una mancha de manera orientativa.

### **4.4. FÍSICA**

#### 4.4.1. Definición

La física es una ciencia fundamental relacionada con la comprensión de los fenómenos naturales que ocurren en nuestro Universo. Como toda ciencia parte de observaciones experimentales y hace mediciones de tipo cuantitativas.

El principal objetivo de la física, es desarrollar teorías que puedan predecir los resultados de futuros experimentos, a través de las leyes que gobiernan los fenómenos naturales.

Cuando surge una discrepancia entre la teoría y el experimento, lo que se hace es formular nuevas teorías y realizar nuevos experimentos, para de esta forma poder eliminar las discrepancias suscitadas.

Con el paso de los años se descubrió que habían muchos fenómenos físicos que la física clásica no podía explicar, por tal motivo a finales del siglo XIX, se desarrolló la llamada *física moderna*, la cual trajo aparejados muchos desarrollos importantes.

La física lo que intenta es descubrir la verdad última de la naturaleza, y esto la lleva por varios caminos, los cuales podrían agruparse en cinco teorías principales:

- ✓ Mecánica clásica, que es aquella que describe el movimiento de sistemas de partículas físicas de sistemas macroscópicos, y a velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz. Dentro de la mecánica clásica se distinguen: la mecánica vectorial y la mecánica analítica.
- ✓ Electromagnetismo es aquel que estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría. El electromagnetismo describe los fenómenos físicos macroscópicos en los cuales intervienen cargas eléctricas en reposo y en movimiento, usando para ello los campos eléctricos y magnéticos y sus efectos sobre las sustancias sólidas, líquidas y gaseosas.
- ✓ Relatividad, la misma describe el espacio-tiempo y la interacción gravitatoria. Dentro de este concepto se sitúan también: la teoría especial de la relatividad y la teoría general de la relatividad. Todas estas formuladas por Einstein
- ✓ Termodinámica, esta estudia los efectos de los cambios de la temperatura, presión y volumen, de los sistemas a un nivel macroscópico.
- ✓ Mecánica cuántica, explica el comportamiento de la materia y de la energía.

Lo que le interesa a esta investigación en particular, son las siguientes teorías: en primer lugar la mecánica clásica, dentro de la cual se encuentra la mecánica de los fluidos y la termodinámica ya que describe los fenómenos moleculares y el intercambio de calor. A continuación se explica la importancia de la mecánica de los fluidos y su relación con la termodinámica.

#### **4.5. FLUIDOS**

Para poder explicar el comportamiento de la sangre una vez que abandona el cuerpo humano, es necesario hacer referencia a la mecánica de fluidos y a las propiedades principales de los mismos.

##### *4.5.1. Características de los fluidos*

Teniendo en cuenta el aspecto físico que tiene la materia en la naturaleza, se puede clasificar en 3 estados: sólido, líquido y gaseoso, de los cuales los dos últimos se consideran como fluidos.

*Sotelo Ávila en su libro “Hidráulica General” dice “...a diferencia de los sólidos, por su constitución molecular los fluidos pueden cambiar continuamente las posiciones relativas de sus moléculas sin ofrecer gran resistencia al desplazamiento entre ellas, aun cuando este sea muy grande”<sup>8</sup>.*

Esto implica que si el fluido está en reposo no pueden existir fuerzas tangenciales a la superficie en su interior, cualquiera fuese su orientación, ya que estas fuerzas solo aparecen cuando el fluido se encuentra en movimiento; esto a diferencia de los sólidos en reposo que si permiten fuerzas tangenciales a las superficies, las cuales producen movimientos relativos de las partículas.

Una característica muy importante es que los fluidos no tienen una forma propia, ellos adquieren la forma del recipiente que los contiene.

---

<sup>8</sup> SOTELO ÁVILA, GILBERTO, “Hidráulica General” Volumen 1.Pag. 15

Por último se deben diferenciar dos tipos de fluidos, los llamados Newtonianos y no Newtonianos. Para poder comprender esta diferencia, hay que tener en cuenta que un “fluido es una sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de un esfuerzo constante”, en ausencia de esto no existe deformación, entonces podemos decir que los fluidos se pueden clasificar en forma general, según la relación que existe entre el esfuerzo cortante aplicado y la rapidez de deformación resultante.

- ✓ Newtoniano: es aquel fluido donde el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la rapidez de deformación.
- ✓ No Newtoniano: es aquel fluido donde el esfuerzo cortante no es directamente proporcional a la rapidez de deformación.
- ✓

La sangre es un fluido No Newtoniano, debido a las características particulares que presenta al aplicarle un esfuerzo, y también teniendo en cuenta que los fluidos No Newtonianos, son aquellos cuya viscosidad varía con la temperatura y la presión.

#### 4.5.2. El fluido como un medio continuo

*“Una buena parte del estudio del comportamiento de fluidos y sólidos sometidos a un sistema de fuerzas, es común a ambos, ya que si en el análisis de su comportamiento se omite la naturaleza aleatoria de sus moléculas, los sólidos y los fluidos se pueden considerar medios que poseen continuidad en todas sus propiedades y ser estudiados bajo esta suposición”<sup>9</sup>.*

En el análisis particular de un fluido se debe considerar la acción individual de cada molécula; sin embargo lo más importante a tener en cuenta en este estudio son las condiciones de *densidad o peso específico, fuerza de la gravedad, viscosidad y tensión superficial*, de ahí que en lugar de estudiar por separado la conglomeración real de moléculas, se supone que el flujo es un

---

<sup>9</sup> SOTELO ÁVILA, GILBERTO, “Hidráulica General” Volumen 1.Pag. 16

medio continuo, es decir una distribución continua de materia sin espacios vacíos.

#### 4.5.3. Mecánica de los fluidos

*“Es la ciencia en la cual los principios fundamentales de la mecánica general se aplican en el estudio del comportamiento de los fluidos tanto en reposo como en movimiento”<sup>10</sup>*. Estos principios son los de la conservación de la materia y la energía, y las leyes del movimiento de Newton, como así también las leyes de la termodinámica.

##### 4.5.3.1. *Leyes de Newton*

Son tres principios que explican, aquellos problemas planteados sobre el movimiento de los cuerpos:

- ✓ Primera Ley de Newton o Principio de Inercia: todo cuerpo permanece en su estado de reposo, o de movimiento uniforme en una línea recta, a menos que se vea forzado al cambio debido a fuerzas que se le apliquen. Por lo tanto si un cuerpo está sometido a un movimiento rectilíneo uniforme, implica que no existe ninguna fuerza externa neta, pero para detener el mismo es necesario una fuerza externa. En el caso de un cuerpo en reposo, se entiende que su velocidad es “0”, por lo que si esta cambia se asume que se aplico una fuerza neta externa.
- ✓ Segunda Ley de Newton o Ley de Fuerza: si una fuerza neta actúa sobre un cuerpo originará una aceleración en el mismo. Esta aceleración esta en dirección a la fuerza neta, y su magnitud es proporcional a la magnitud de la fuerza neta e inversamente proporcional a la masa del cuerpo. De acuerdo a esto podemos decir que si a un cuerpo en movimiento se le aplica una fuerza,

---

<sup>10</sup> SOTELO ÁVILA, GILBERTO, “Hidráulica General” Volumen 1.Pag. 17

entonces la fuerza modificara el estado de movimiento del cuerpo cambiando la velocidad en modulo o dirección.

- ✓ Tercera Ley de Newton o Ley de acción y reacción: a cada acción siempre se opone una reacción igual, o, las acciones mutuas de dos cuerpos entre sí siempre son iguales, y se dirigen en sentidos opuestos. Dicho de otra manera, esta ley afirma que cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, el segundo ejerce una fuerza en igual dirección pero opuesta sobre el primero.

#### 4.5.3.2. *Leyes de la Termodinámica*

La termodinámica es una rama de la física que estudia los efectos de los cambios de la temperatura, presión y volumen, de los sistemas a un nivel macroscópico.

- ✓ Primera Ley de la Termodinámica: también conocida como principio de conservación de la materia, establece que si se realiza trabajo sobre un sistema o bien éste intercambia calor con otro, la energía interna del sistema cambiará. Esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema, para compensar las diferencias entre trabajo y energía interna.
- ✓ Segunda ley de la Termodinámica: a diferencia de las otras leyes, la segunda Ley de la Termodinámica halla una expresión matemática, como una desigualdad; es por esta razón que existen varios enunciados de esta ley aparentemente diferentes, pero que en realidad son equivalentes. Los tres enunciados más citados son:
  1. El calor no fluye, por si mismo, de un cuerpo frio a uno más caliente.

2. Es imposible tomar calor de un recipiente y convertirlo completamente en trabajo sin que se efectúen otros cambios en el sistema o en sus alrededores.
3. En cualquier proceso que se lleve a cabo en un sistema aislado, la entropía (magnitud que mide la parte de la energía que no puede utilizarse para producir un trabajo) del sistema puede ser constante (proceso reversible), o bien aumentará. La entropía de un sistema aislado y del universo entero tiende hacia un máximo.

A continuación se detallan algunos ejemplos: cuando dos objetos que se encuentran a diferentes temperaturas, se ponen en contacto térmico, el calor fluirá del objeto más cálido hacia el más frío y nunca será al revés. Otro ejemplo sería cuando se deja caer una pelota de goma al piso, rebota hasta detenerse pero nunca ocurrirá el proceso inverso. Como conclusión a todo esto podemos decir que la segunda ley de la termodinámica, establece que no es posible construir una máquina capaz de convertir por completo, de manera continua, la energía térmica en otras formas de energía.

- ✓ Tercera Ley de la Termodinámica: afirma que es imposible alcanzar una temperatura igual a cero absoluto, mediante un número finito de procesos. Dicho de otra manera, un sistema que se aproxime al cero absoluto, su entropía tiende a un valor constante específico.
- ✓ Principio cero de la Termodinámica: afirma que dos sistemas en equilibrio térmico con un tercer sistema, están en equilibrio térmico entre sí. Por ejemplo, dos sistemas podrían ser agua y hielo y el tercero un termómetro que mida la temperatura del agua. La ley cero dice que si el agua y el hielo están en equilibrio térmico y el

termómetro esta en equilibrio con el agua, el termómetro también registrara la temperatura del hielo.

#### 4.5.4. Propiedades principales de los fluidos

Las propiedades de los fluidos son varias, pero las que nos interesan en el tema de investigación son los que a continuación se definen con relación a la sangre.

La sangre una vez que ha dejado el organismo en donde se comportaba como un líquido, empieza tomar una consistencia sólida. Es en este momento en donde se aplican las diferentes propiedades de los fluidos.

##### *4.5.4.1. Densidad y Peso específico*

La densidad es la masa del fluido contenida en la unidad de volumen y se expresa generalmente en gramos por mililitros. Estrechamente asociado con la densidad esta el peso específico, que representa el peso del fluido por unidad de volumen, el cual se expresa en newton por metro cúbico.

Esta propiedad es muy importante para esta investigación ya que se encuentra relacionada con la coagulación de la sangre. Teniendo en cuenta esto, podemos decir que a mayor densidad más rápida es la coagulación de la sangre. Debe tenerse en cuenta que la densidad de los líquidos depende de la temperatura y es independiente de la presión.

##### *4.5.4.2. Viscosidad*

Es una medida del fluido de su resistencia a fluir, como resultado de la interacción y cohesión de sus moléculas. Se dice que a mayor viscosidad, menor fluidez y viceversa.

Hay que tener en cuenta que la viscosidad depende principalmente de la temperatura y la presión, esta última para los líquidos es prácticamente despreciable. En tanto que la viscosidad de estos disminuye con la temperatura.

#### *4.5.4.3. Tensión superficial y capilaridad*

Es la fuerza que le da la capacidad a los líquidos, en este caso la sangre, de mantener su forma. La tensión en los fluidos sucede porque cada molécula de este se desplaza bajo la influencia de las moléculas colindantes. Una molécula que se encuentra en el centro del líquido experimenta el efecto de que las colindantes la atraen en igual magnitud y en todas las direcciones. No obstante esto, las moléculas que se encuentran en la superficie no están completamente rodeadas por otras y solo experimenta la atracción de las moléculas que se encuentran por debajo de ella y a los lados.

#### *4.5.4.4. Fuerza de gravedad*

Es un fenómeno por el cual todos los objetos con una masa determinada se atraen entre ellos, esta atracción depende de la cantidad de masa en cuestión, por lo tanto a mayor masa mayor será la atracción. De acuerdo a lo mencionado anteriormente una vez que la sangre abandona el cuerpo humano, empieza a actuar sobre ella la fuerza de gravedad, por lo que empezara a existir una atracción que dependerá de la cantidad de sangre.

### **4.6. QUÍMICA LEGAL O FORENSE**

Es la ciencia que se basa en la aplicación de los métodos científicos a los procesos de la materia que se involucran con un crimen. Estudia la composición interna y propiedades de los cuerpos y sus transformaciones. Esta ciencia es sumamente analítica ya que cuantifica, clasifica y determina los diferentes indicios que podemos hallar en el escenario de un crimen.

Uno de los principios fundamentales en los cuales se rige la Ciencia Forense y específicamente la Química Forense se basa en la premisa de que cuando dos objetos entran en contacto, habrá un intercambio entre los dos. Es decir, “cada contacto deja un rastro”, frase que popularizó Edmund Locard, padre de la Criminalística moderna, provocando así un giro en la metodología investigativa.

#### **4.7. TÉCNICA: Difusión del ión cloruro**<sup>11</sup>

##### *4.7.1. Generalidades*

La difusión es un fenómeno físico, depende esencialmente de transformaciones químicas y secundariamente de fenómenos agregados.

La velocidad de difusión está influenciada por muchos factores externos, como por ejemplo la luz, la humedad, el calor, el frío.

Esta técnica se basa en la destrucción del color de la sangre, mediante un tratamiento oxidativo y luego revelar por medio de recursos químicos usuales la posición de los iones referidos. A tal efecto el ión cloruro se transforma en cloruro de plata, insoluble, blanco, no visible, que luego se reduce a plata neutra, mostrando un color negro, fácilmente perceptible.

El Dr. Carlos Palacios en Tratado de Criminalística cita la técnica anterior con la adaptación de E. Weining expresando que resulta adecuada “... para intentar establecer la antigüedad de las manchas de sangre y esperma asentadas sobre soportes porosos (papeles, telas) que permiten la difusión iónica.”<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> POLICIA FEDERAL ARGENTINA, “Tratado de Criminalística” Tomo 1 “Documentos”. Pág. 246

<sup>12</sup> POLICIA FEDERAL ARGENTINA, “Tratado de Criminalística” Tomo 1 “Documentos”. Pág. 246

#### 4.7.2. Procedimiento

##### **Reactivo A:**

En Erlenmeyer de 50ml de solución acuosa reciente de nitrito de sodio al 10% y 10ml de nitrato de plata al 1%; mezclar bien, con lo que aparece un precipitado blanco de nitrito de plata.



Incorporar gota a gota y agitando solución de ácido nítrico al 10% hasta la disolución del precipitado. De esta manera dispondremos de un reactivo oxidante y precipitante (contiene en disolución, iones nitrito, nitrato, plata e hidronios).

Preparado el reactivo como se indica, se introduce el sector correspondiente a la mancha y se deja en contacto durante quince minutos, en cuyo lapso destruye parte del color de la mancha y se forma la respectiva sal de plata.



Transcurrido el lapso indicado se retira la mancha y se lava varias veces con solución acuosa de ácido nítrico al 1% en volumen. Debe eliminarse todo resto de nitrito.

El cloruro de plata, blanco, no visible, debe reducirse a plata neutra, mediante un reactivo reductor. A tal efecto se mezcla 1ml de formol (formaldehído) al 35%, con 10ml de hidróxido de sodio al 2% (**Reactivo B**); en esta mezcla se coloca la mancha ya tratada, efectuándose esta operación en cuarto oscuro. De inmediato se opera la reducción, de acuerdo con el mecanismo que sigue (ecuación molecular):



(formol)

(plata neutra)

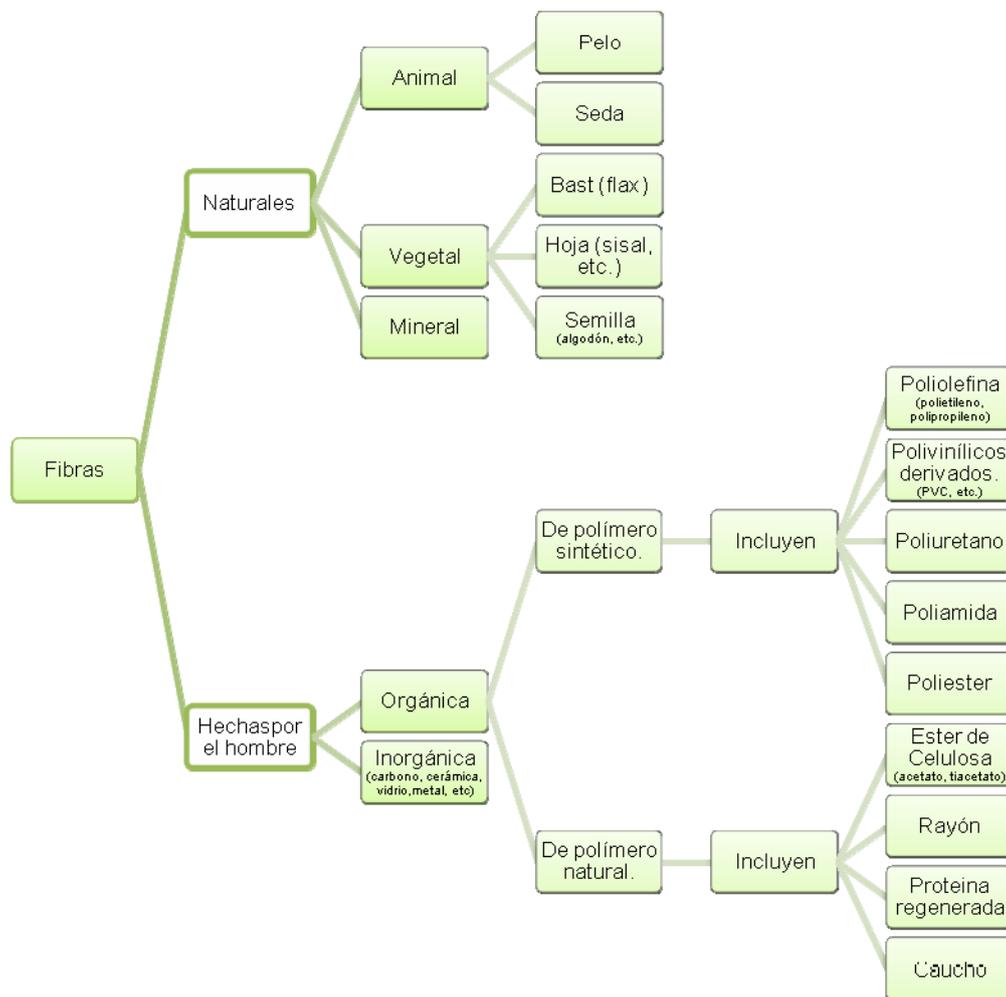


Se retira la mancha se lava bien con agua destilada, se seca con papel de filtro.

#### **4.8. SOPORTE**

Existe una gran cantidad de soportes, donde se pueden encontrar manchas de sangre en un escenario criminal (madera, vidrio, tela, metales, papel etc). En esta investigación se decidió trabajar con tela de lienzo, ya que la misma es muy frecuente de encontrar en hechos delictuosos, ya sea en la ropa de la víctima o victimario o bien en diferentes superficies (alfombras, cortinas, ropa de cama y demás). En la Metodología de la Investigación se amplía la explicación de la selección del soporte. La

Ilustración 1 muestra las diferentes fibras que componen las telas.



**Ilustración 1:** Clasificación de las fibras de interés para la Ciencia Forense<sup>13</sup>

#### 4.8.1. ¿Cómo se fabrica una tela?

Estas se fabrican trenzadas, tipo fieltro o tejidas, las materias primas más utilizadas en la actualidad son: seda, algodón lana y lino, y de tipo sintética, la que más se emplea, es el polyester.

Luego de la selección del material, se pasa a la parte del Hilado, en el cual se tuercen las fibras entre sí en forma manual o con un huso (trozo de madera largo y redondeado, que se aguza en sus extremos y que en uno de ellos, normalmente el inferior, lleva una pieza redonda de contrapeso y tope), lo que produce esta torsión son cadenas de hebras cortas que unidas forman una

<sup>13</sup> ANDREW R.W JACKSON AND JULIE M. JACKSON. Jackson & Jackson: Forensic Science

hebra, de acuerdo a la fuerza que se aplica serán las propiedades y características de la tela.

Finalizado este proceso se pasa al Urdido y Tejido los cuales consisten en enlazar los hilos de la urdimbre (Conjunto de hilos que se colocan en el telar paralelamente unos a otros para formar una tela)<sup>14</sup> y de tramar con otros, esto se realiza para transformar las fibras o hilos en telas.

Existen dos tipos de tejido: el Tejido de Punto y el Tejido Plano, el cual es el que se utiliza para fabricar telas de algodón, como el Lienzo. Este proceso se lleva a cabo con la urdimbre bajo tensión, los hilos son guiados en el bastidor por los agujeros de los lizos (Palo pequeño que reemplaza a la lanzadera de los telares)<sup>15</sup> y se separan en dos juegos de hilos. Uno pasa por los lizos pares y el otro por los impares. De este modo los hilos se entrelazan en ángulo recto para formar la tela.

Previo al tejido de las fibras, estas se recubren con aprestos o almidones que actúan adecuadamente sobre fibras naturales hidrofílicas, que son aquellas que absorben agua con gran facilidad, como el algodón.

Luego está el proceso de Blanqueo, en el cual mediante recursos químicos, se le quitan las impurezas y suciedades a la tela y se les regula el PH (potencial hidrogeno). Para blanquear telas de lino y algodón se utilizan soluciones diluidas de ácido clorhídrico, peróxido de hidrogeno y álcalis.

Seguido a este proceso se encuentra el Teñido, que es el que le dará la coloración deseada por el fabricante a la tela.

---

<sup>14</sup>DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA, Real Academia Española. Vigésima segunda edición.

<sup>15</sup> DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA, Real Academia Española. Vigésima segunda edición.

Finalmente esta el Acabado, que es el que abarca todas las operaciones químicas y le da las características finales a la tela como por ejemplo afelpado, estampado planchado etc.

#### 4.8.2. Composición del Lienzo

Para la presente investigación se utilizo tela de Lienzo la cual se describe a continuación:

El lienzo es una tela que está compuesta por 100% algodón o 100% lino. En este caso se utilizo Lienzo de 100% algodón.

Las plantas de algodón, son una especie de arbustos de la familia del Malvaceae, que es un tipo de planta herbácea o leñosa, que se da en regiones tropicales y subtropicales.

De esta planta se obtienen fibras textiles de algodón las cuales están compuestas cada una por 20 o 30 capas de celulosa (C<sub>6</sub> H<sub>10</sub> O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>, enrolladas en una serie de resortes naturales. El color de las mismas puede ser: blanco, amarillo pálido o ligeramente rojizo. Son fibras fuertes en mayor y menor grado y su longitud y grosor variable. La longitud puede variar de largo a corto, en el caso de fibras cortas tenemos al lienzo.

Las telas de algodón se caracterizan por su durabilidad, resistencia y absorción.



## CAPÍTULO V

## 5. OBJETIVOS DE TRABAJO

El objetivo que se propone en esta investigación, consiste en:

“Determinar cómo influye la temperatura en la difusión del ión cloruro para la datación de la mancha de sangre sobre tela de lienzo”.

Con esta determinación lo que se pretende es poder establecer patrones de comparación que le faciliten al perito el proceso investigativo de la data de manchas de sangre.

Para poder establecer lo anteriormente mencionado es necesario plantear 3 objetivos específicos:

- Aplicar la técnica “difusión del ion cloruro” para la determinación de la data de las muestras.
- Analizar los resultados obtenidos en la difusión del ion cloruro sobre las muestras sometidas a las temperaturas seleccionadas.
- Determinar si la temperatura es un factor que influye en la difusión del ion cloruro para la datación de una mancha de sangre.

Habiendo detallado los objetivos se plantean como preguntas de investigación:

- ✓ ¿Qué características distintivas se observan en las manchas de sangre, previa aplicación de la técnica?
- ✓ ¿Se pueden apreciar diferencias en las temperaturas seleccionadas con el paso del tiempo?
- ✓ ¿Las manchas de sangre se ven influenciadas por factores físicos como la temperatura y el soporte donde fueron depositadas?

## 6. HIPÓTESIS

La hipótesis de trabajo del presente estudio es la siguiente:

“Si colocamos manchas de sangre sobre tela de lienzo, a diferentes temperaturas, a lo largo del tiempo, el área de difusión del ión cloruro será mayor en la temperatura más alta.”

### 6.1. Variables en estudio:

Las variables utilizadas en el presente estudio son de tipo cuantitativas.

6.1.1. Variable independiente: es la que se considera como supuesta “causa” en una relación entre variables; es la condición antecedente y la que se manipula. En este caso son Temperatura y tiempo.

6.1.2. Variable dependiente: es el efecto provocado por dicha causa y que se puede modificar mediante la manipulación de la variable independiente. En este caso es el área de difusión.



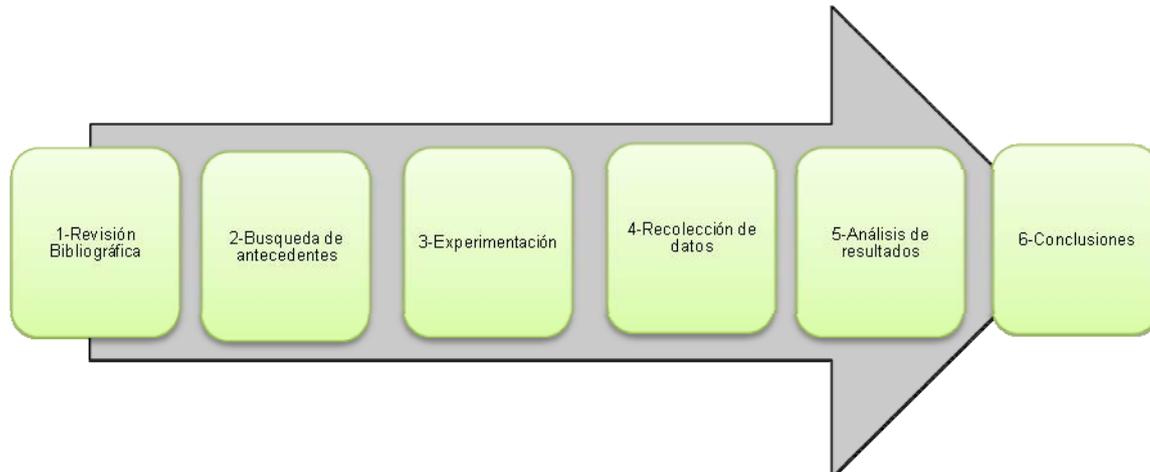
## CAPÍTULO VI

## 7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 7.1. Tipo de estudio y diseño metodológico.

Esta investigación es de naturaleza, exploratoria, ya que lo que se desea conocer es un tema poco estudiado o desconocido. Se utilizará una metodología de tipo experimental, la cual Sampieri describe de la siguiente manera: *“se manipulan deliberadamente una o más variables independientes (supuestas causas) para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos) dentro de una situación de control”*<sup>16</sup>, como así también manifiesta que: *“Un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué las afectan”*<sup>17</sup>

En la Ilustración 2 se puede observar el proceso metodológico general que se siguió para llevar a cabo el presente estudio.



**Ilustración 2.** Diagrama de flujo de la metodología de investigación

1. Se hizo una revisión de bibliografías, para poder establecer los fundamentos, leyes y técnicas en la cual se basó esta investigación.

<sup>16</sup> Hernández Sampieri R. “Metodología de la investigación” Edición 1990, Pág. 109.

<sup>17</sup> Hernández Sampieri R. “Metodología de la investigación” Edición 1990, Pág. 109

2. Se buscaron antecedentes sobre el tema en fuentes nacionales y extranjeras, para conocer investigaciones hechas con anterioridad, y de esta manera, poder saber si llegaron a resultados positivos o negativos, y cuáles fueron los procedimientos o técnicas que se utilizaron.
3. Se puso en marcha la experimentación, donde se colocaron las muestras a temperaturas controladas, para la posterior aplicación de la técnica de difusión del ion cloruro.
4. Finalizada la experimentación, se hizo la recolección de datos, los cuales fueron volcados en tablas diseñadas específicamente para esta investigación.
5. Se analizaron los datos obtenidos del procesamiento de las muestras.-
6. En esta etapa se elaboraron las conclusiones, obtenidas de toda la fase experimental.

## **7.2. Instrumentos y materiales utilizados.**

A continuación, se explican los pasos previos (selección de materiales, selección de instrumentales y definición de parámetros de la experimentación) que se siguieron antes de ejecutar la experimentación:

En primer lugar se hizo un revisión de diferentes casos ocurridos en la Provincia de Mendoza, en los cuales se encontraron manchas de sangre sobre prendas de vestir y ropa de cama, para de esta forma, determinar el soporte adecuado a utilizar, y se eligió como tal, la tela de lienzo, por ser un una tela que se utiliza con frecuencia para la fabricación de las tejidos nombrados anteriormente.

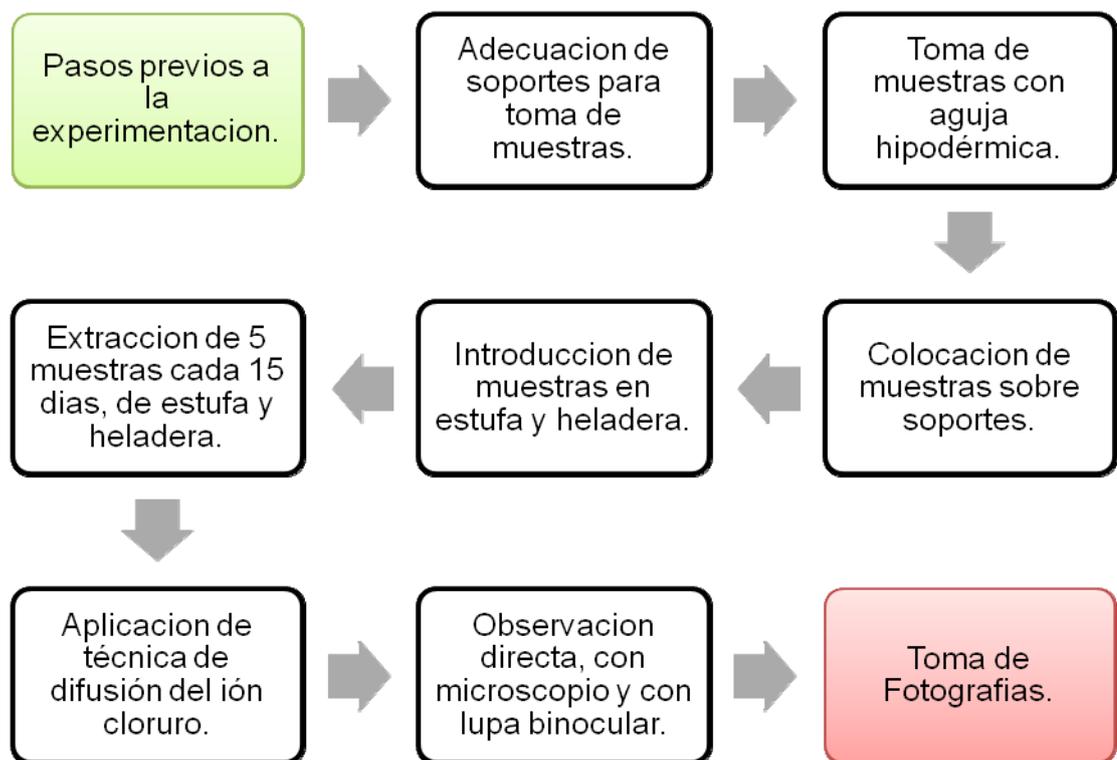
Para la obtención de las muestras de sangre se utilizaron lancetas (agujas hipodérmicas) porque permiten sacar una gota de sangre de los pulpejos de las manos y del lóbulo de las orejas, sin producir dolor alguno sobre el cuerpo.

Se definió exponer las muestras a dos temperaturas constantes (12°C y 25°C), durante 15, 30, 45 y 60 días, ya que con esto se pueden recolectar datos que sirven para comparar el comportamiento de la mancha de sangre a lo largo del tiempo, tanto en la temperatura de 12°C como en la de 25°C, y establecer si existe alguna tendencia en dicho comportamiento.

Luego de evaluar qué instrumentos eléctricos serían adecuados para mantener las temperaturas constantes, se decidió emplear una heladera de laboratorio para la temperatura de 12°C y una estufa de laboratorio para la temperatura de 25°C. Dichos instrumentos, hacen parte de los activos con los que cuenta el Laboratorio de Criminalística de la Universidad del Aconcagua.

### **7.3. Procedimiento.**

El proceso de experimentación que se siguió se encuentra diagramado en la Ilustración 3 y es explicado en detalle en los párrafos siguientes.



**Ilustración 3.** Proceso de experimentación.

Inicialmente, se tomo la tela de lienzo, de la cual se cortaron 40 recuadros de 7 cm x 7 cm, y a cada uno se le colocó una guía de referencia que pueden apreciarse en las fotografías presentes en este documento.

Luego, con las agujas hipodérmicas se pincharon los pulpejos de los dedos de la mano, tantas veces como fue necesario, de una persona del sexo femenino. Por cada pinchazo se utilizó una gota de sangre, la cual fue depositada sobre un soporte en tela de lienzo.

Con la finalización de las actividades de adecuación y/o recolección de muestras, se procedió a colocar 20 unidades en la heladera (a 12°C) y 20 unidades en la estufa (a 25°C).

Cada 15 días se extrajeron 5 muestras de la heladera y 5 muestras de la estufa para proceder a aplicarles la *técnica de difusión del ión cloruro*. En cada una de las experiencias se tomaron fotografías digitales (cámara marca Nikon de 10 megapíxeles) de las muestras antes de ser tratadas con la técnica (pre-aplicación), y luego de ser sometidas a esta (post-aplicación). Cabe aclarar que no se fue posible utilizar las fotografías tomadas con la Lupa Binocular, marca Leica Zoom 2000, existente en el laboratorio, ya que no hubo compatibilidad entre esta última y el computador empleado.

Las fotografías fueron procesadas y utilizadas posteriormente para la recolección de datos. A continuación, se muestran fotografías de un conjunto de muestras (Foto 1 y Foto 2) y fotos individuales de una muestra (

Foto 3 y Foto 4). Las fotos individuales de cada muestra son las que se procesaron.

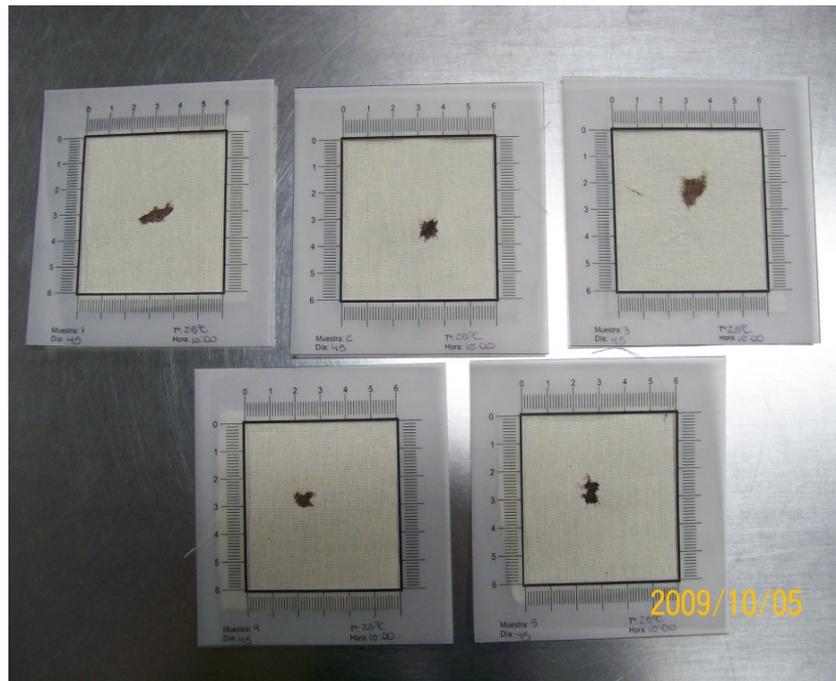


Foto 1. Muestras día 45, temperatura 25°C. Pre-aplicación técnica de difusión del ion cloruro.

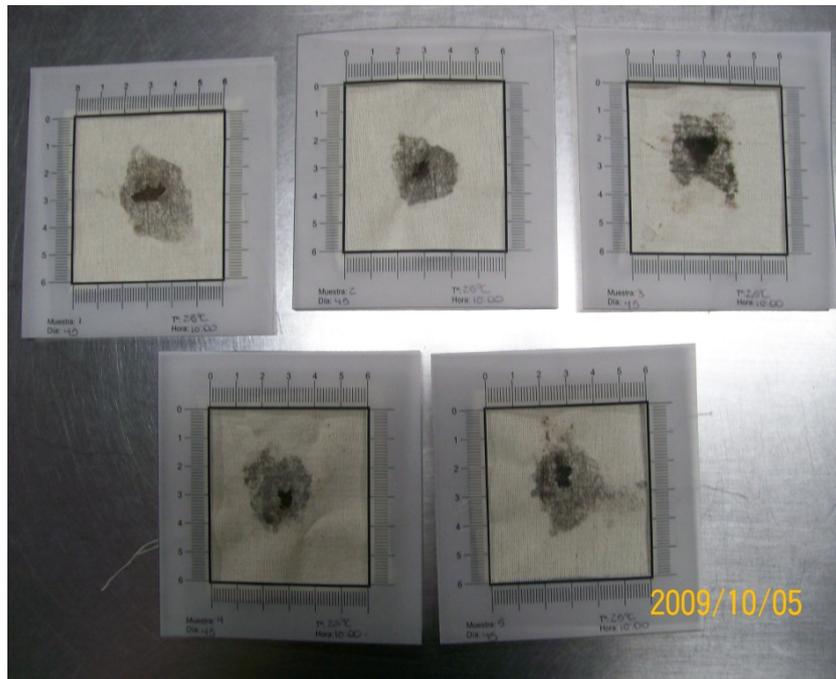


Foto 2. Muestras día 45, temperatura 25°C. Post-aplicación técnica de difusión del ion cloruro.

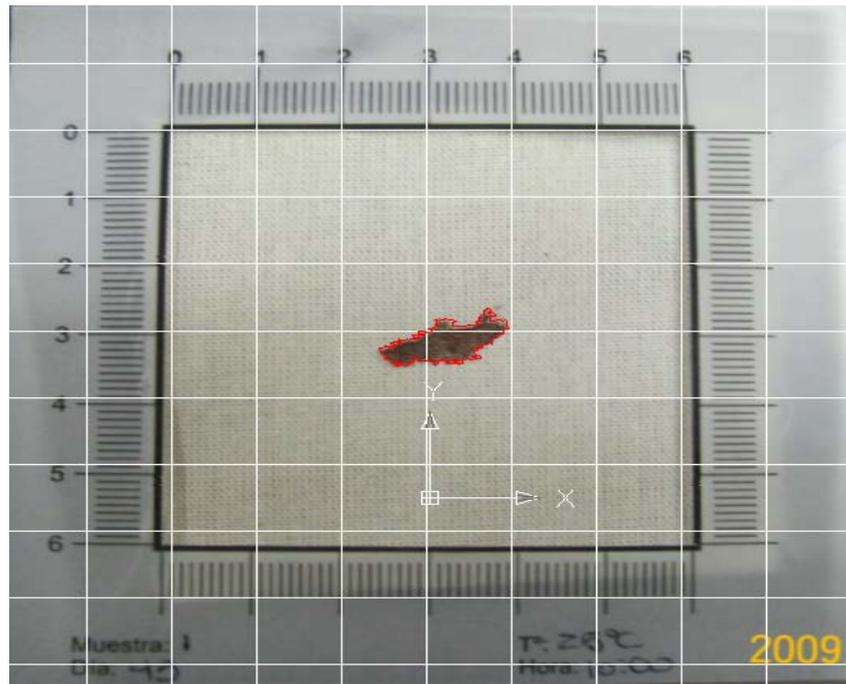


Foto 3. Muestra 1, día 45, temperatura 25°C. Pre-aplicación técnica de difusión del ion cloruro.

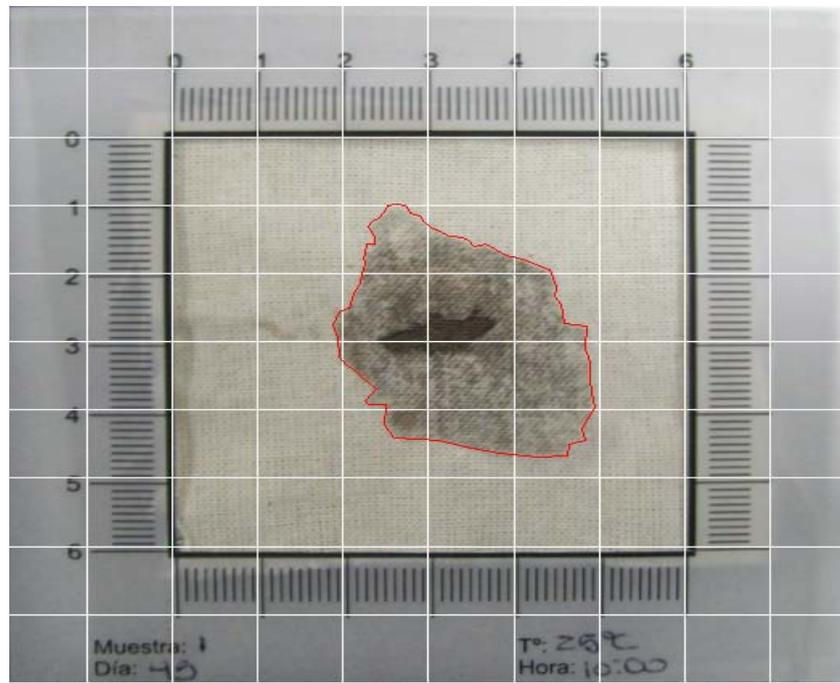
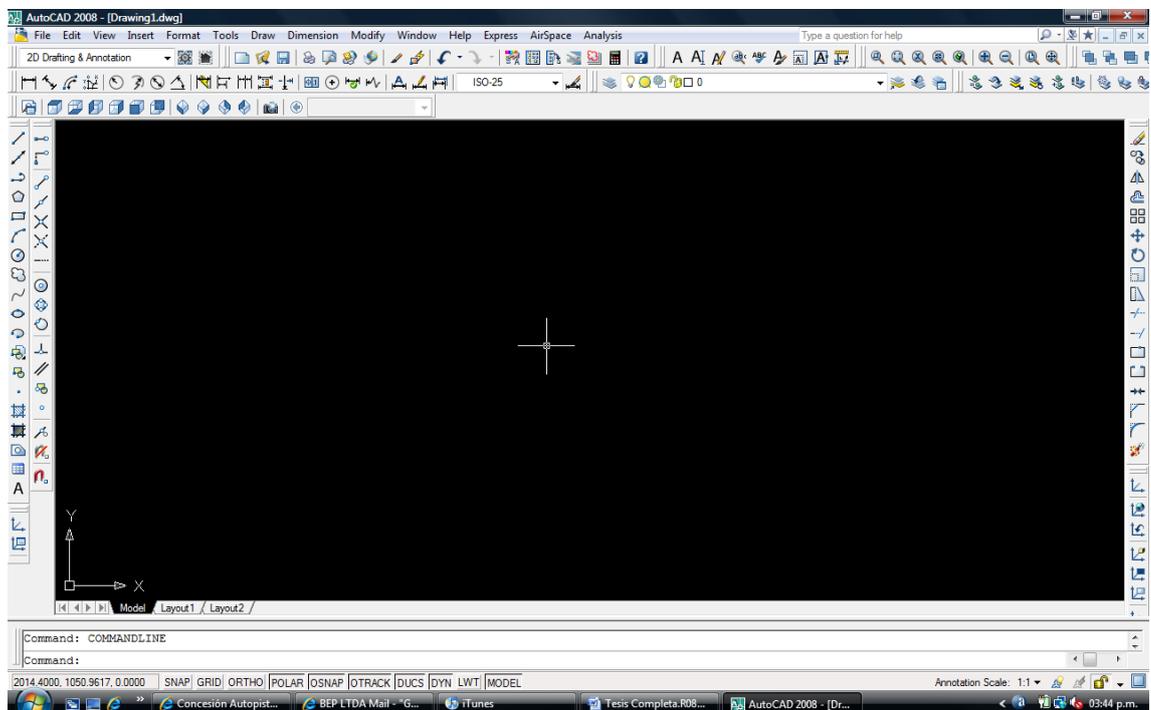


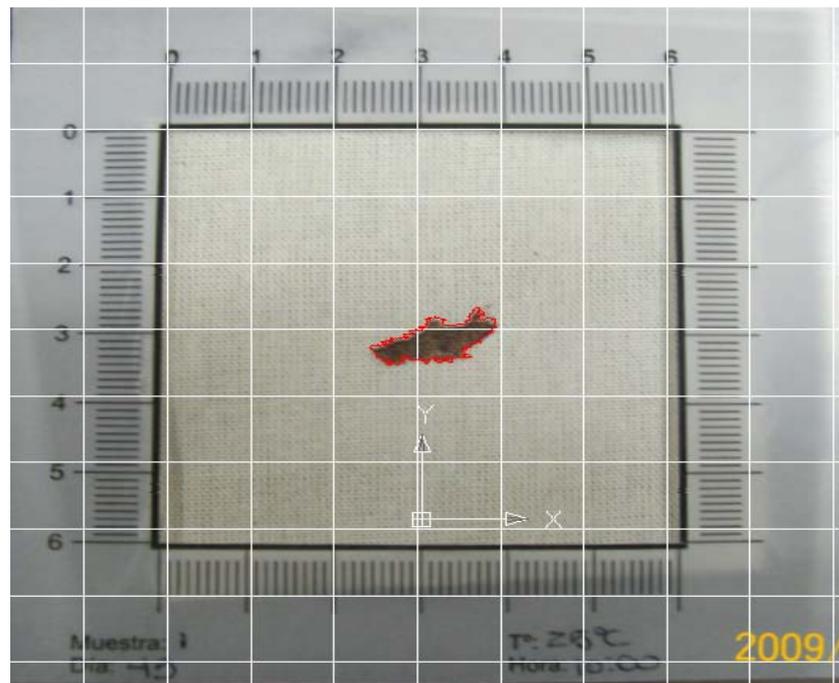
Foto 4. Muestra 1, día 45, temperatura 25°C. Post-aplicación técnica de difusión del ion cloruro.

El procesamiento de las fotografías consistió en utilizar un software empleado en ingeniería y/o arquitectura llamado Autocad 2008 con el fin de poder ser lo más preciso posible y mantener la escala de las mismas, ya que no se utilizó un proceso de toma de fotografías que mantuviera constante el foco desde donde estas eran tomadas. Adicionalmente, este software permitió medir las áreas de las muestras de sangre en la fase previa a la aplicación de la técnica, y posterior a la aplicación de la misma. En la Ilustración 4 se observa la interfaz del software empleado.

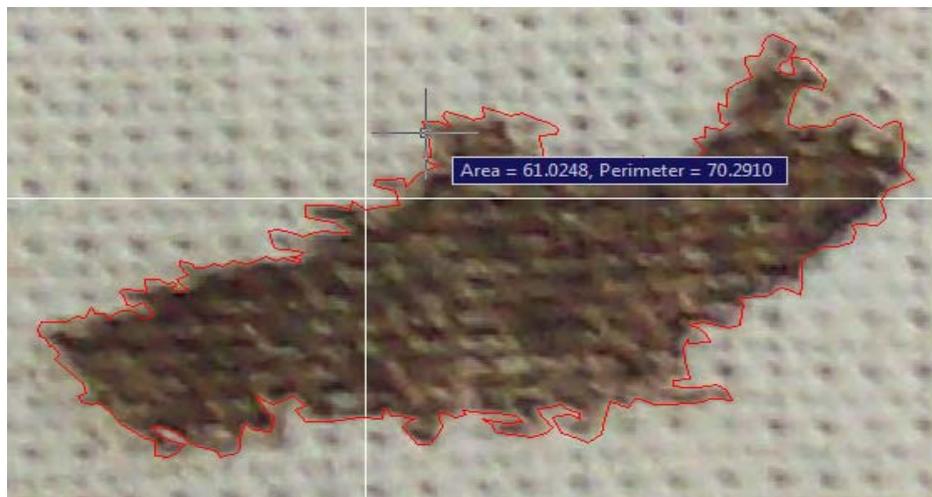


**Ilustración 4.** Interfaz del software (Autocad 2008) utilizado para la medición de áreas.

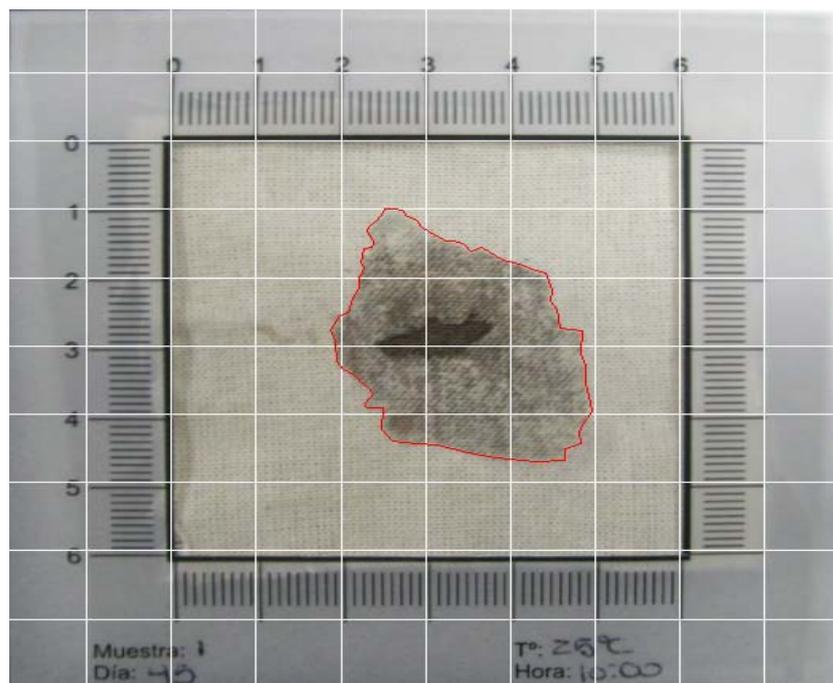
Un ejemplo de la actividad de medición de áreas es mostrado en la Foto 5, Foto 6, Foto 7, Foto 8. En estas, se puede apreciar que gracias al empleo del software es posible ampliar la fotografía, dibujar el perímetro aproximado de la mancha de sangre (antes y después de la aplicación de la técnica de difusión del ión cloruro), para luego solicitarle al software que calcule el área del polígono dibujado.



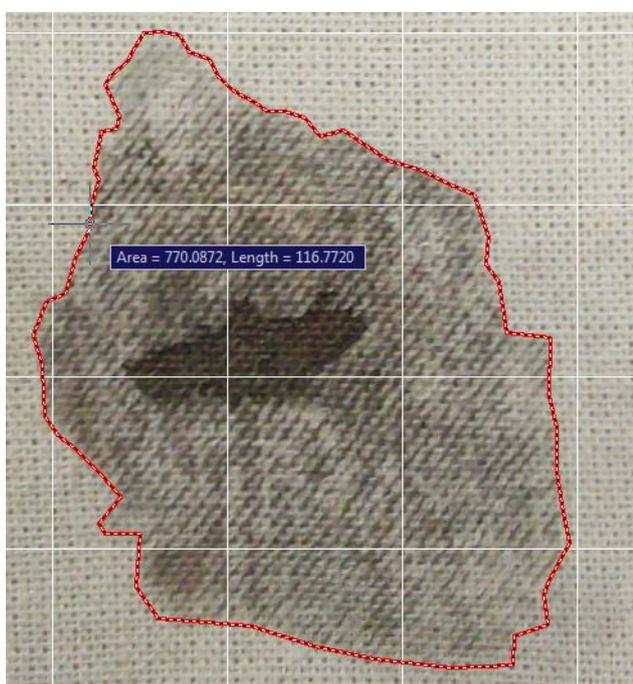
**Foto 5.** Muestra pre-aplicación de la técnica de difusión del ion cloruro. Vista general.



**Foto 6.** Muestra pre-aplicación de la técnica de difusión del ion cloruro. Vista ampliada.



**Foto 7.** Muestra post-aplicación de la técnica de difusión del ion cloruro. Vista general.



**Foto 8.** Muestra post-aplicación de la técnica de difusión del ion cloruro. Vista ampliada.

Para la recolección de datos se diseñó una tabla según día de experimentación (día 15, día 30, día 45, y día 60) y temperatura de exposición (12°C y 25°C), con los espacios necesarios para consignar la medida de área obtenida de cada muestra (de la 1 a la 5) retirada dicho día. En la Tabla 2 se muestra un ejemplo del cuadro elaborado para la experimentación realizada el día quince (15) y para la temperatura de 12°C.

En esta misma tabla, y con los datos obtenidos, se calculó el *porcentaje (%) de cambio* en el área de cada muestra luego de aplicar la técnica de difusión del ión cloruro. La fórmula utilizada para realizar este cálculo fue:

$$\% \text{ de cambio} = 100 \times \frac{\text{área post} - \text{área previa}}{\text{área previa}}$$

Con los porcentajes (%) de cambio de las cinco (5) muestras se calculó el *porcentaje (%) de cambio promedio* con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de cambio promedio} = \frac{\sum_{i=1}^n \% \text{ de cambio}_i}{n}$$

15 DIAS / 12°C	1	2	3	4	5
AREA PREVIA (mm <sup>2</sup> )					
AREA POST (mm <sup>2</sup> )					
% DE CAMBIO					

**PROMEDIO (%)**

**Tabla 2.** Tabla de recolección de datos de áreas de muestras, según día de experimentación y temperatura.

Los porcentajes (%) de cambio promedio de las muestras, según día de experimentación y temperatura, se agruparon en dos tablas (ver Tabla 3 y Tabla 4). Luego, estos datos fueron utilizados para elaborar una gráfica (ver

Gráfico 1) que permite analizar si existe o no una tendencia en los datos recolectados.

Temperatura 12°C

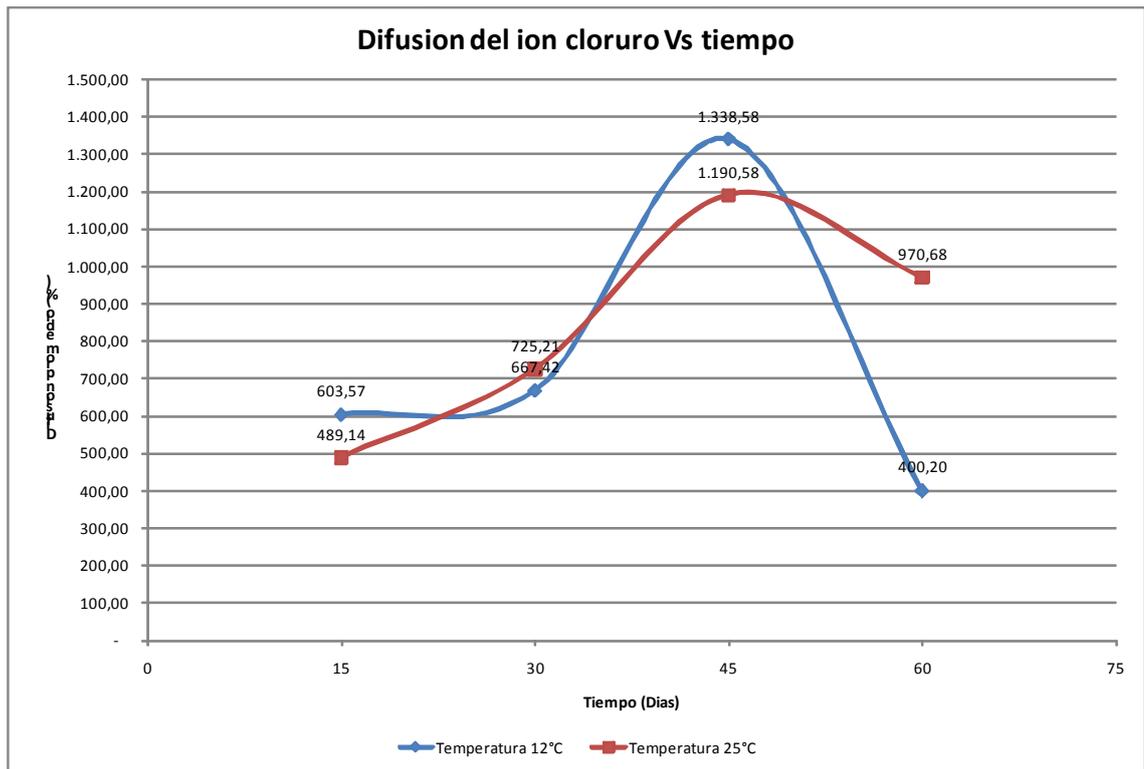
Tiempo (días)	Difusion promedio (%)
15	
30	
45	
60	

**Tabla 3.** Porcentajes de cambio promedio en el área de las muestras - Temperatura = 12°C

Temperatura 25°C

Tiempo (días)	Difusion promedio (%)
15	
30	
45	
60	

**Tabla 4.** Porcentajes de cambio promedio en el área de las muestras - Temperatura = 25°C



**Gráfico 1:** Difusión del ión cloruro Vs Tiempo

## CAPITULO VII

## **8. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

A continuación se expondrán los resultados obtenidos de cada experimentación, para así poder analizar que sucedió en el transcurso del tiempo con las manchas sometidas a las diferentes temperaturas (12°C y 25°C).

Inicialmente, se consideró hacer un análisis de tipo cualitativo, y al observar que las manchas de sangre presentaban grandes diferencias pre y post a la técnica, se decidió que realizar un análisis de este tipo era subjetivo al observador. Por lo anterior, lo más apropiado para esta investigación fue realizarlo de forma cuantitativa, y para ello fue necesario procesar las fotos, teniendo presente que estas fueron tomadas arbitrariamente, y no con un proceso tecnificado como el uso de un trípode, a una misma distancia focal. Por tal motivo, se asume que en el proceso de medición de áreas deben existir

errores, que se considera pueden ser corregidos parcialmente con un promedio de los resultados.

### 8.1. Experimentación día 15, temperaturas 12°C y 25°C

Al observar los *resultados promedio* (ver Tabla 5 y Tabla 6) de cada grupo de muestras estudiado en el día 15 de experimentación, y realizando una comparación (ver Gráfico 3) entre estos, puede afirmarse que la hipótesis de investigación **no se cumple**, ya que los resultados se consideran similares, y la diferencia que existe entre ellos puede ser atribuible al procesamiento de las fotos, contradiciendo la hipótesis, la cual consideró que la difusión esperada debía ser mayor en tanto la temperatura también lo era.

15 DIAS / 12°C	1	2	3	4	5
AREA PREVIA (mm <sup>2</sup> )	85,06	31,13	38,15	50,28	52,66
AREA POST (mm <sup>2</sup> )	397,44	204,72	490,38	310,07	258,52
% DE CAMBIO	367,26	557,52	1.185,53	516,64	390,90

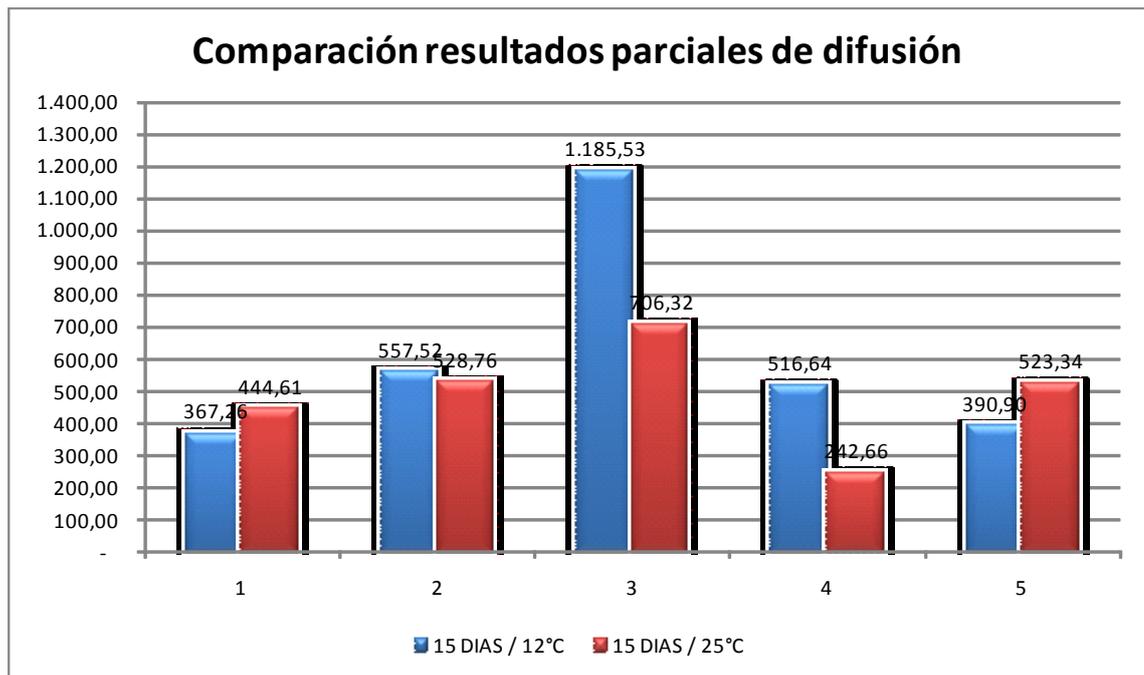
**PROMEDIO (%) 603,57**

Tabla 5. Resultados día 15, temperatura 12°C

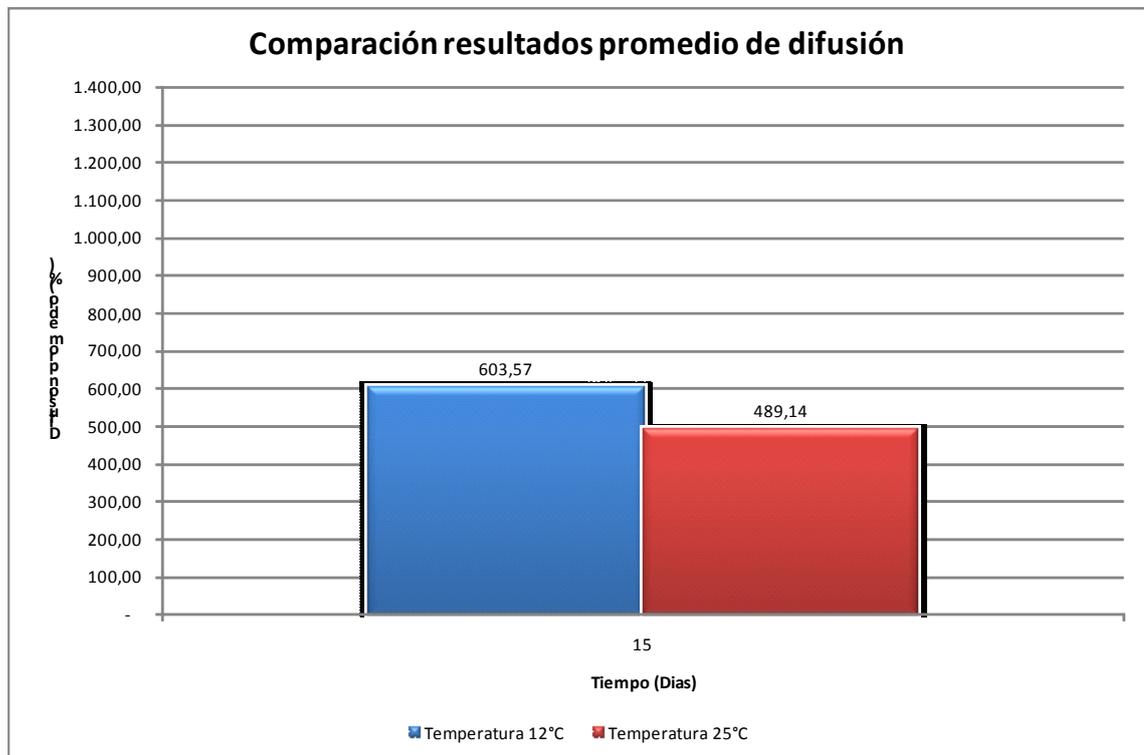
15 DIAS / 25°C	1	2	3	4	5
AREA PREVIA (mm <sup>2</sup> )	77,47	45,97	50,01	93,92	71,08
AREA POST (mm <sup>2</sup> )	421,93	289,01	403,25	321,83	443,10
% DE CAMBIO	444,61	528,76	706,32	242,66	523,34

**PROMEDIO (%) 489,14**

Tabla 6. Resultados día 15, temperatura 25°C



**Gráfico 2.** Comparación resultados parciales difusión día 15



**Gráfico 3.** Comparación resultados promedio en el Día 15

## 8.2. Experimentación día 30, temperaturas 12°C y 25°C

En los *resultados promedio* (ver Tabla 7 y Tabla 8) de cada grupo de muestras estudiado en el día 30 de experimentación, también puede apreciarse que los resultados son similares comparativamente (ver Gráfico 5), lo cual hace pensar que los grupos de muestras tuvieron el mismo comportamiento, por lo que se considera que la hipótesis de investigación **no se cumple**.

30 DIAS / 12°C	1	2	3	4	5
AREA PREVIA (mm <sup>2</sup> )	36,00	56,98	40,82	86,18	42,93
AREA POST (mm <sup>2</sup> )	463,29	591,48	181,41	232,12	342,77
% DE CAMBIO	1.186,80	938,12	344,45	169,33	698,40

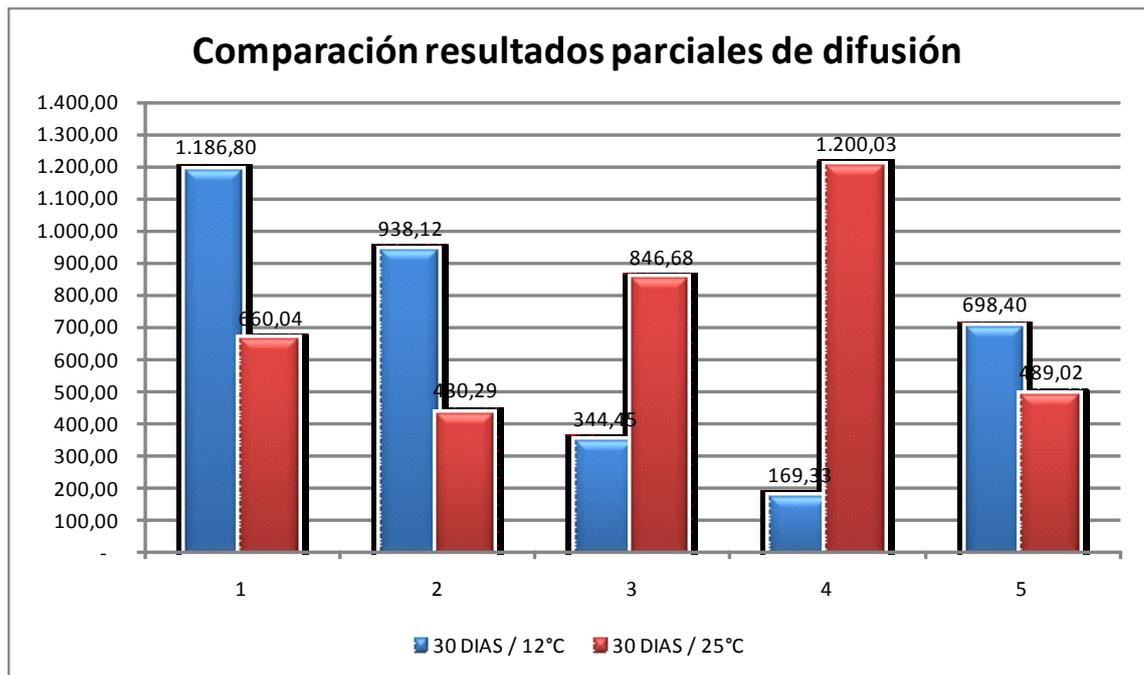
**PROMEDIO (%) 667,42**

Tabla 7. Resultados día 30, temperatura 12°C

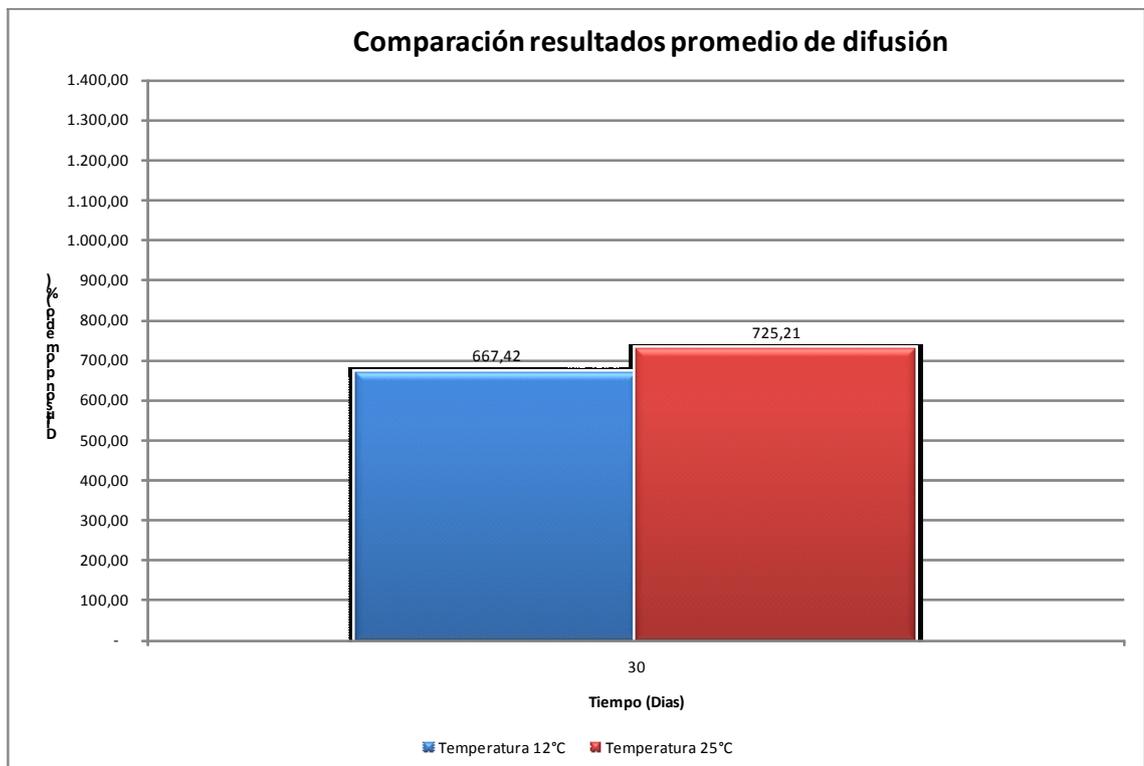
30 DIAS / 25°C	1	2	3	4	5
AREA PREVIA (mm <sup>2</sup> )	57,13	44,73	36,67	38,86	35,84
AREA POST (mm <sup>2</sup> )	434,17	237,18	347,17	505,25	211,13
% DE CAMBIO	660,04	430,29	846,68	1.200,03	489,02

**PROMEDIO (%) 725,21**

Tabla 8. Resultados día 30, temperatura 25°C



**Gráfico 4.** Comparación resultados parciales difusión día 30



**Gráfico 5.** Comparación resultados promedio día 30

### 8.3. Experimentación día 45, temperaturas 12°C y 25°C

Los *resultados promedio* (ver Tabla 9 y Tabla 10) observados en el día 45 de experimentación, luego de analizados comparativamente (ver Gráfico 7), siguen con la tendencia que se presentó en los resultados previos (días 15 y 30) al ser similares y crecientes, por lo que se considera que la hipótesis de investigación **no se cumple**.

45 DIAS / 12°C	1	2	3	4	5
AREA PREVIA (mm <sup>2</sup> )	28,64	49,72	26,80	62,46	78,10
AREA POST (mm <sup>2</sup> )	539,43	656,92	635,68	474,81	668,25
% DE CAMBIO	1.783,34	1.221,36	2.272,30	660,24	755,67

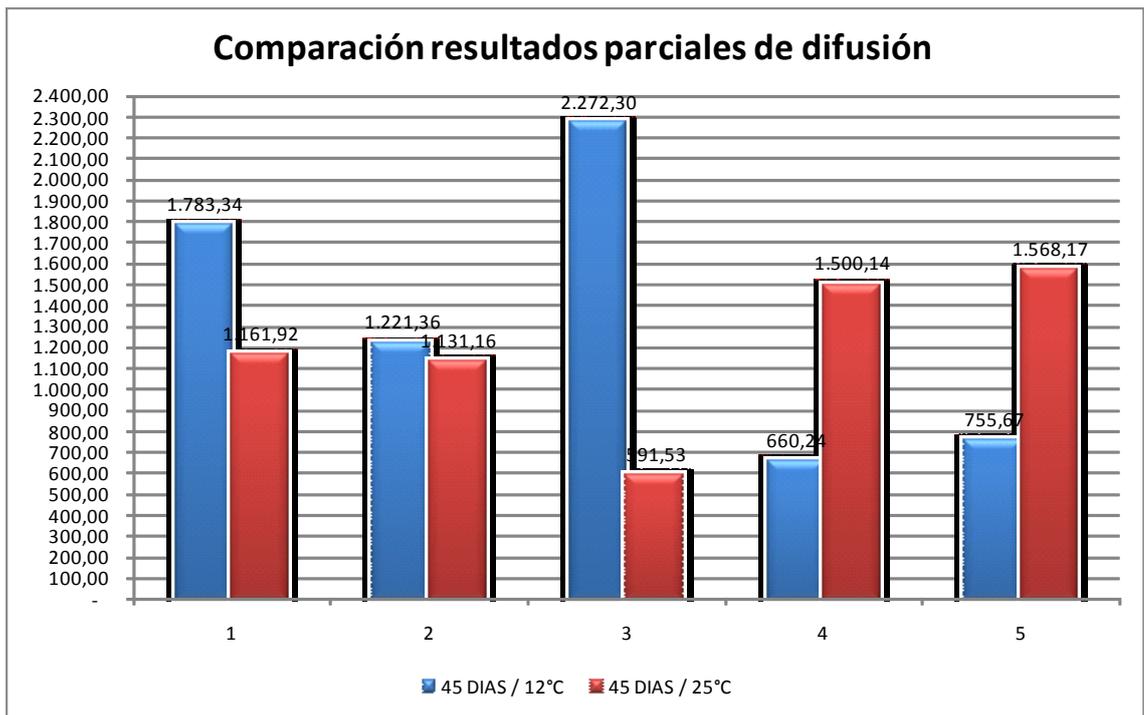
**PROMEDIO (%) 1.338,58**

**Tabla 9.** Resultados día 45, temperatura 12°C

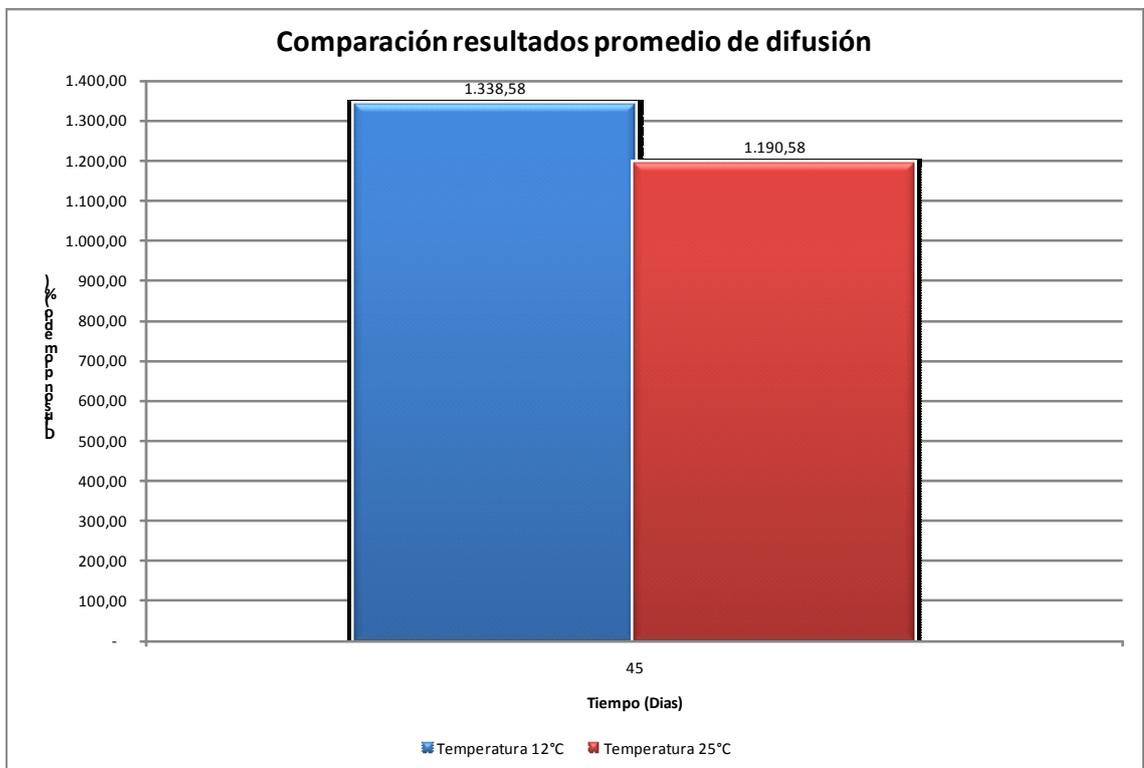
45 DIAS / 25°C	1	2	3	4	5
AREA PREVIA (mm <sup>2</sup> )	61,02	40,69	87,53	31,82	43,61
AREA POST (mm <sup>2</sup> )	770,09	500,92	605,31	509,19	727,52
% DE CAMBIO	1.161,92	1.131,16	591,53	1.500,14	1.568,17

**PROMEDIO (%) 1.190,58**

**Tabla 10.** Resultados día 45, temperatura 25°C



**Gráfico 6.** Comparación resultados parciales difusión día 45



**Gráfico 7.** Comparación resultados promedio día 45

#### 8.4. Experimentación día 60, temperaturas 12°C y 25°C

En este caso, se aprecia una gran diferencia entre los *resultados promedio* y siendo mayor para la temperatura de 25°C, lo que haría pensar que la hipótesis de investigación se cumplió; sin embargo, estos resultados no siguen con la tendencia creciente de los días previos (días 15, 30, y 45).

60 DIAS / 12°C	1	2	3	4	5
AREA PREVIA (mm <sup>2</sup> )	35,35	38,85	25,19	62,96	65,00
AREA POST (mm <sup>2</sup> )	201,82	148,42	168,13	300,20	262,54
% DE CAMBIO	470,87	282,05	567,34	376,83	303,94

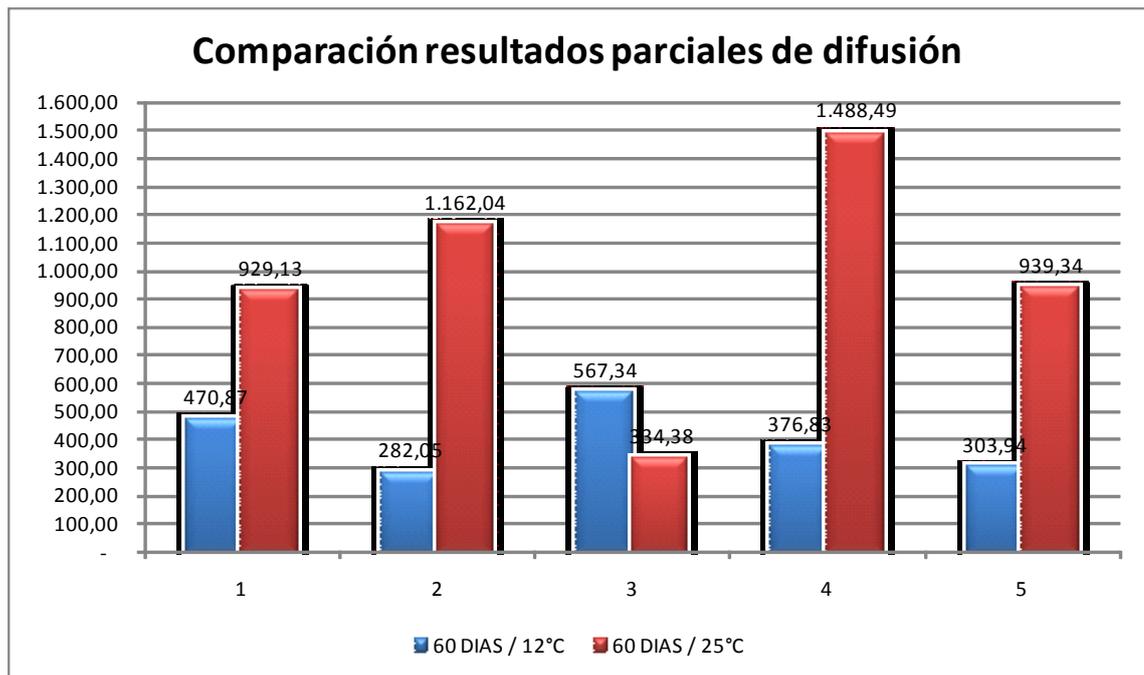
**PROMEDIO (%) 400,20**

Tabla 11. Resultados día 60, temperatura 12°C

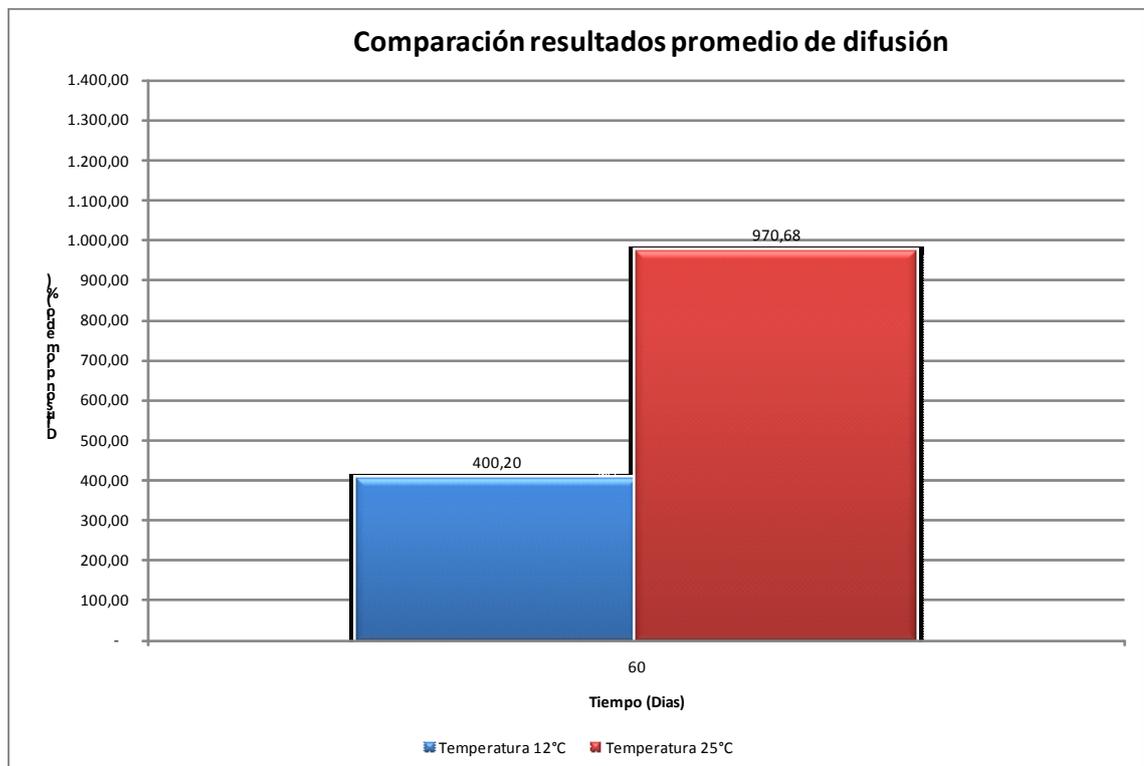
60 DIAS / 25°C	1	2	3	4	5
AREA PREVIA (mm <sup>2</sup> )	59,12	31,29	98,71	29,84	53,39
AREA POST (mm <sup>2</sup> )	608,37	394,87	428,76	474,06	554,88
% DE CAMBIO	929,13	1.162,04	334,38	1.488,49	939,34

**PROMEDIO (%) 970,68**

Tabla 12. Resultados día 60, temperatura 25°C



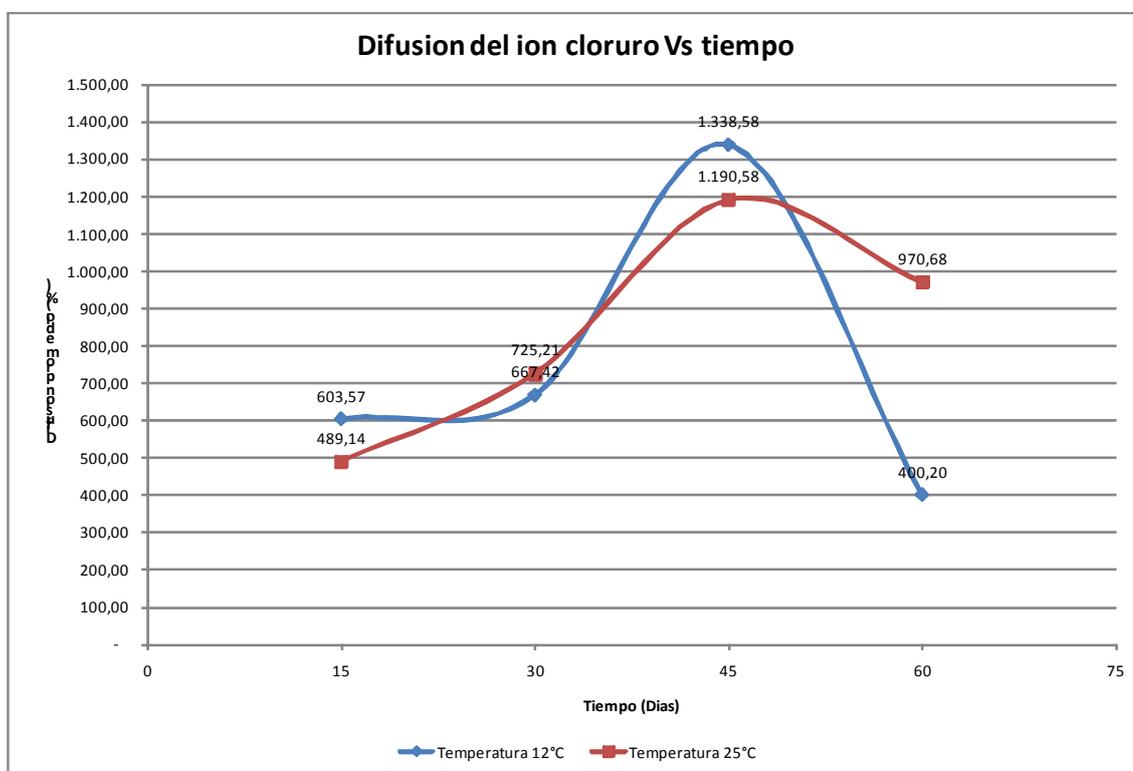
**Gráfico 8.** Comparación resultados parciales difusión día 60



**Gráfico 9.** Comparación resultados promedio día 60

Es importante identificar que los resultados de difusión en los días 15 y 30 tienen una tendencia de crecimiento positivo, alcanzando un máximo en el día 45, para luego hacia el día 60, tener una tendencia decreciente.

En el Gráfico 10 se puede observar el comportamiento promedio de los grupos de muestras en cada temperatura, a lo largo del tiempo en estudio. Estos resultados muestran que la hipótesis de investigación **no se cumple**, ya que el comportamiento que se observa en los días 15, 30 y 45 se considera **similar** tanto en la temperatura de 25°C como en la de 12°C; es decir, las diferencias en los resultados parecen ser no muy diferentes, siendo esto un análisis principalmente descriptivo y no estadístico. Cabe aclarar, que en el día 60 el comportamiento llama la atención debido a que no sigue con la tendencia mostrada en los días previos, y podría ser evidencia de un error cometido en el tratamiento de la muestras durante la experimentación.



**Gráfico 10.** Comparación difusión promedio del ión cloruro Vs tiempo



## CAPÍTULO VIII

## 9. CONCLUSIONES

Es importante tener cuenta lo siguiente para poder comprender en que se basaron las conclusiones de la presente investigación: *La difusión del ión cloruro del día 60, debido a que no sigue con la tendencia mostrada en los días previos (día 15, día 30, día 45) se asumió como un error cometido en el tratamiento de la muestras durante la experimentación.* La decisión de descartar este resultado obedeció a que no fue posible encontrar una explicación contundente sobre el hecho de que el ión cloruro no difundiera aún más de lo hallado para el día 45.

La influencia del factor temperatura en la difusión del ión cloruro de manchas de sangre, depositadas en soportes de tela de lienzo, no es significativa, teniendo en cuenta la muestra escogida para realizar este estudio. Sin embargo, la datación de manchas de sangre es posible de realizar, ya que la difusión del ión cloruro a lo largo del tiempo, tiene la misma tendencia en las temperaturas estudiadas, por lo que los porcentajes (%) de difusión que se

encontraran en manchas expuestas a temperaturas de 12°C y 25°C, serán similares.

Teniendo en cuenta los resultados de esta investigación, es posible establecer un patrón de comparación, que le ayude al perito criminalístico a datar manchas de sangre sobre tela de lienzo.

## **10. RECOMENDACIONES**

Se debe implementar un procedimiento estandarizado al depositar la sangre sobre los soportes que se vayan a estudiar con el fin de que las manchas de sangre tengan el mismo volumen de concentración, y de esta manera homogeneizar las muestras a estudiar.

Es necesario realizar la experimentación teniendo un estricto control sobre las temperaturas de exposición de tal forma que no exista la posibilidad de que esta se vea alterada, ya que esto puede afectar la confianza sobre los resultados obtenidos.

Se recomienda el uso de la lupa binocular para tomar las fotos, pero debe tenerse presente que se pueda observar la totalidad de la muestra para que la foto posteriormente pueda ser procesada de manera correcta.

Se deberían ampliar las temperaturas de exposición utilizadas, como así también el número de muestras a estudiar, tratando con esto de que los resultados obtenidos sean más representativos. Con esto también se lograría la construcción del patrón de comparación, que esta investigación determinó, es posible de realizar.

## BIBLIOGRAFÍA

ARGENTINA, P. F. (1983). *Tratado de criminalística* (Vol. 1 Documentología). Buenos Aires: Editorial Policial.

BARBERA, F. D. (2005). *Manual de técnica policial* (3ª ed.). Valencia: Tirant Lo Blanch.

BLATT, F. J. (1991). *Fundamentos de Física* (3ª ed.). (V. G. Pozo, Trad.) Mexico: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.

CALABUIG, G. (2004). *Medicina Legal y Toxicología* (6ª ed.). Barcelona: Masson.

CLAUBRY, M. G. (1852). *Tratado de Química legal*. Imprenta y Litografía de D. Juan Rey Romero.

COLOMBIA, M. D. (1989). *Manual de criminalística*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

GUZMAN, C. A. (2000). *Manual de criminalística*. Argentina: La Roca.

JACKSON, A. R., & JACKSON, J. M. (2004). *Forensic Science* (1 ed.). England: Prentice Hall.

JAMES, S. H. (2005). *Principles of Bloodstains patters analysis*. EE UU: CRC.

JOHLL, M. E. (2007).  
*forensic science perspective.*

JUAN, H. R. (2001).  
Cordoba: Triunfo.

KAPLAN-PESCE. (1986).  
Medica Panamericana.

PINEDA, B. P., & BLÁZQUEZ, M.  
*Legal para profesionales del*

QuimiNet.com. (22 de 6 de 2006). *QuimiNet.com Informacion y negocios segundo a segundo.*  
Recuperado el 20 de Diciembre de 2009, de [www.quiminet.com](http://www.quiminet.com)

RAFFO, O. H. (2004). *La muerte violenta.* Buenos Aires: Universidad.

RICAURTE, R. A. (1997). *Manual de medicina legal y técnica criminalística.* Medellín: Biblioteca Jurídica Diké.

SAMPIERI, R. H. (2003). *Metodología de la investigación* (3ª ed.). México: McGRAW-HILL.

SERWAY, R. A. (1997). *FÍSICA* (4ª ed., Vol. 1). (G. N. Cázares, Trad.) Mexico, D.F: McGRAW-HILL.

SIMONIN, C. (1973). *Medicina Legal Judicial.* Barcelona: JIMS.

SOSA, J. M. (1994). *Manual de Criminalística.* Mexico: Limusa.



*Investigating chemistry: a*  
New York: W.H Freeman.

*Introduccion a la criminalística.*

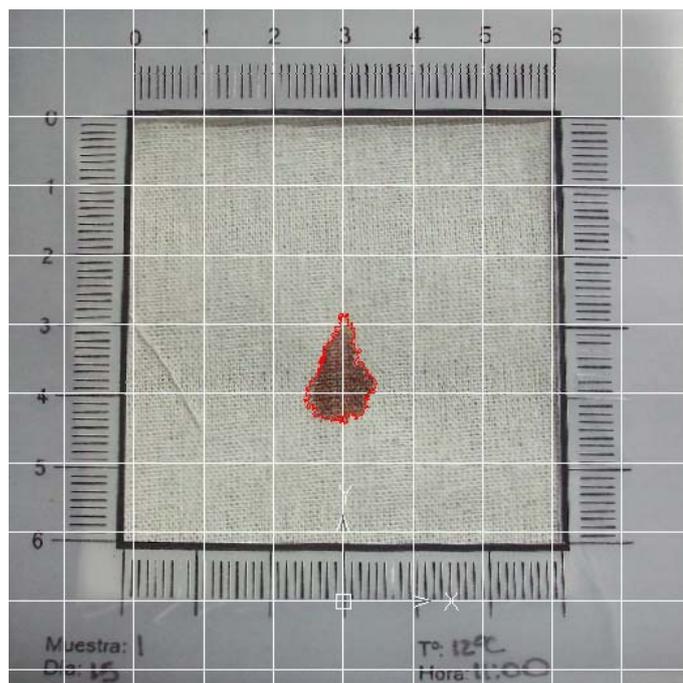
*Química clinica.* Buenos Aires:

G. (1990). *Manual de Medicina*  
*Derecho.* Granada: COMARES.

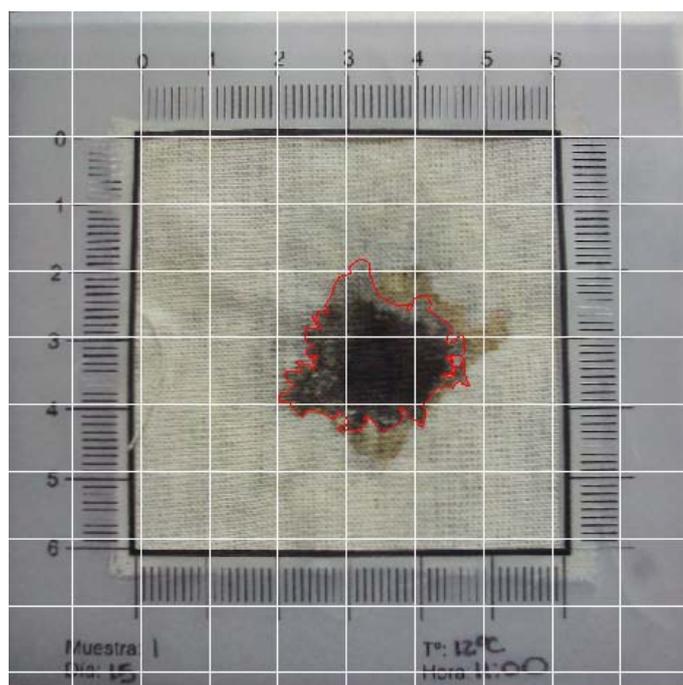
## APÉNDICE

**11. FOTOGRAFÍAS UTILIZADAS PARA LA MEDICIÓN DE  
ÁREAS.**

**11.1. Muestra 1: Día 15, Temperatura 12°C**

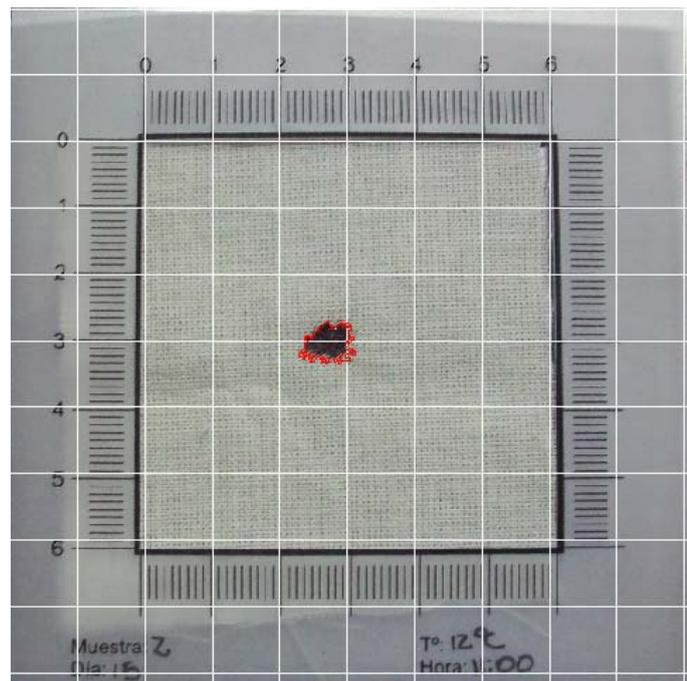


Área previa.

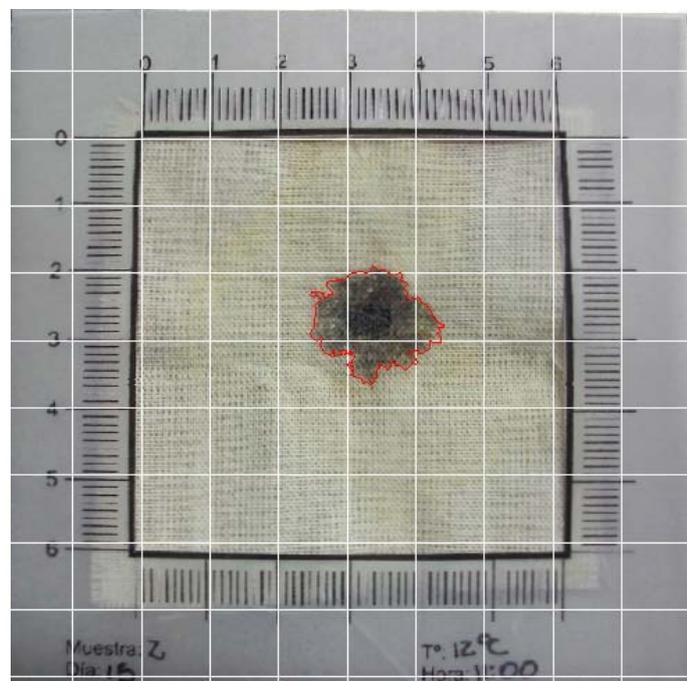


Área post

11.2. Muestra 2: Día 15, Temperatura 12°C

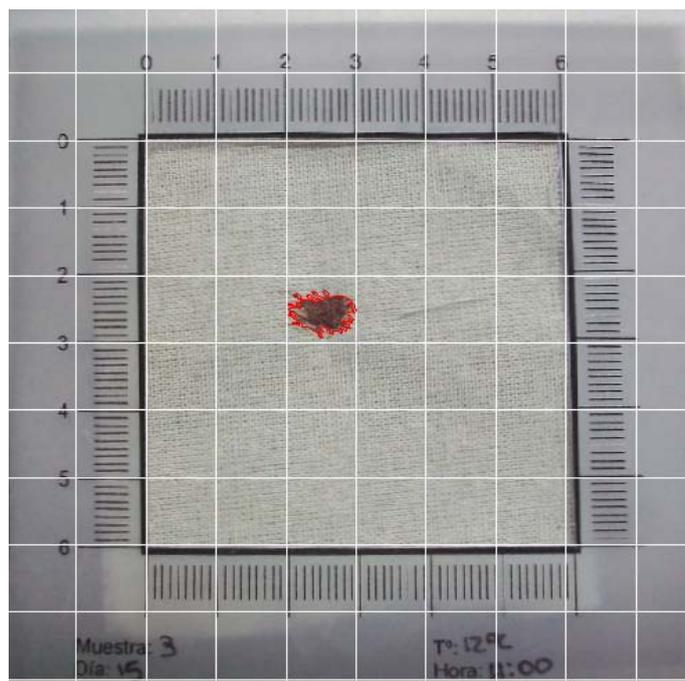


Área Previa

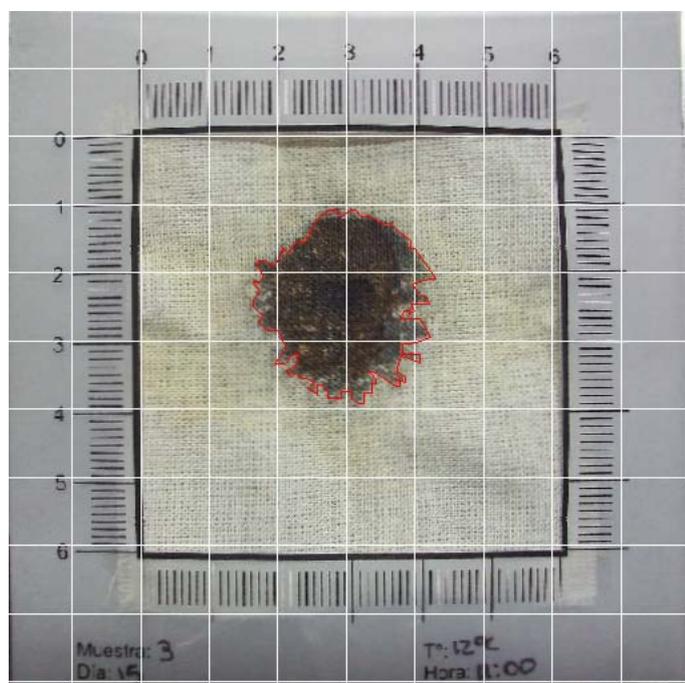


Área Post

**11.3. Muestra 3: Día 15, Temperatura 12°C**

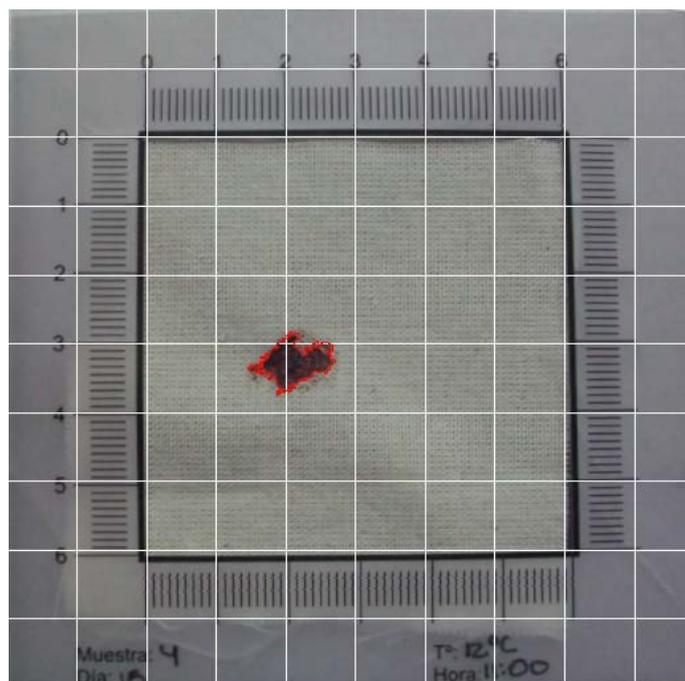


Área Previa

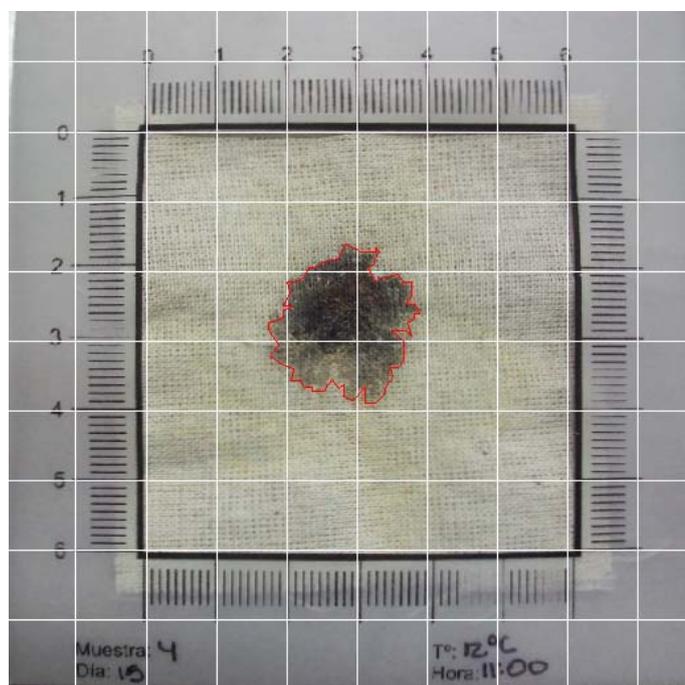


Área Post

**11.4. Muestra 4: Día 15, Temperatura 12°C**

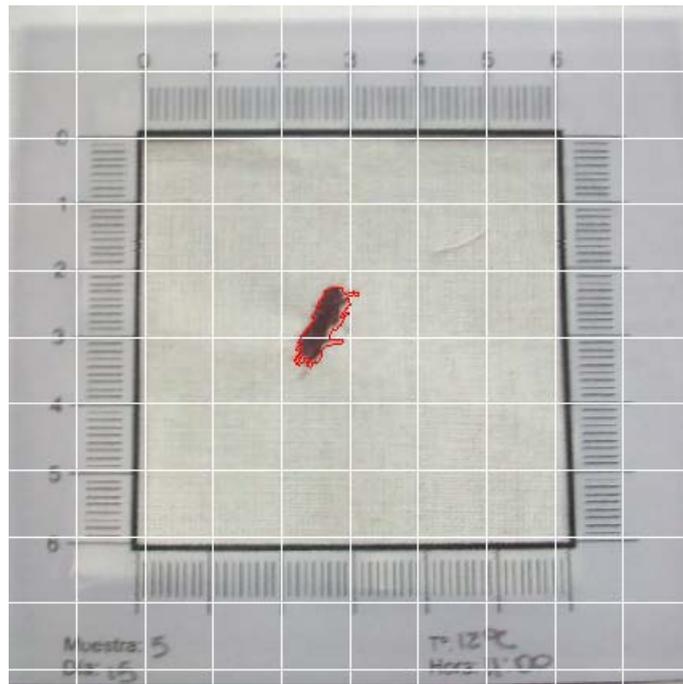


Área Previa

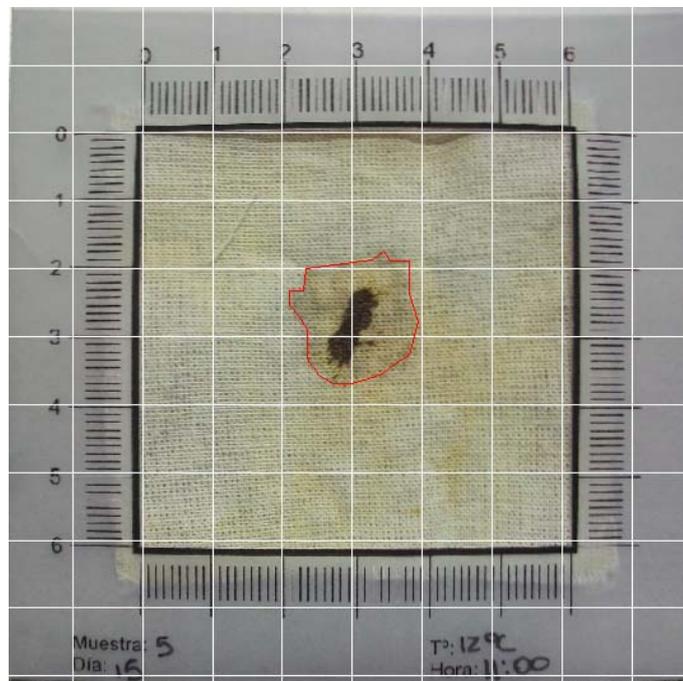


Área Post

**11.5. Muestra 5: Día 15, Temperatura 12°C**

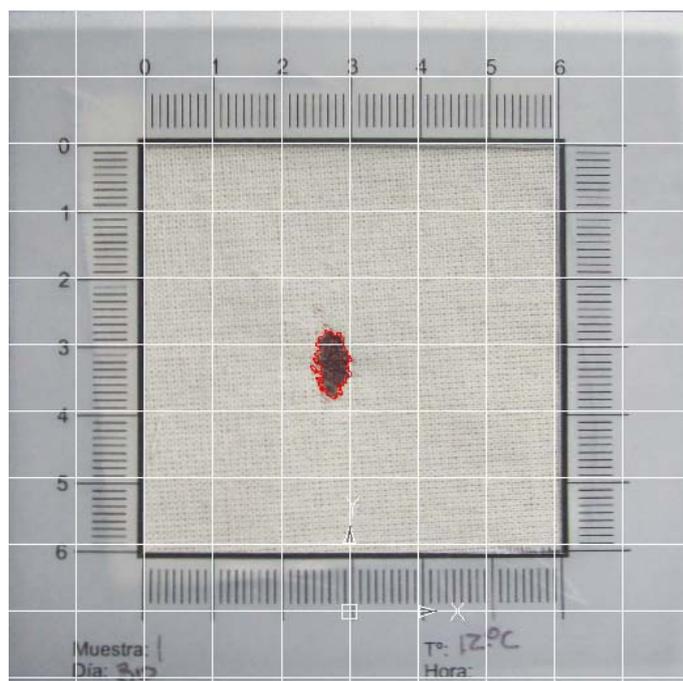


Área Previa

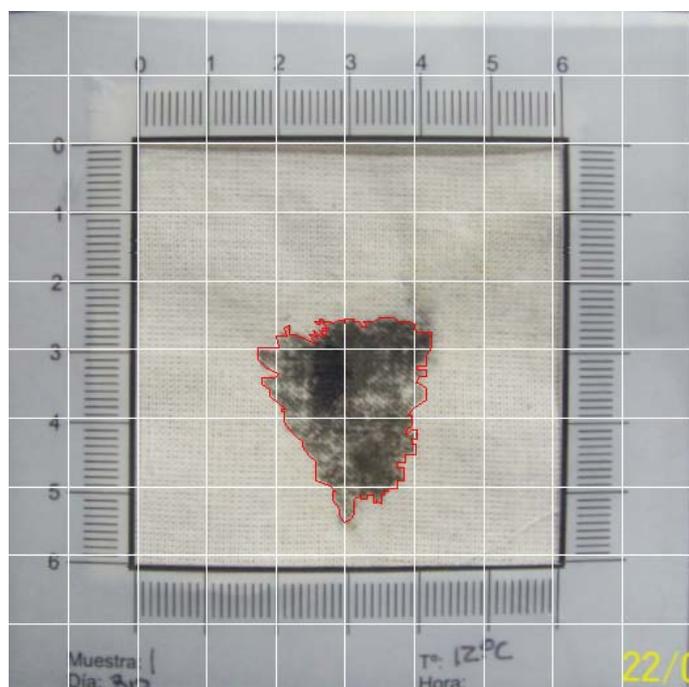


Área Post

11.6. **Muestra 1: Día 30, Temperatura 12°C**

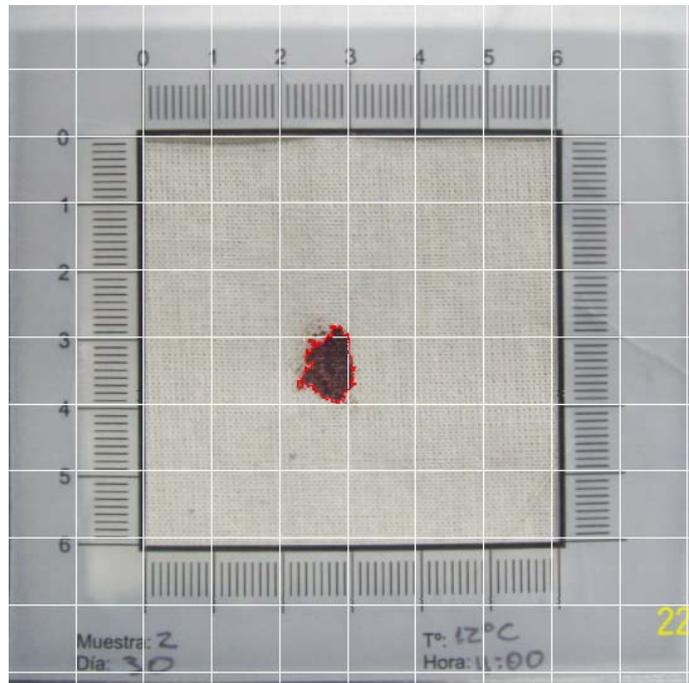


Área Previa

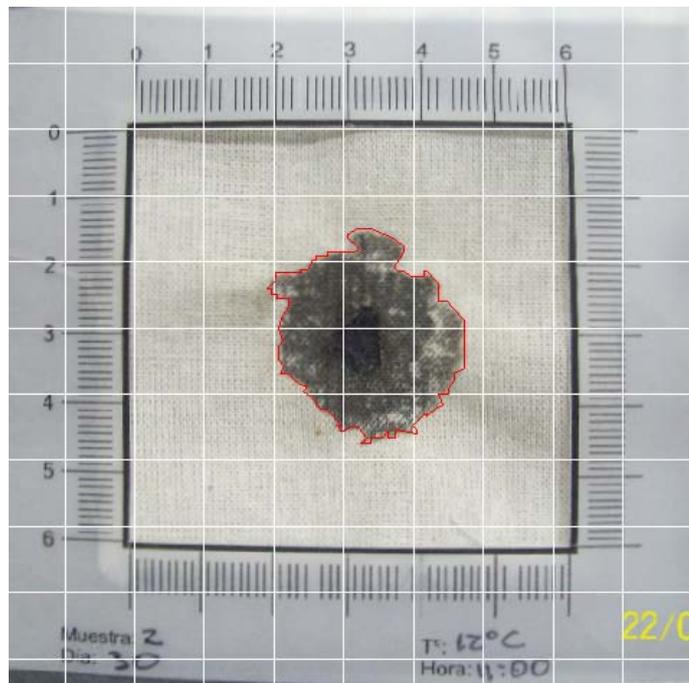


Área Post

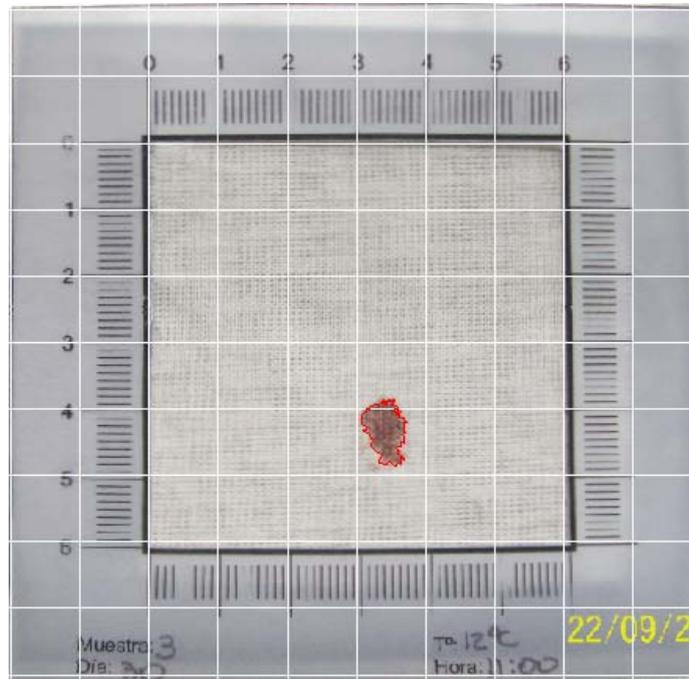
11.7. Muestra 2: Día 30, Temperatura 12°C



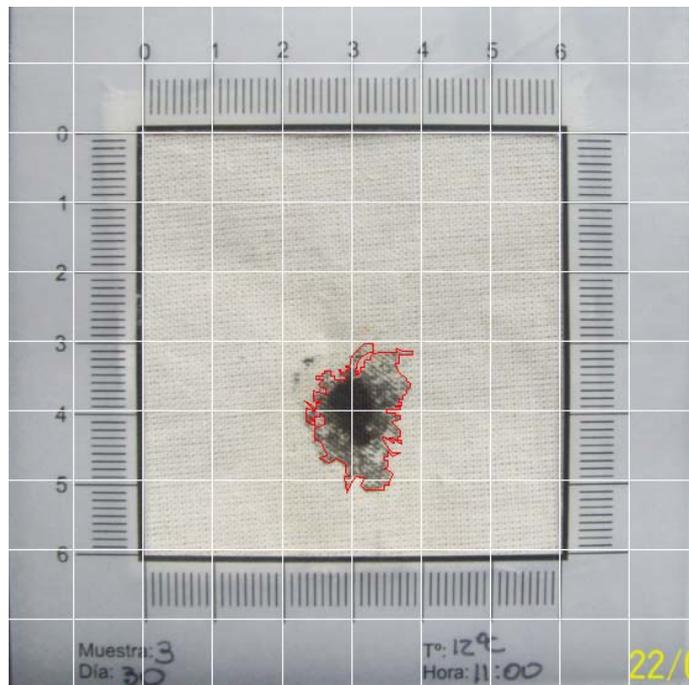
Área Previa



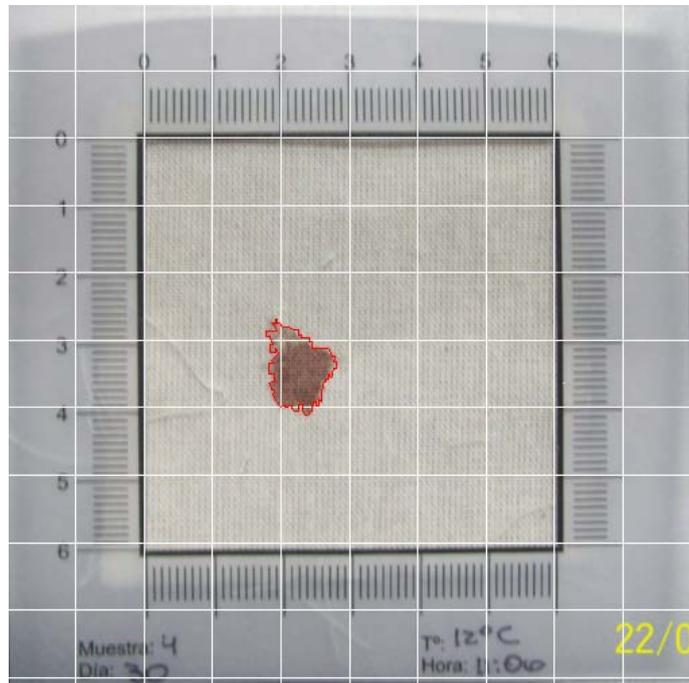
Área Post

**11.8. Muestra 3: Día 30, Temperatura 12°C**

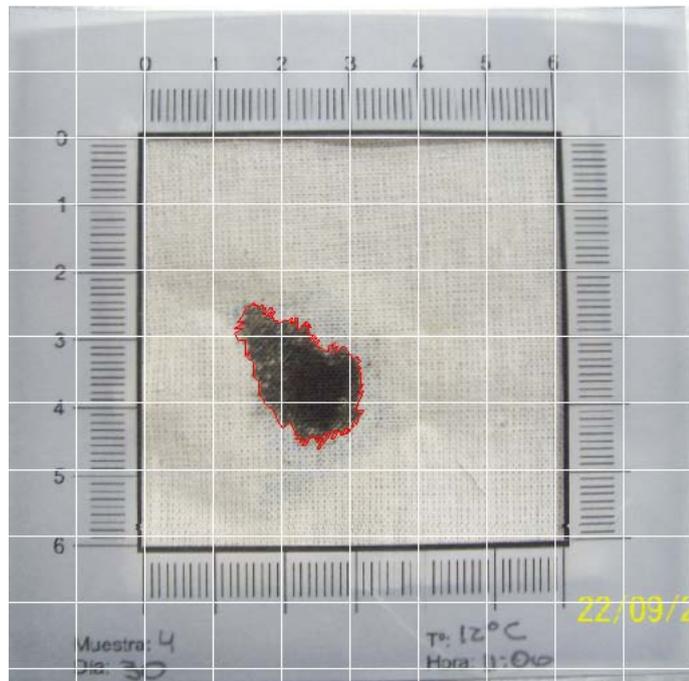
Área previa



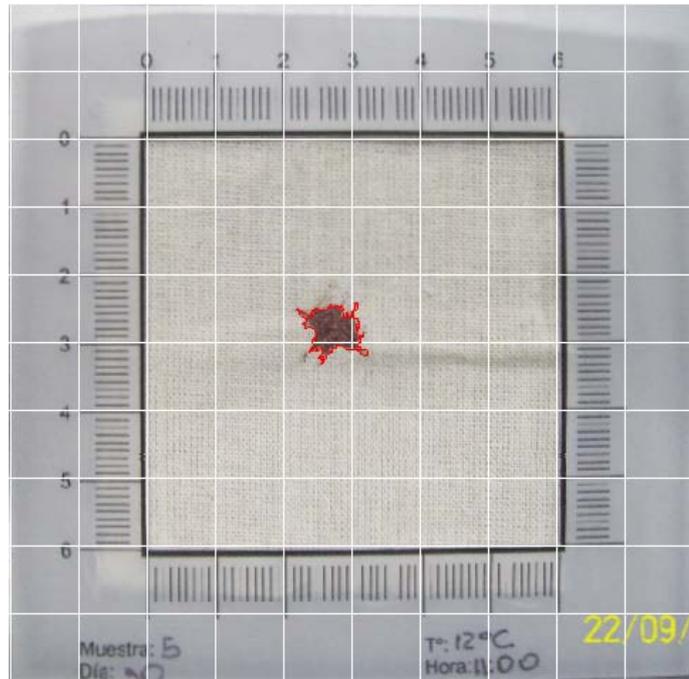
Área Post

**11.9. Muestra 4: Día 30, Temperatura 12°C**

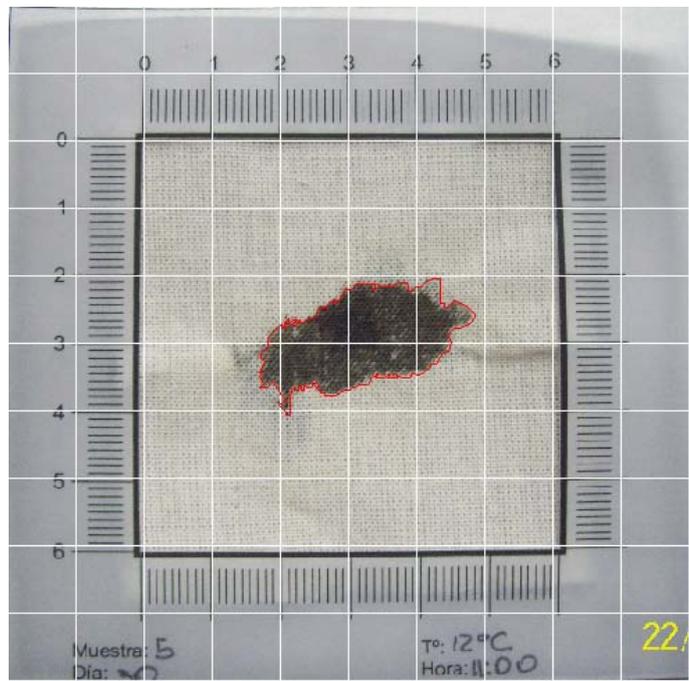
Área Previa



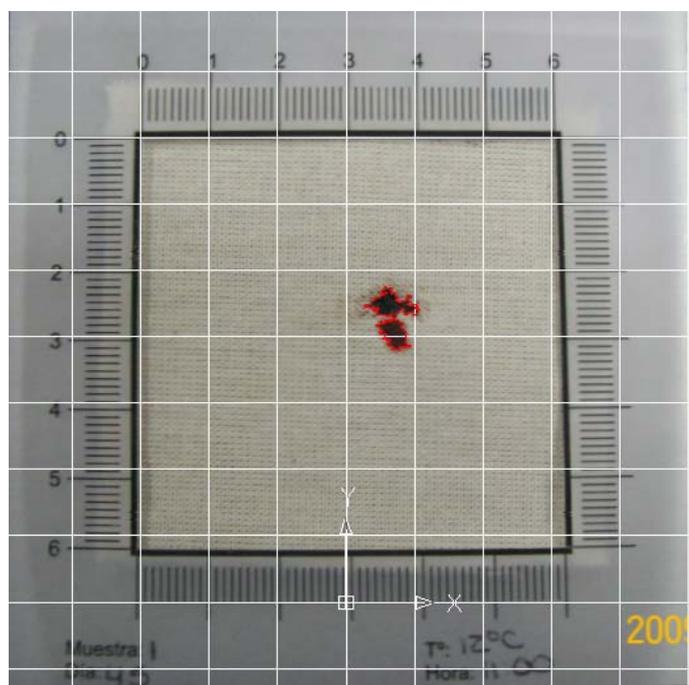
Área Post

**11.10. Muestra 5: Día 30, Temperatura 12°C**

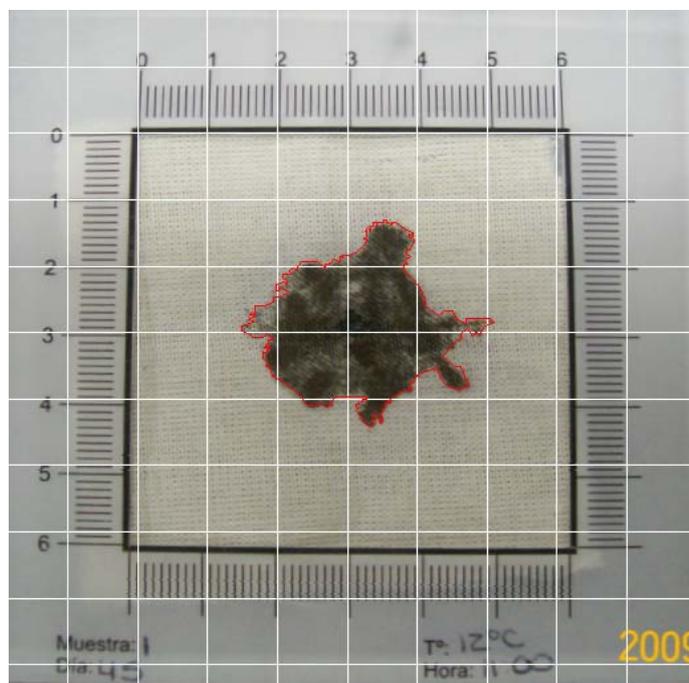
Área previa



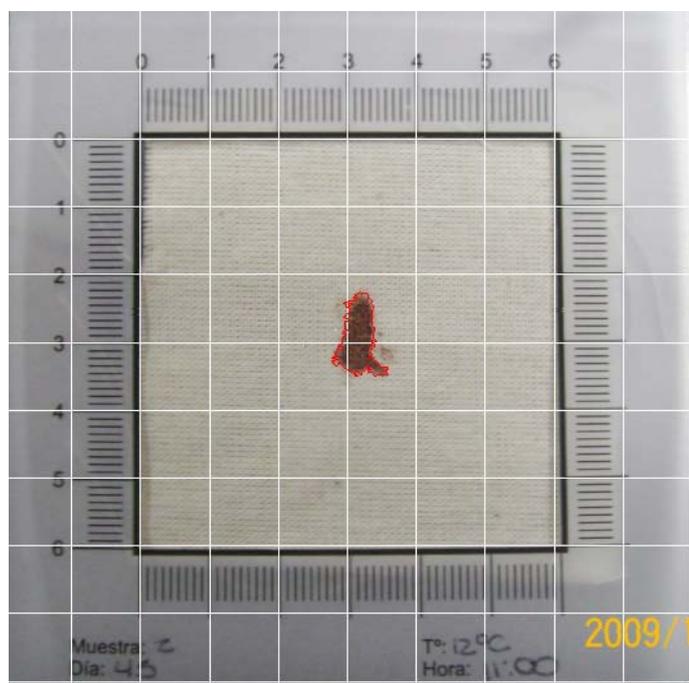
Área Post

**11.11. Muestra 1: Día 45, Temperatura 12°C**

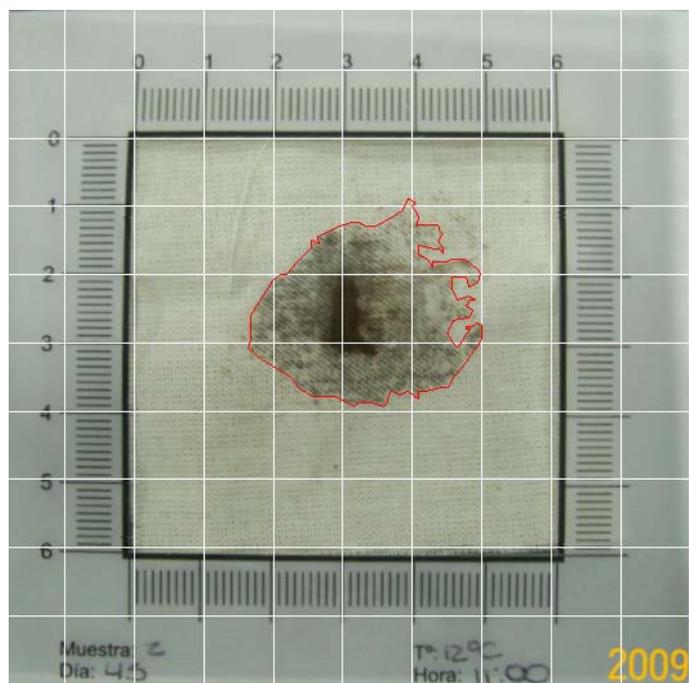
Área Previa



Área Post

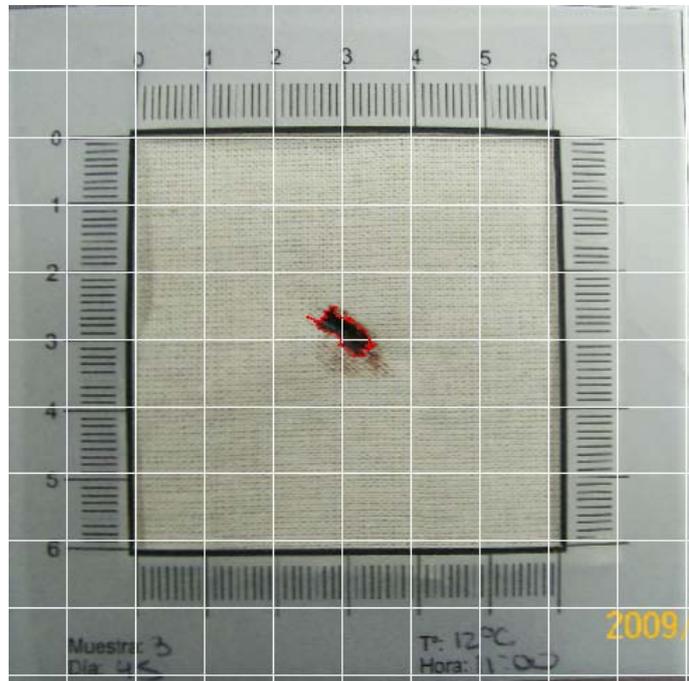
**11.12. Muestra 2: Día 45, Temperatura 12°C**

Área Previa

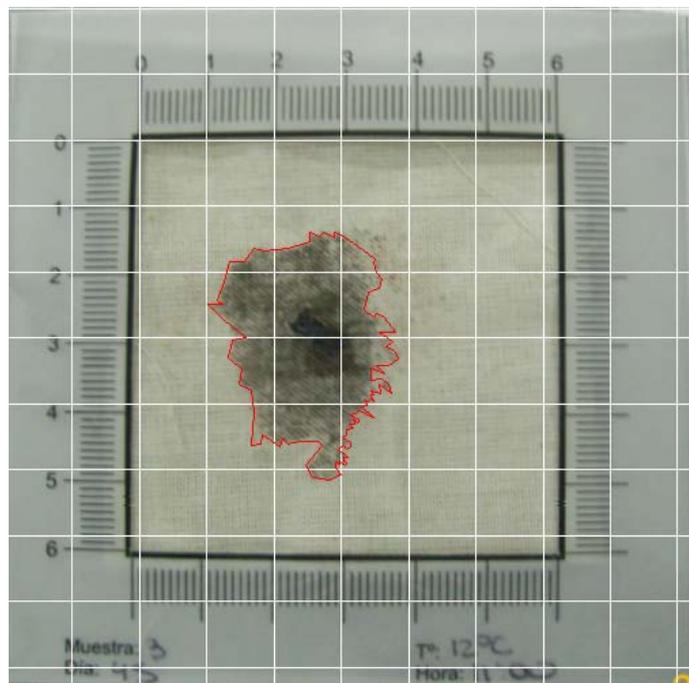


Área Post

11.13. Muestra 3: Día 45, Temperatura 12°C

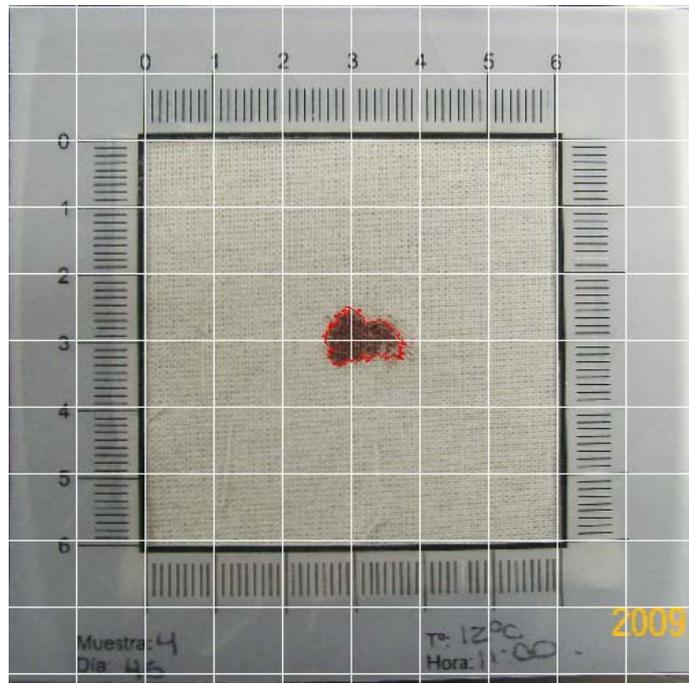


Área Previa

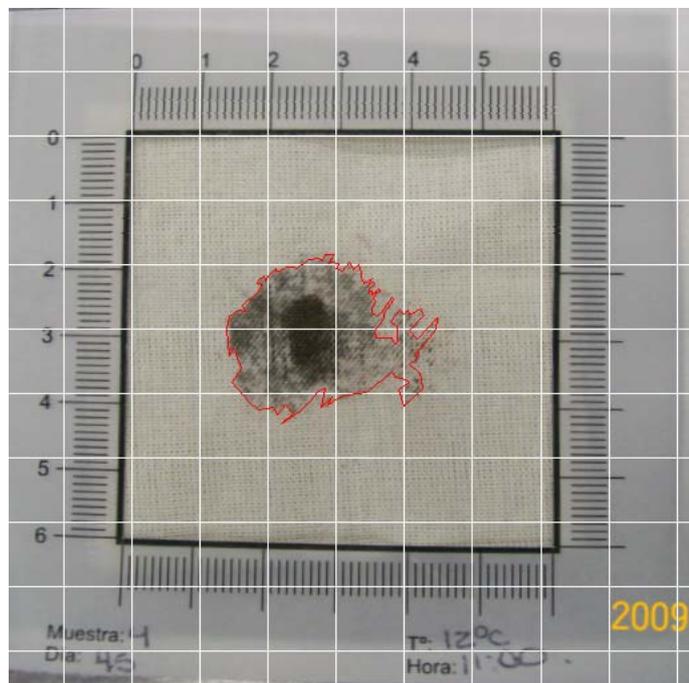


Área Post

11.14. Muestra 4: Día 45, Temperatura 12°C

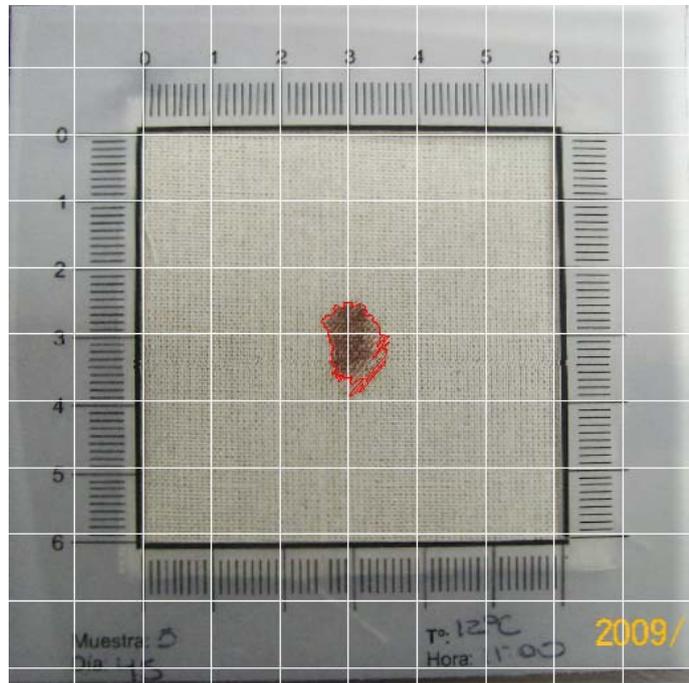


Área Previa

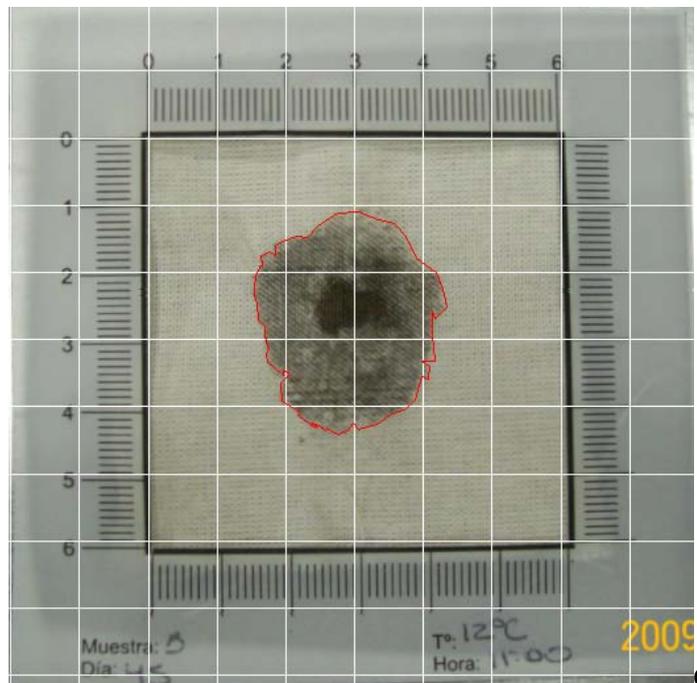


Área Post

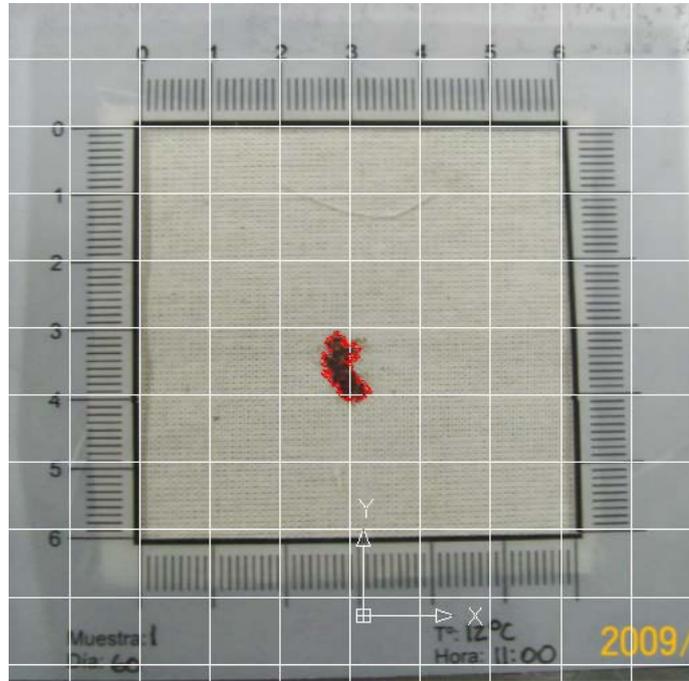
11.15. Muestra 5: Dia 45, Temperatura 12°C



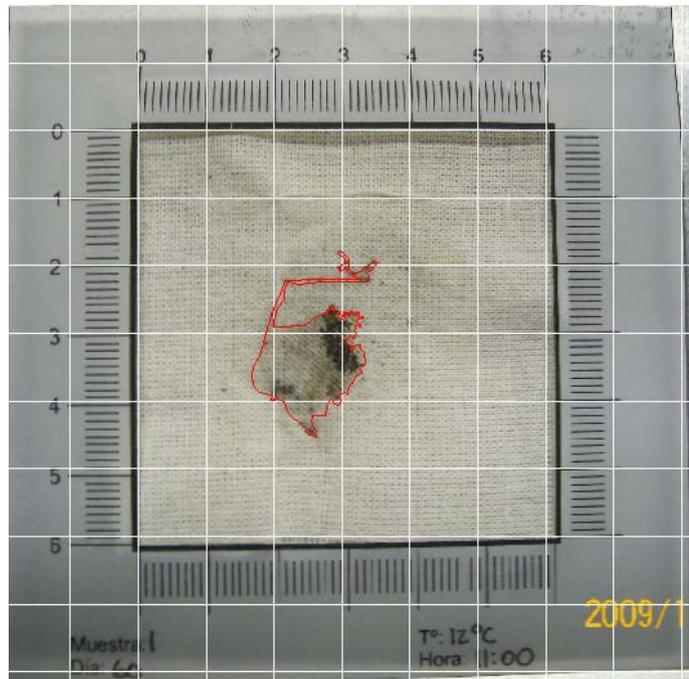
Área Previa



Área Post

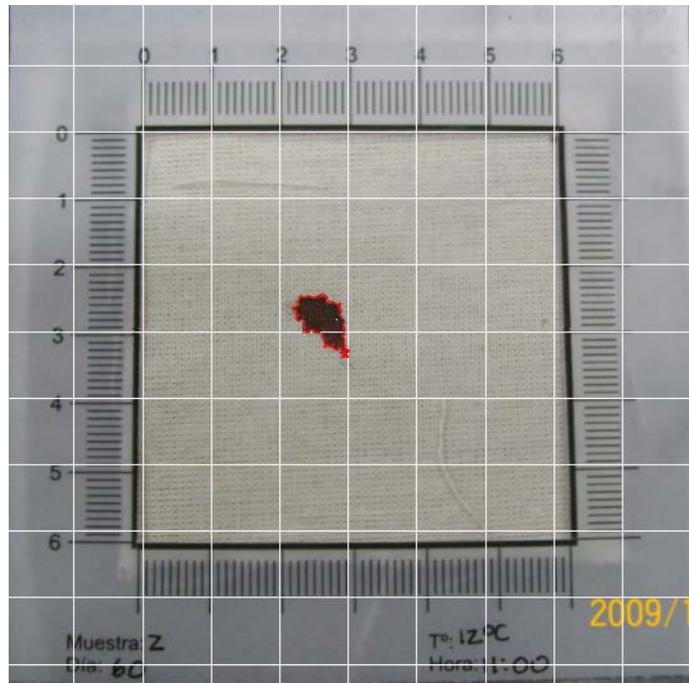
**11.16. Muestra 1: Día 60, Temperatura 12°C**

Área Previa



Área post

11.17. Muestra 2: Día 60, Temperatura 12°C

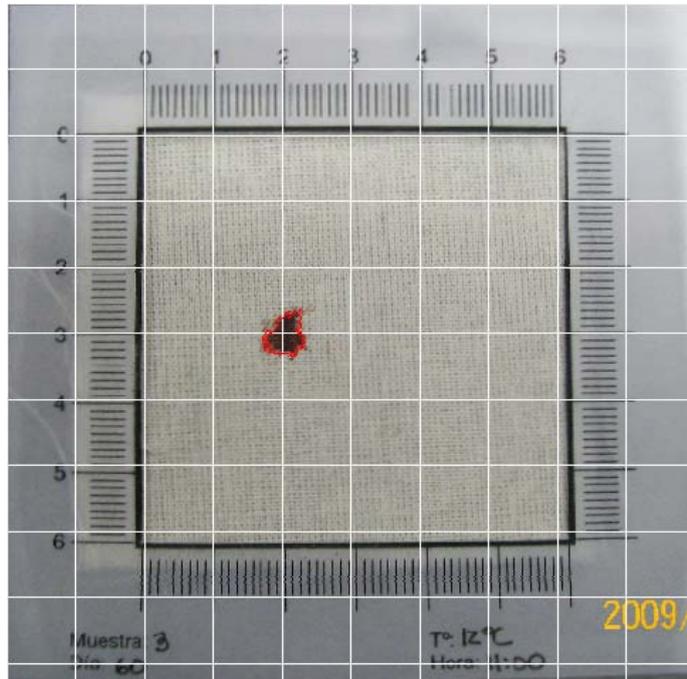


Área Previa

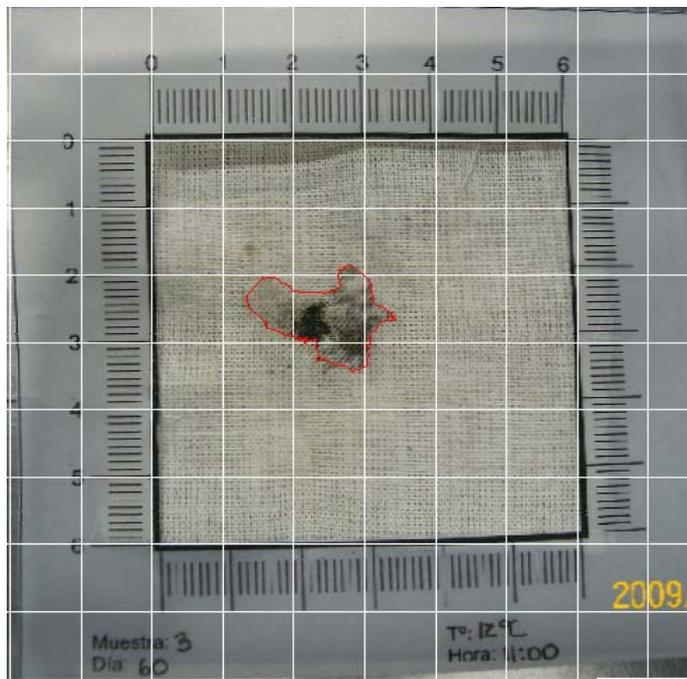


Área Post

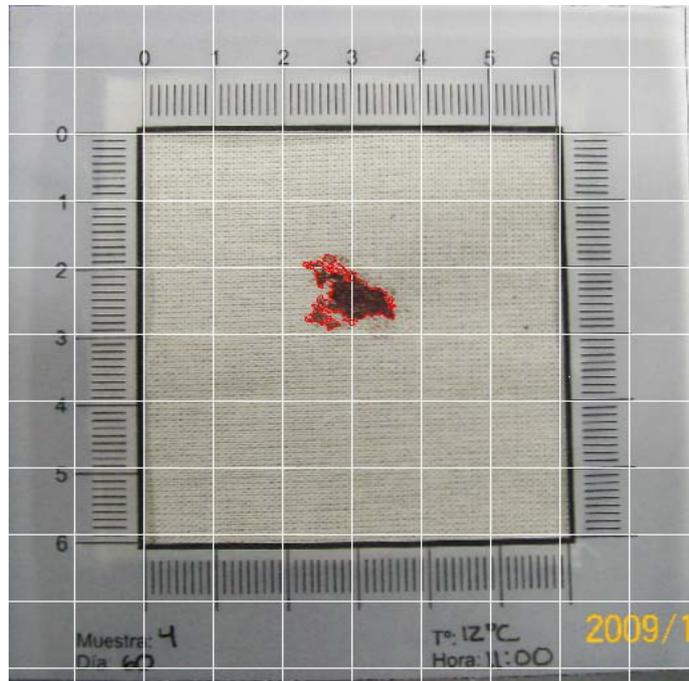
11.18. Muestra 3: Día 60, Temperatura 12°C



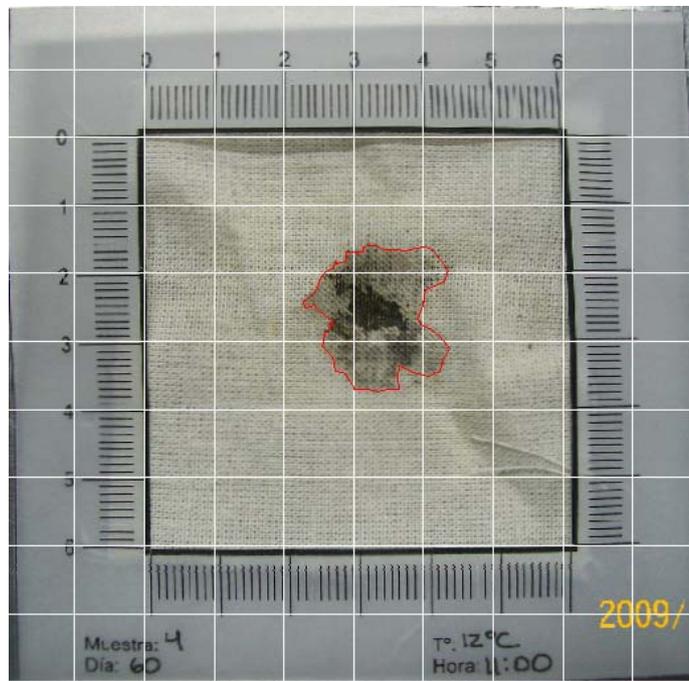
Área Previa



Área Post

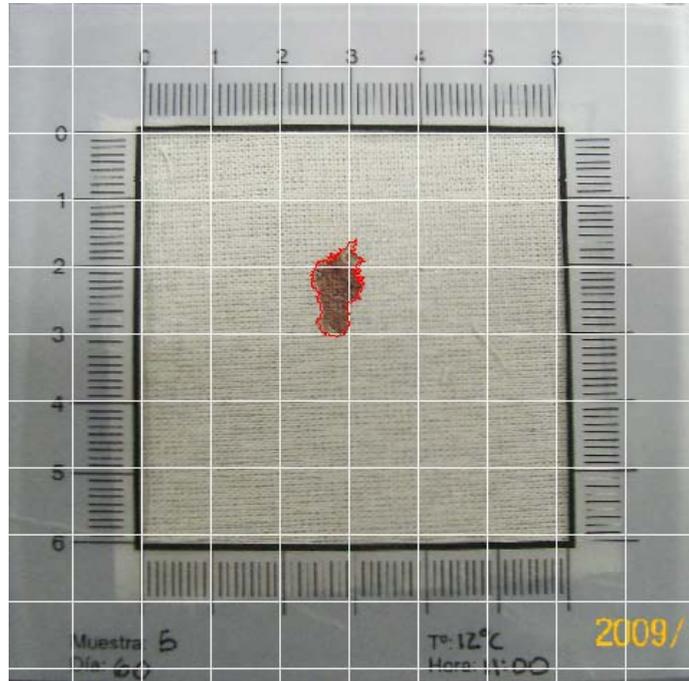
**11.19. Muestra 4: Día 60, Temperatura 12°C**

Área Previa

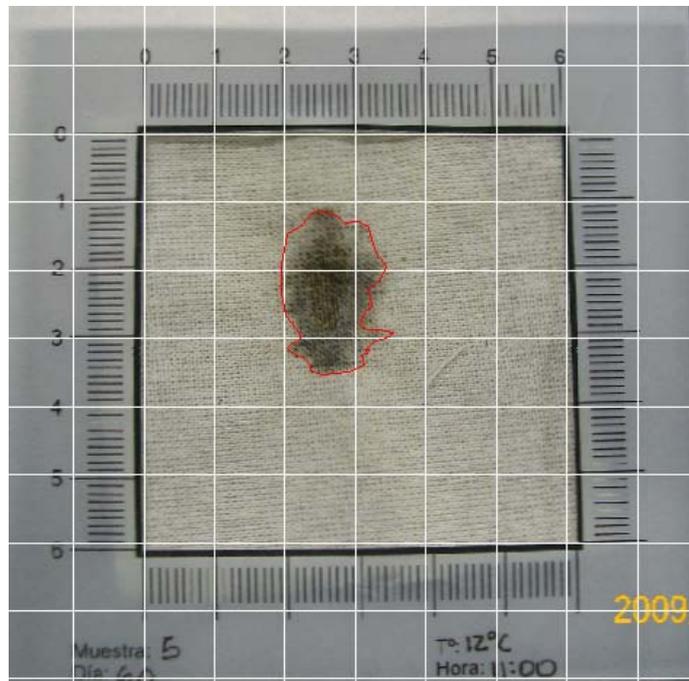


Área Post

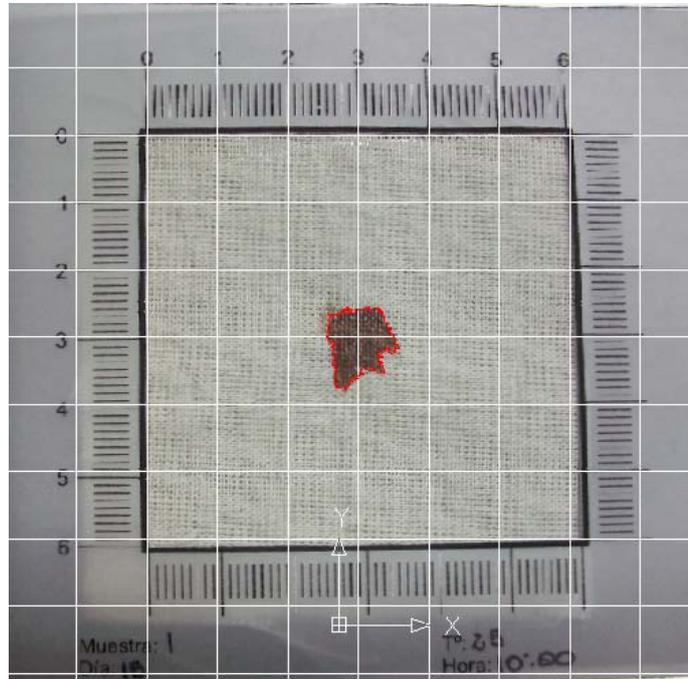
11.20. Muestra 5: Día 60, Temperatura 12°C



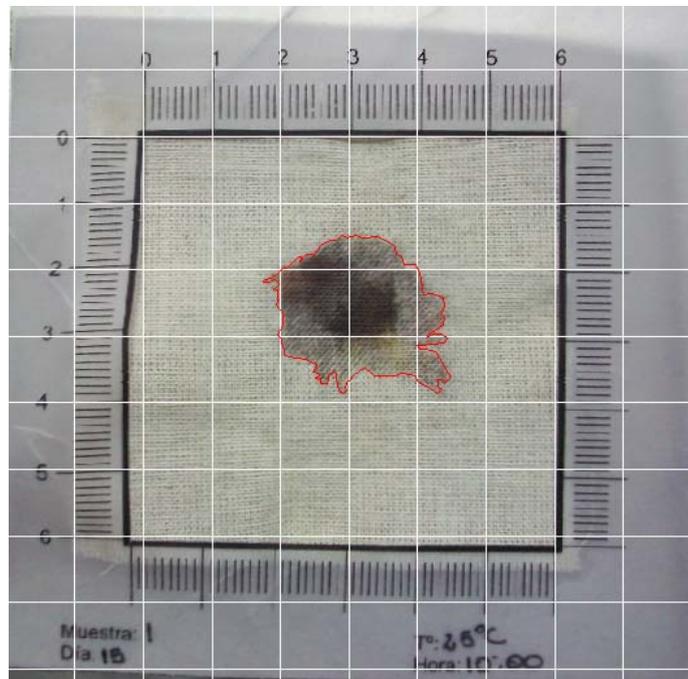
Área Previa



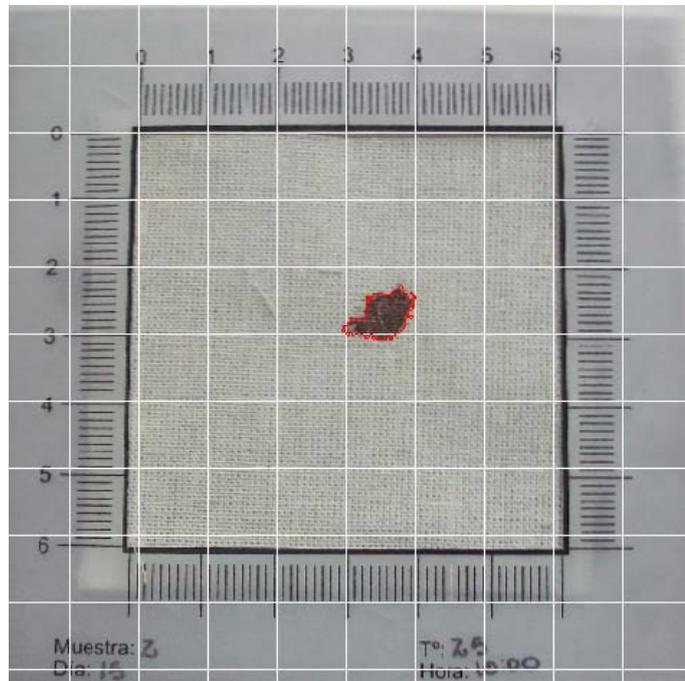
Área Post

**11.21. Muestra 1: Día 15, Temperatura 25°C**

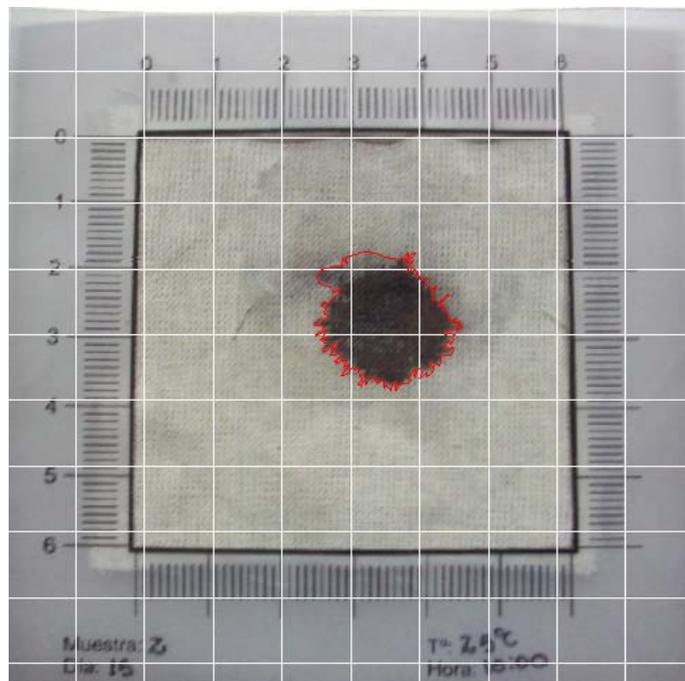
Área Previa



Área Post

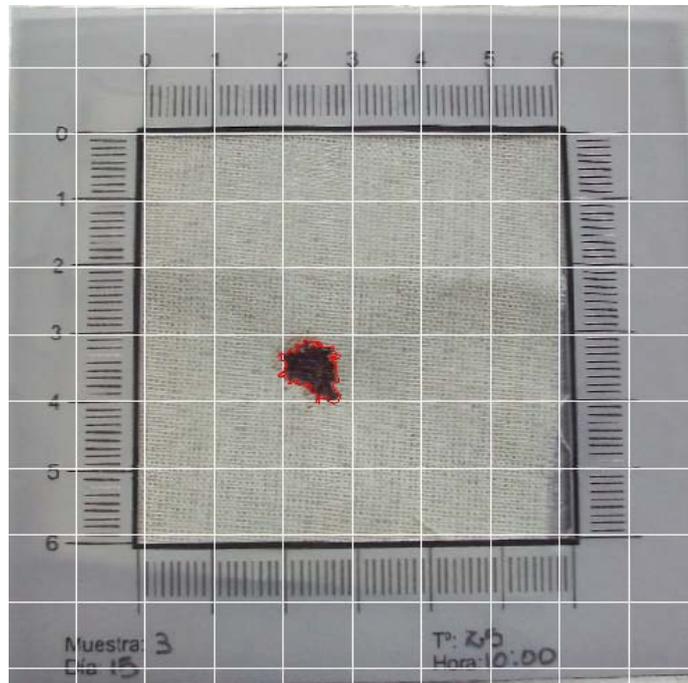
**11.22. Muestra 2: Día 15, Temperatura 25°C**

Área Previa

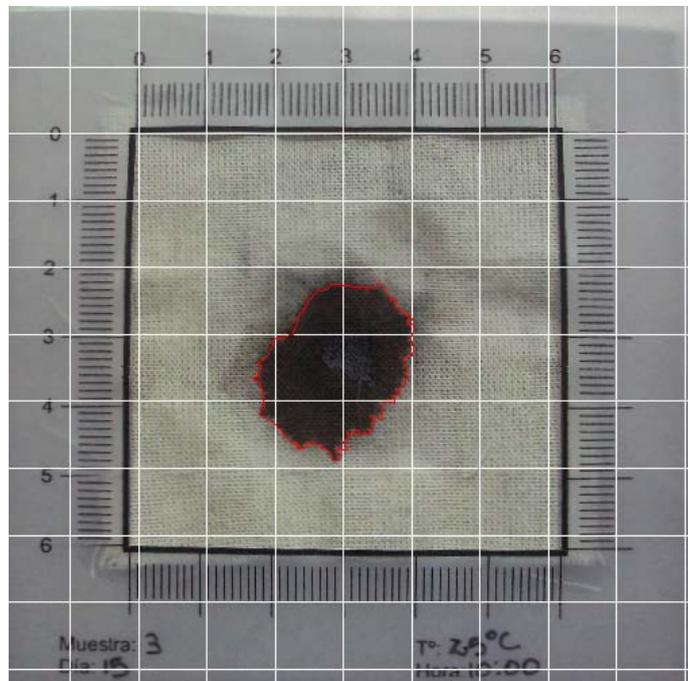


Área Post

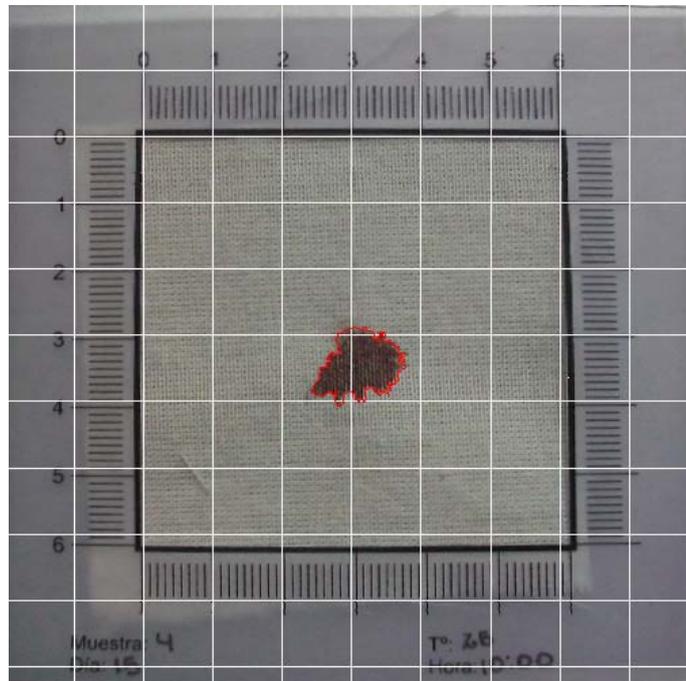
11.23. Muestra 3: Día 15, Temperatura 25°C



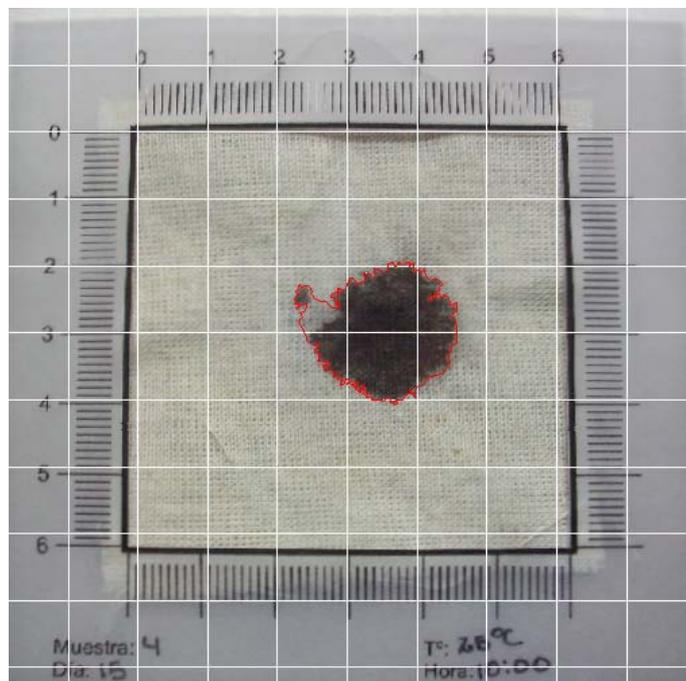
Área Previa



Área Post

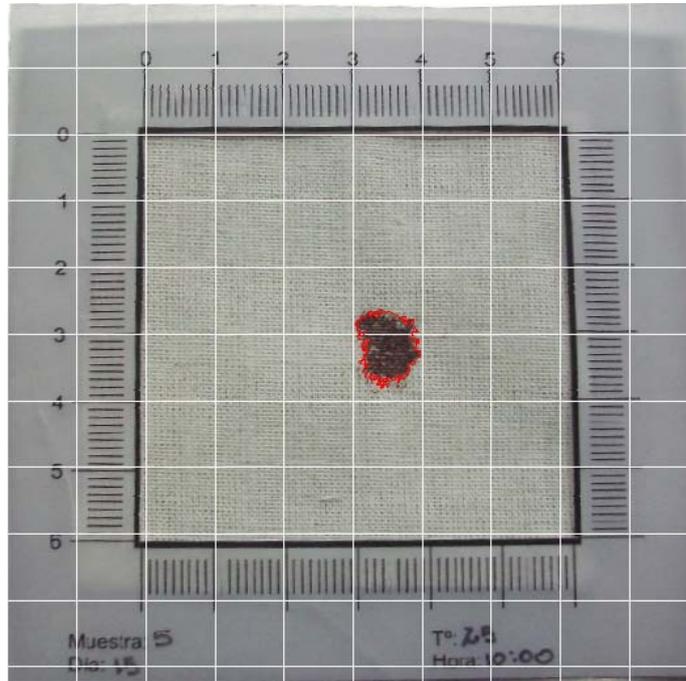
**11.24. Muestra 4: Día 15, Temperatura 25°C**

Área previa

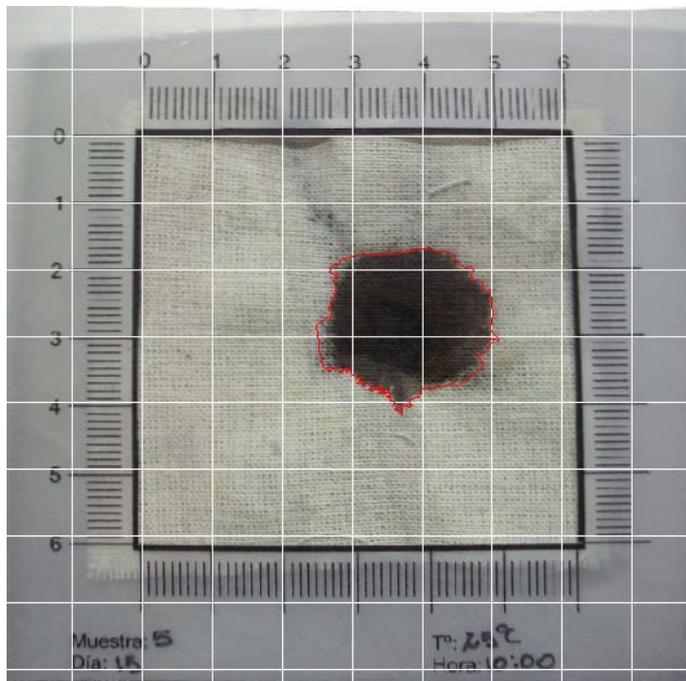


Área Post

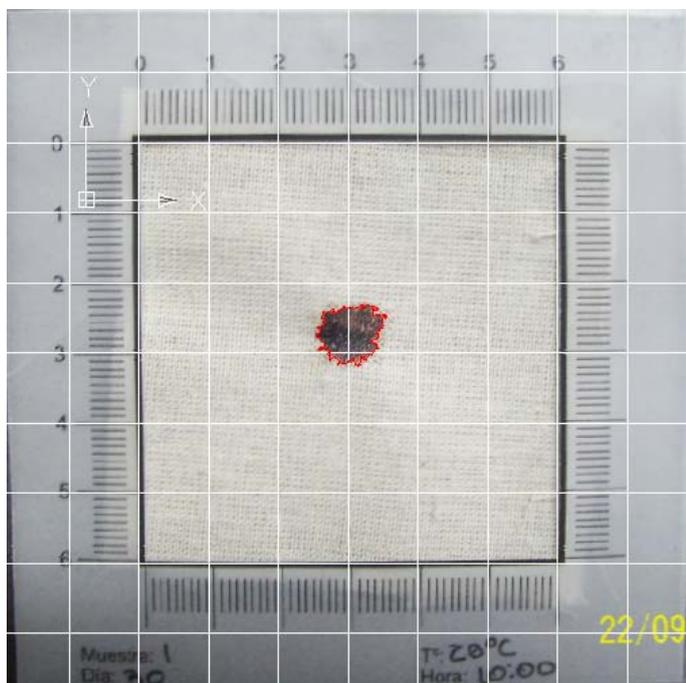
11.25. Muestra 5: Día 15, Temperatura 25°C



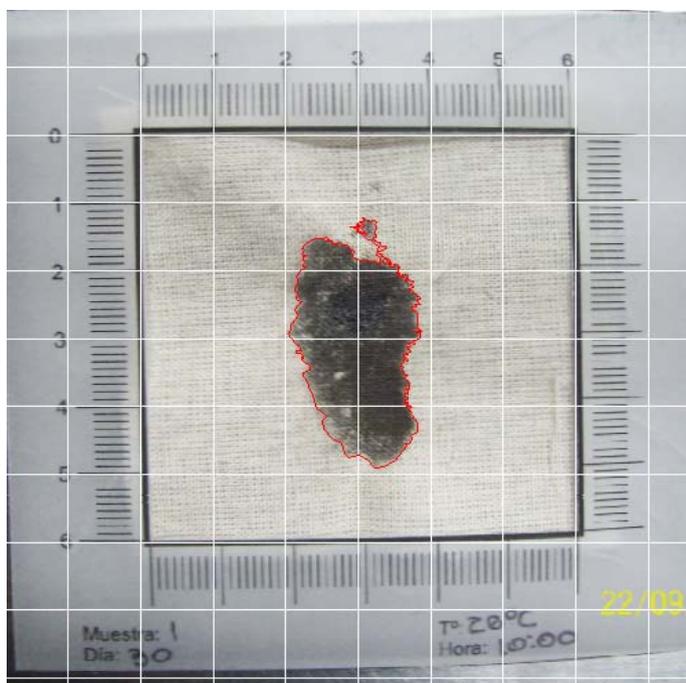
Área Previa



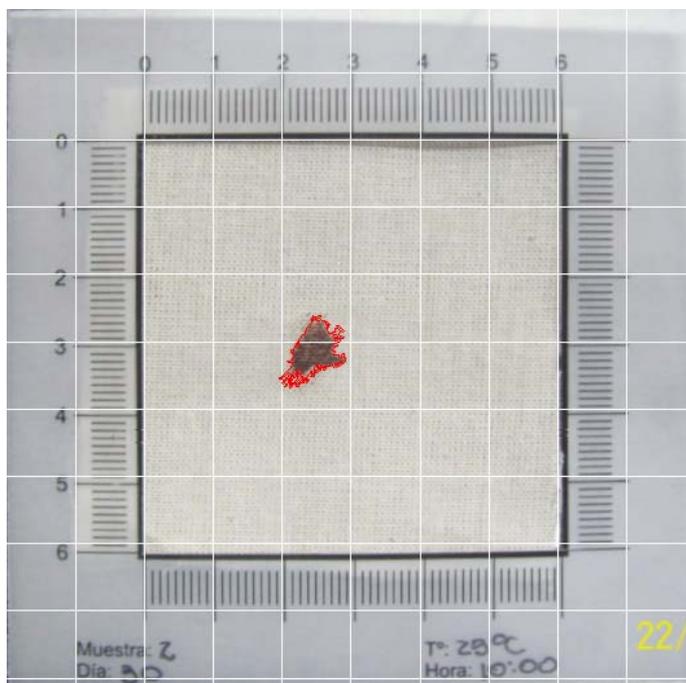
Área Post

**11.26. Muestra 1: Día 30, Temperatura 25°C**

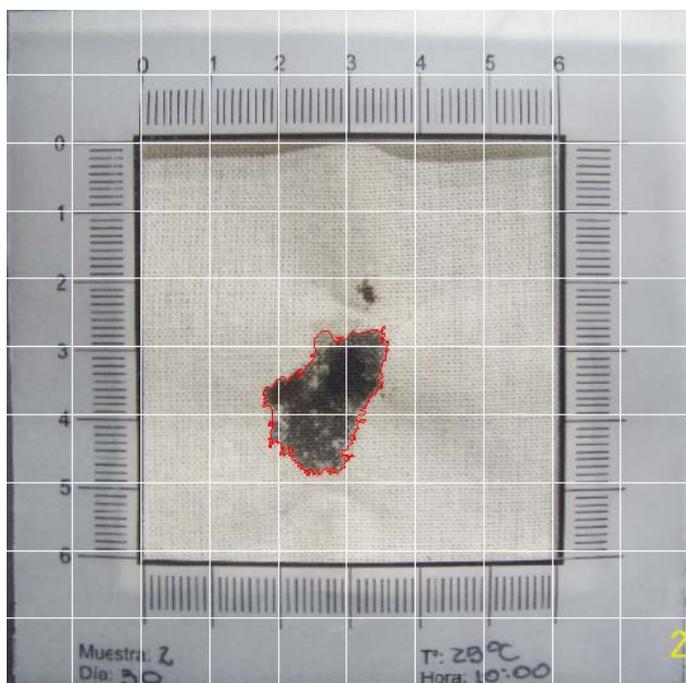
Área Previa



Área Post

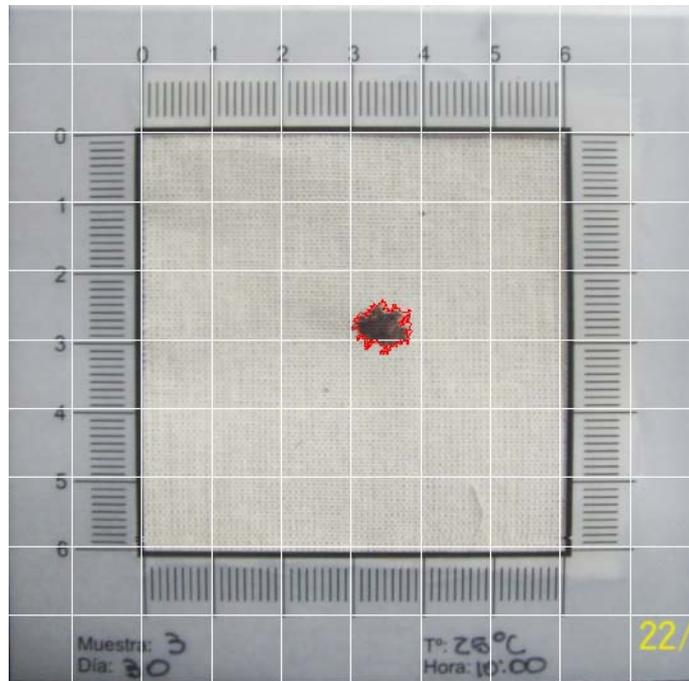
**11.27. Muestra 2: Día 30, Temperatura 25°C**

Área Previa

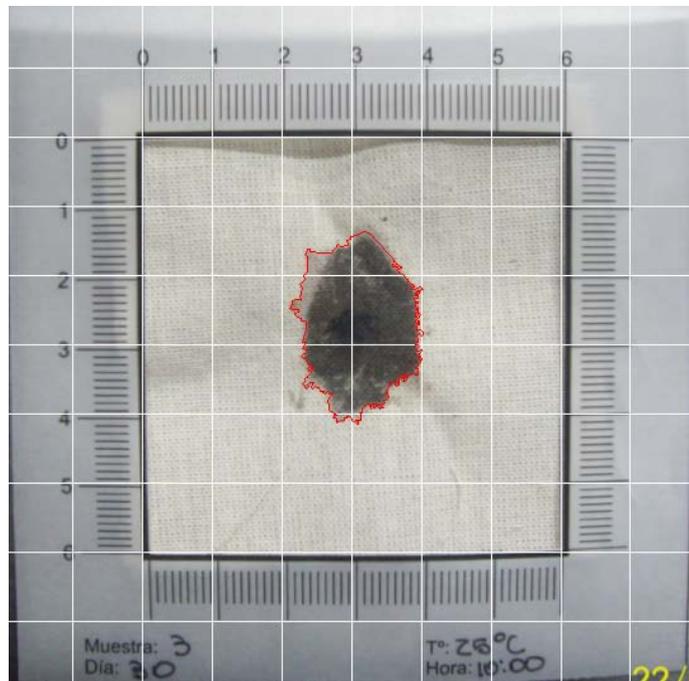


Área Post

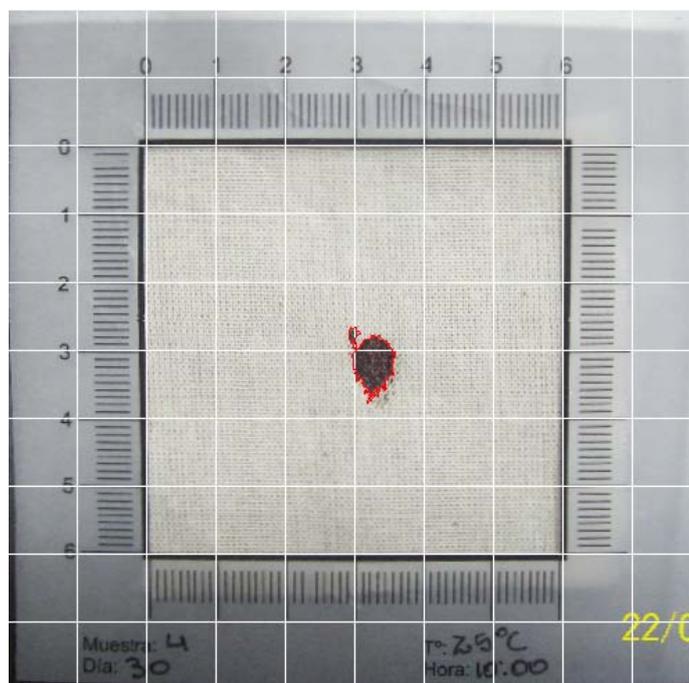
11.28. Muestra 3: Día 30, Temperatura 25°C



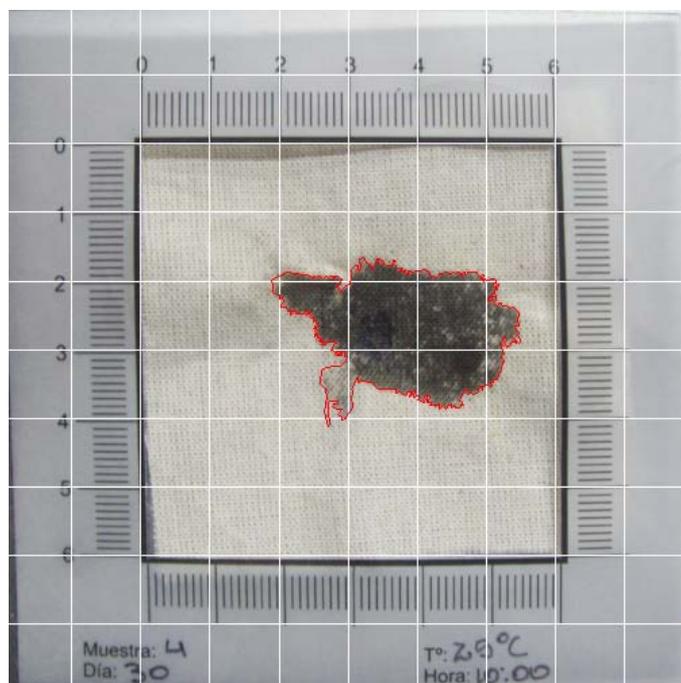
Área Previa



Área Post

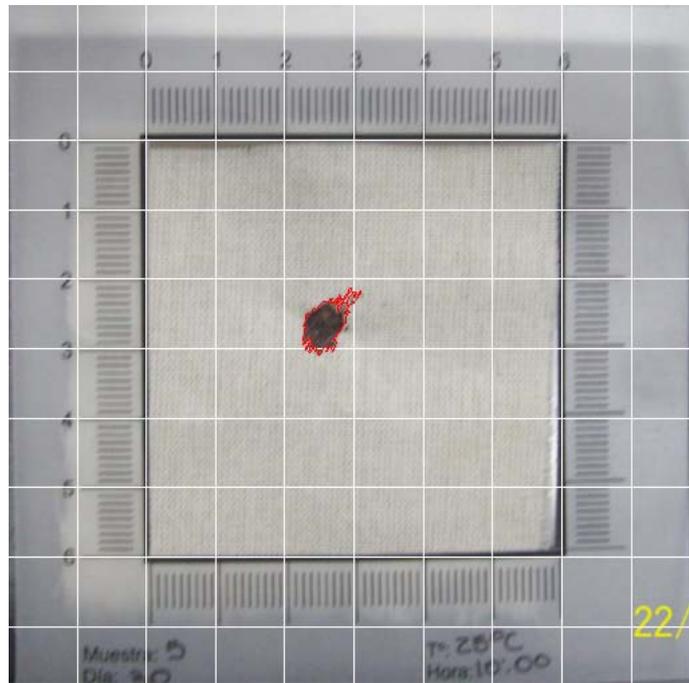
**11.29. Muestra 4: Día 30, Temperatura 25°C**

Área previa

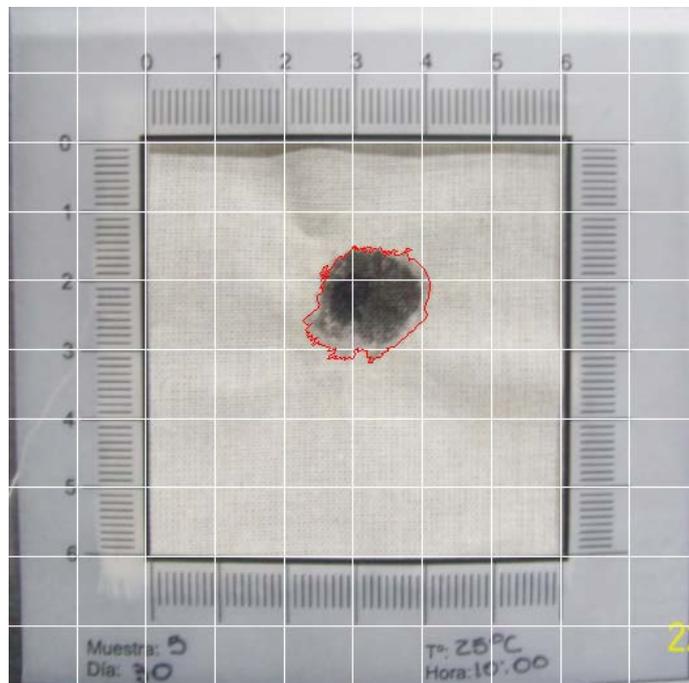


Área Post

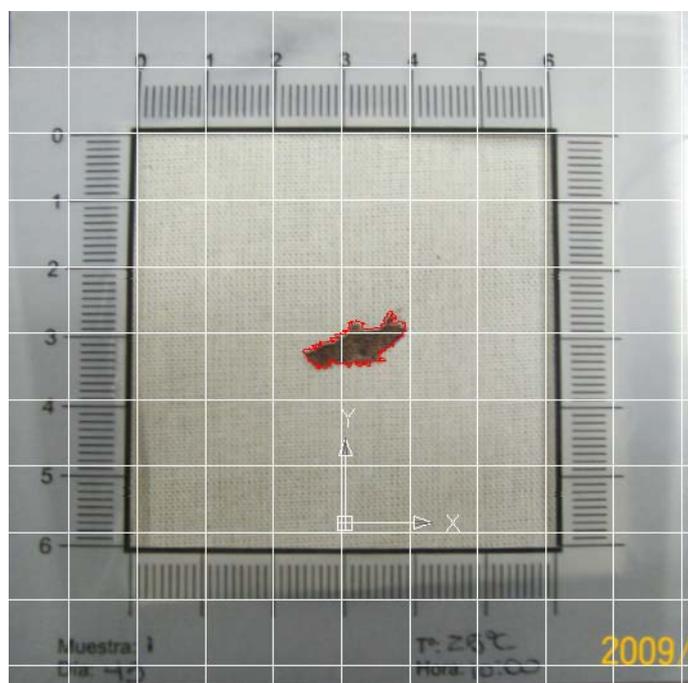
11.30. Muestra 5: Día 45, Temperatura 25°



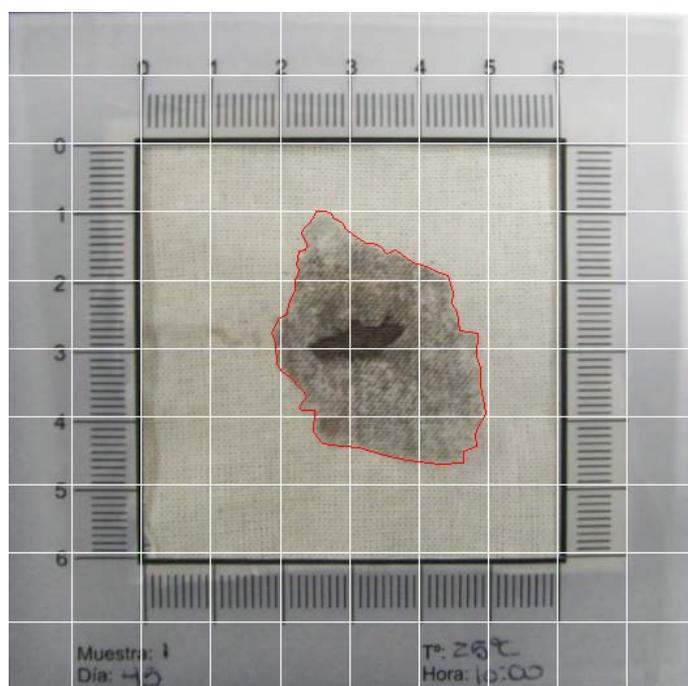
Área Previa



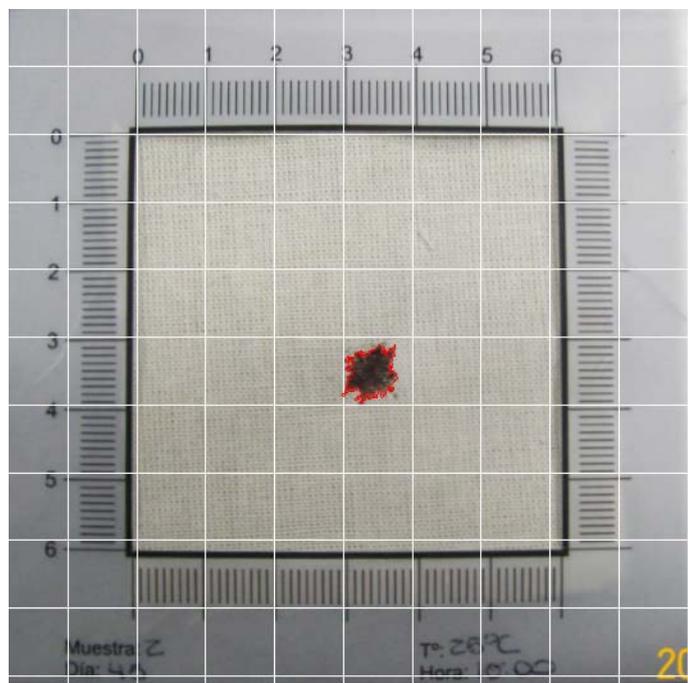
Área Post

**11.31. Muestra 1: Día 45, Temperatura 25°C**

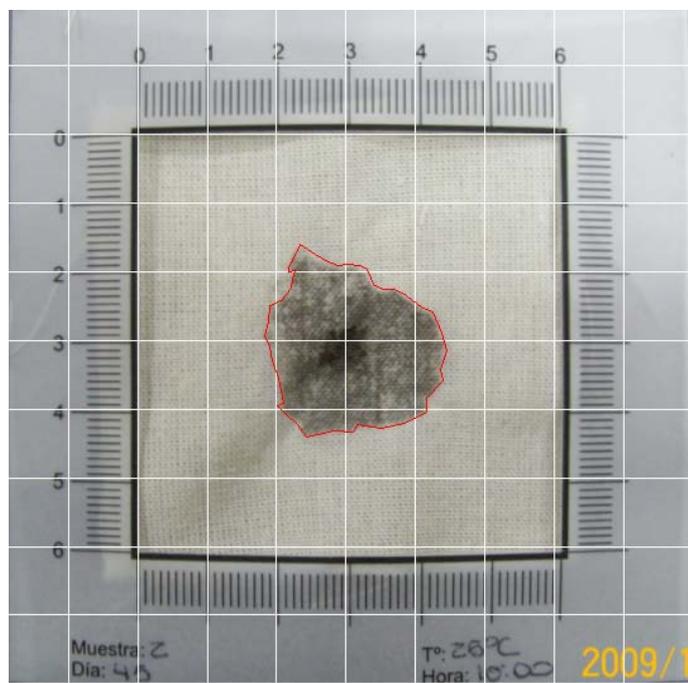
Área Previa



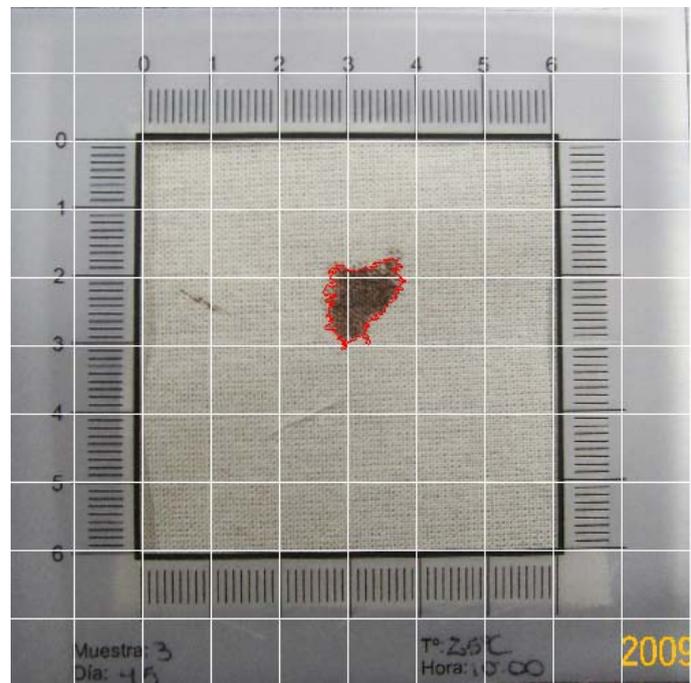
Área Post

**11.32. Muestra 2: Día 45, Temperatura 25°C**

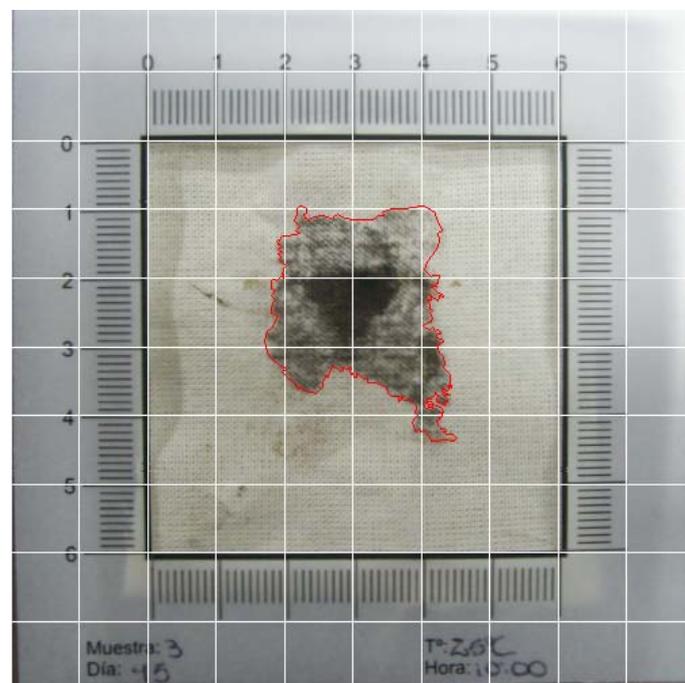
Área Previa



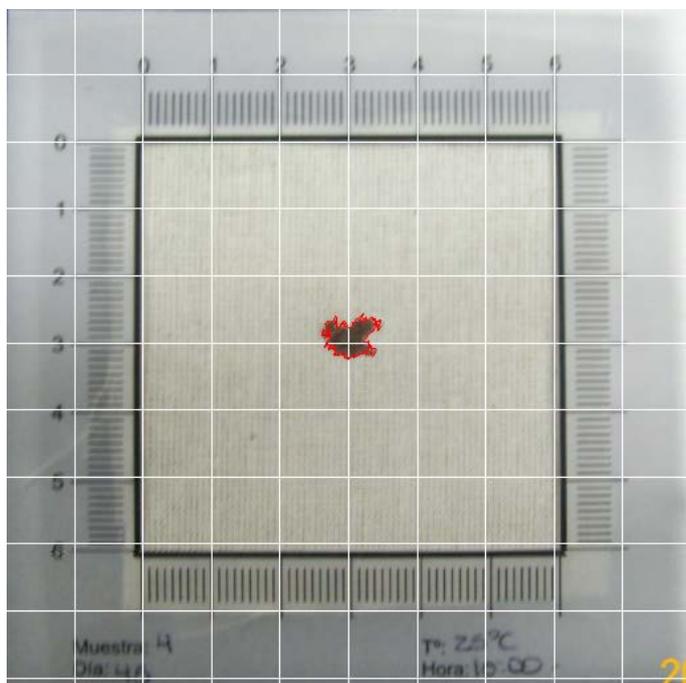
Área Post

**11.33. Muestra 3: Día 45, Temperatura 25°C**

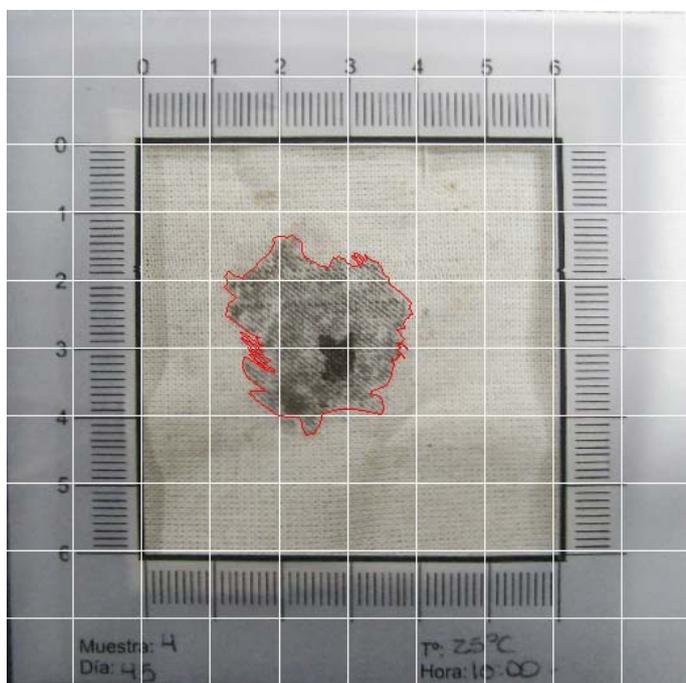
Área Previa



Área Post

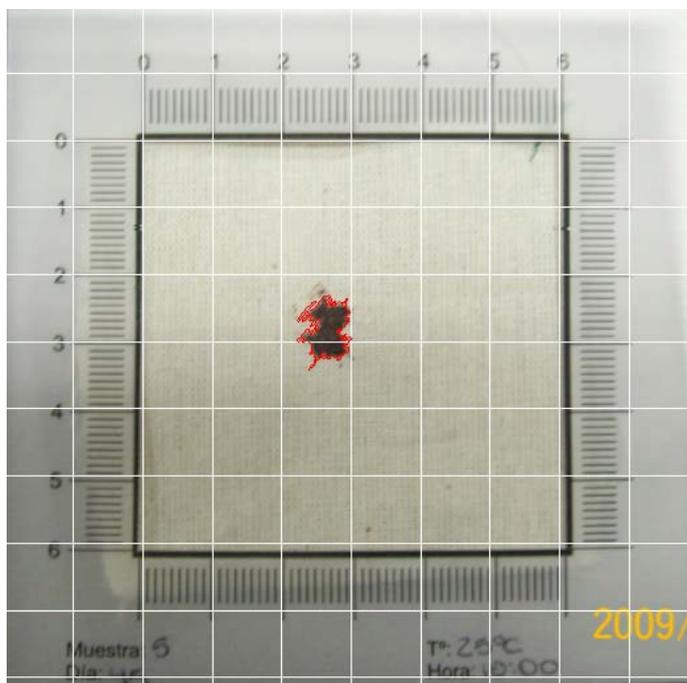
**11.34. Muestra 4: Día 45, Temperatura 25°C**

Área Previa

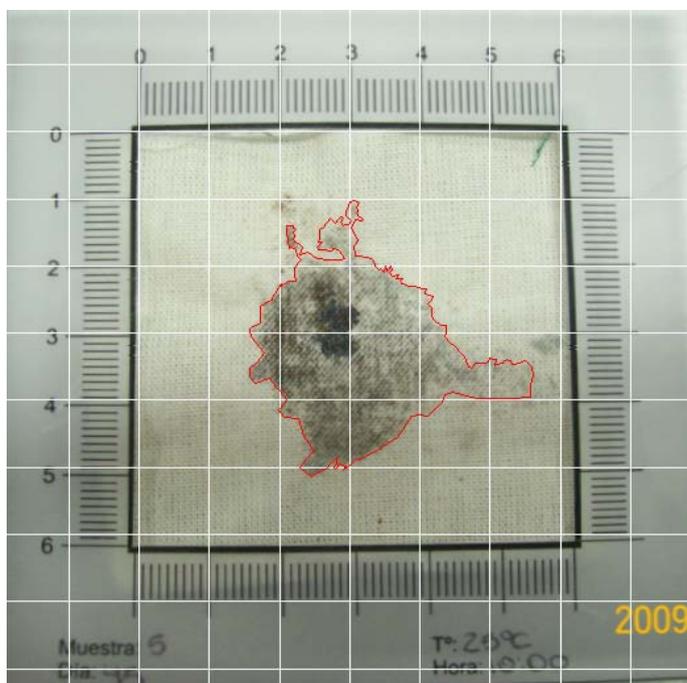


Área Post

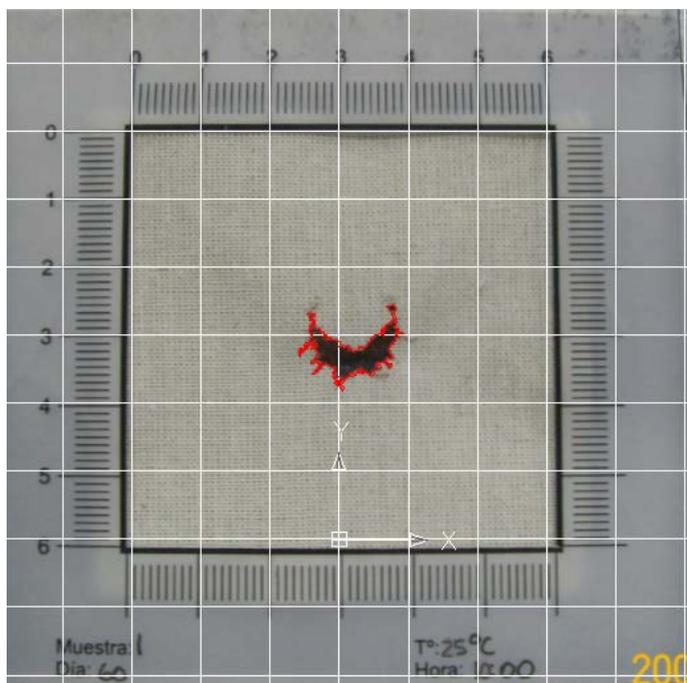
11.35. Muestra 5: Día 45, Temperatura 25°C



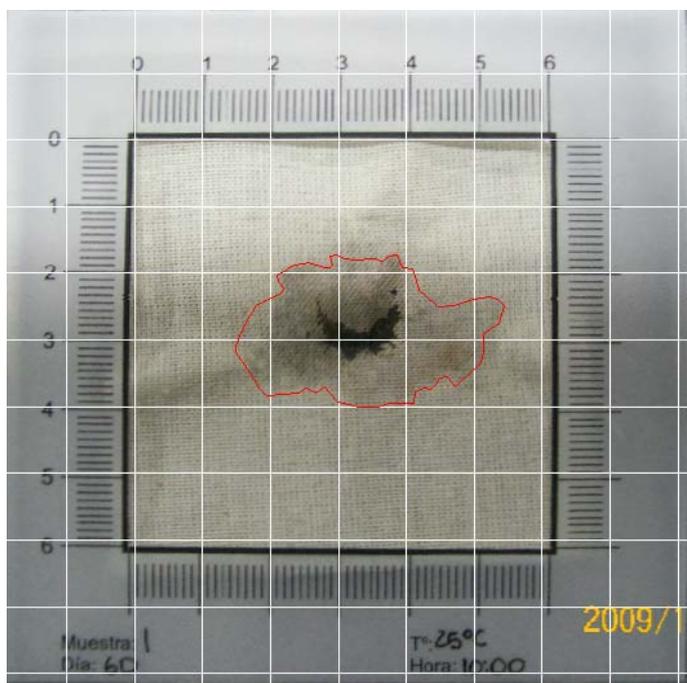
Área Previa



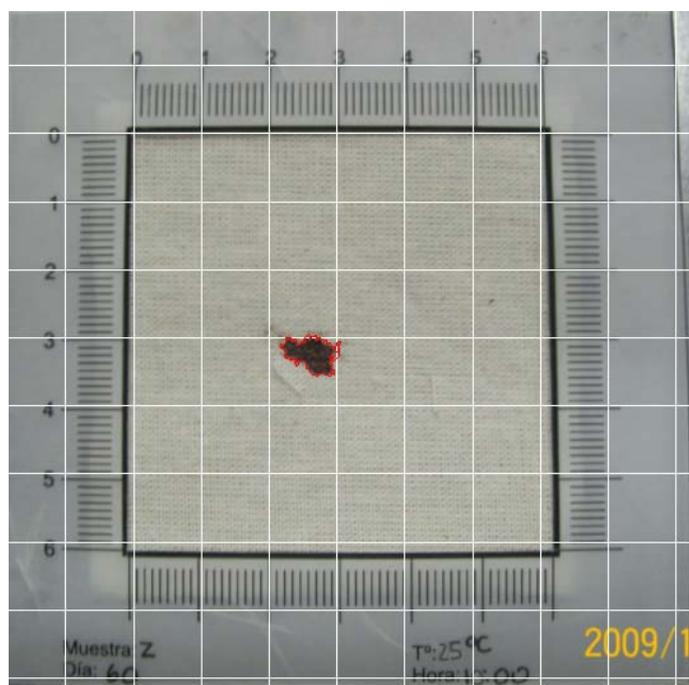
Área Post

**11.36. Muestra 1: Día 60, Temperatura 25°C**

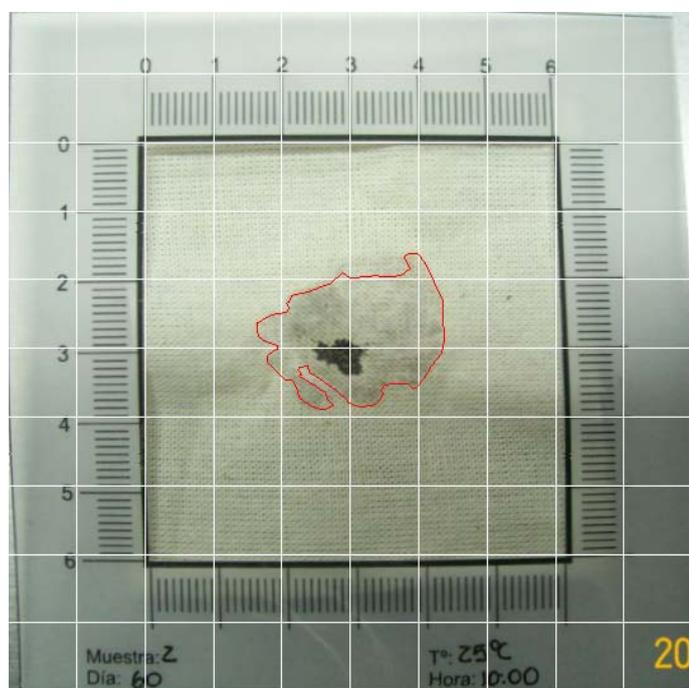
Área Previa



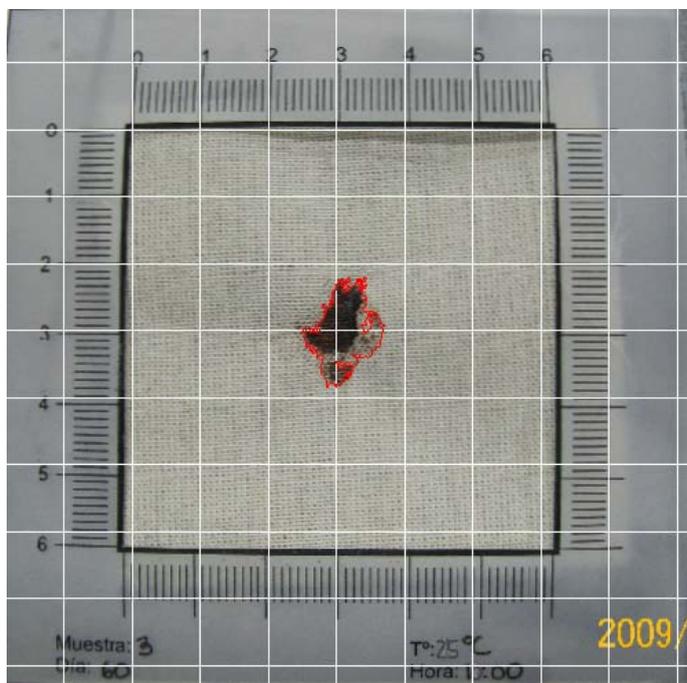
Área Post

**11.37. Muestra 2: Día 60, Temperatura 25°C**

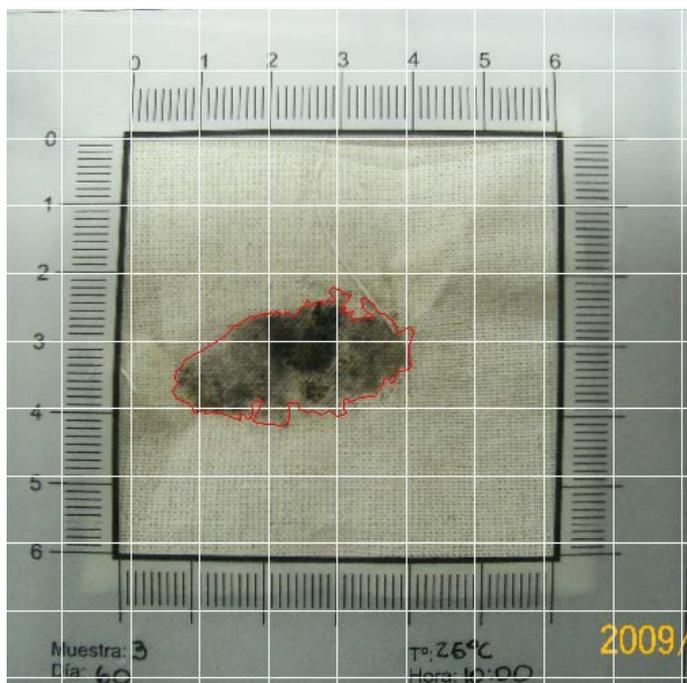
Área Previa



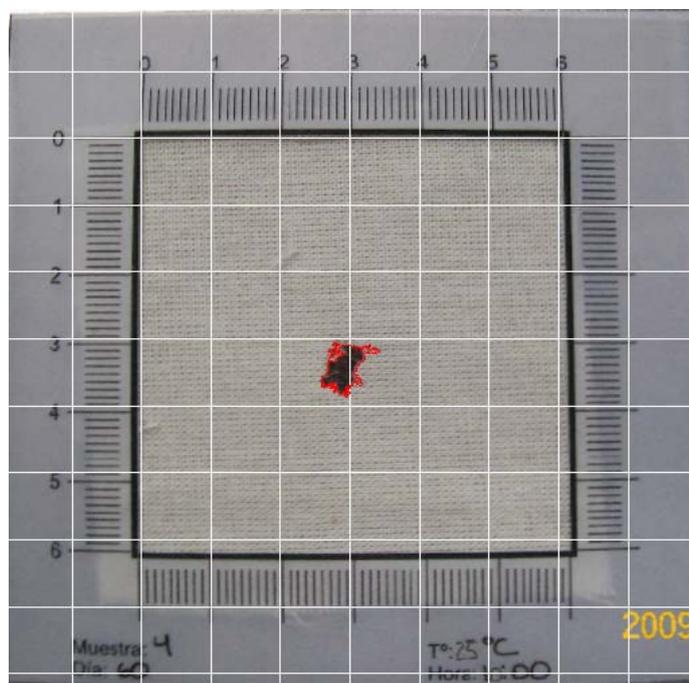
Área Post

**11.38. Muestra 3: Día 60, Temperatura 25°C**

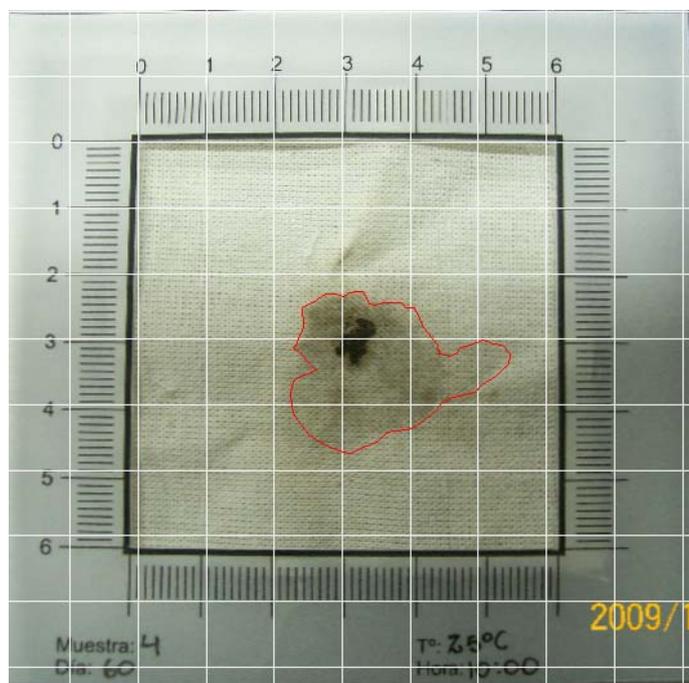
Área Previa



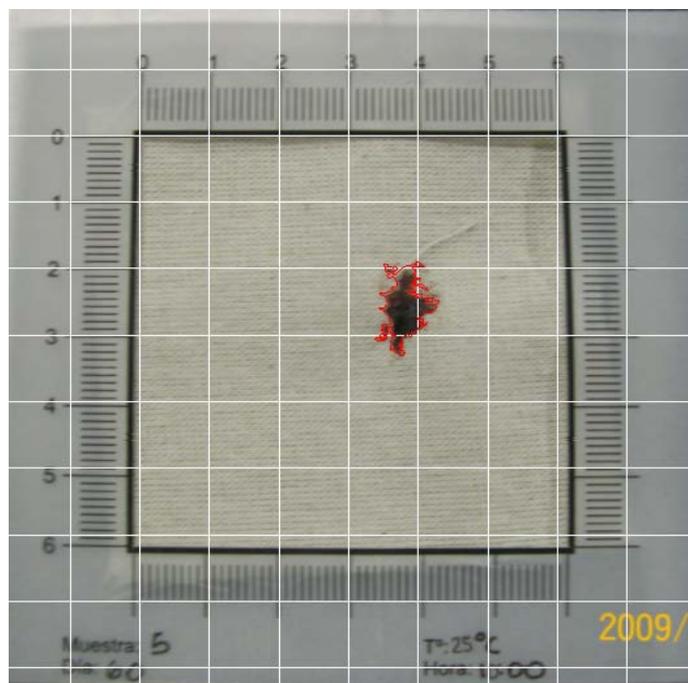
Área Post

**11.39. Muestra 4: Día 60, Temperatura 25°C**

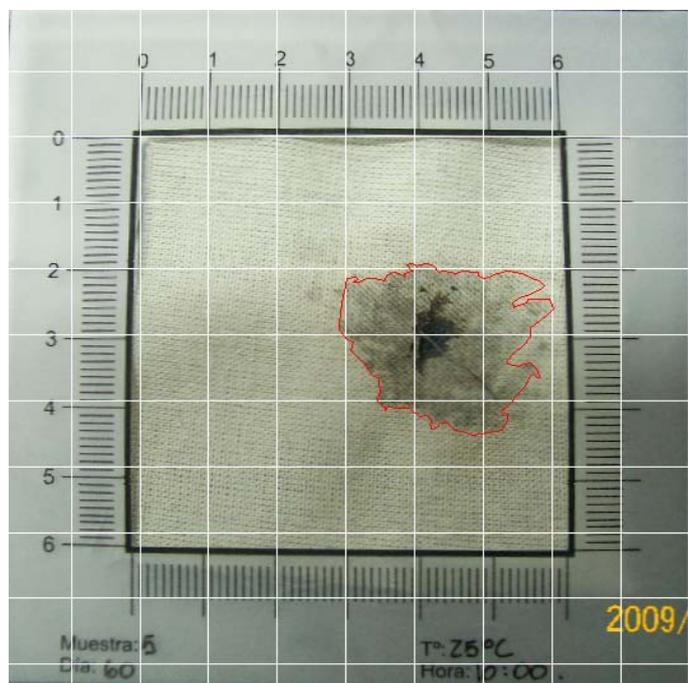
Área previa



Área Post

**11.40. Muestra 5: Día 60, Temperatura 25°C**

Área Previa



Área Post