

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

**CARACTERIZACIÓN Y ELIMINACIÓN DE
COLORANTES RESIDUALES QUE PROVIENEN DE
LAS AGUAS DE LAVADO DE LA INDUSTRIA
TEXTIL QUE TIÑE HILO DE ALGODON**



**Para optar al Título de:
Química Farmacéutica**

Guatemala, noviembre de 2000

DL
06
T(2065)

JUNTA DIRECTIVA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANA: Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta

SECRETARIO: Lic. Oscar Federico Nave Herrera

VOCAL I: Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto

VOCAL II: Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda

VOCAL III: Dr. Federico Adolfo Richter Martínez

VOCAL IV: Br. César Alfredo Flores López

VOCAL V: Br. Manuel Aníbal Leal Gómez

INDICE

1.	RESUMEN.....	01
2.	INTRODUCCION.....	03
3.	ANTECEDENTES.....	04
4.	JUSTIFICACION.....	15
5.	OBJETIVOS.....	16
6.	HIPOTESIS.....	17
7.	MATERIALES Y METODOS.....	18
8.	RESULTADOS.....	22
9.	DISCUSION DE RESULTADOS.....	25
10.	CONCLUSIONES.....	31
11.	RECOMENDACIONES.....	32
12.	REFERENCIAS.....	33
13.	ANEXOS.....	36

AGRADECIMIENTOS

_ Al laboratorio del Departamento de Físico-Química de la Facultad de Ciencias Química y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

_ Al laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

_ A Lic. Carlos Klee, por su asesoría en la elaboración de esta investigación.

_ A mi esposa, por la comprensión y ayuda que me brindó en todo momento.

_ Al Ing. Roderico Estrada, Ing. Xenón, Lic. Santa Cruz, Kariño Morales, Werner García y Moises Dubón, por su colaboración incondicional.

_ A todas las personas que colaboraron en la realización de la presente investigación, así como en mi formación profesional y humana.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO: Porque gracias a su amor y misericordia he logrado terminar mi carrera.

A MI PADRE: Salvador de Jesus Estrada Garcia (QEPD) por ser ejemplo para mi vida y que en todo momento me apoyó y aunque ahora no está físicamente sus consejos sabios viven y vivirán para siempre. TE EXTRAÑO.

A MI MADRE: Gabriela de Jesus Muy de Estrada. Una amiga, porque siempre me inspiró un ejemplo de lucha y templanza para sobrevivir y lograr mis metas. Gracias por ser como eres mamá.

A MI ESPOSO: Obdulio Gonzalez . Con todo mi amor , para que juntos logremos nuestros triunfos y metas, TE AMO.

A MI HIJA Sheyla María, Con ternura, como un estímulo para triunfar en la vida y porque es la estrella que ha iluminado mi existencia.

A MIS HERMANOS:

Ruty, Salvador, Hugo, Rosa, Marco, Iris, Roderico, Eva, Francisco, Rudy y Brenda. Porque siempre estuvieron a mi lado en los momentos más difíciles.

A MIS ABUELOS:

Por ser la raíz de mi existencia

A MIS SOBRINOS:

Con todo mi amor

A MIS CUÑADOS:

En especial a Joge Salazar .Con cariño y agradecimiento a su ayuda incondicional.

**AL 1er. TATARANIETO
DE LA FAMILIA**

Con mucha ternura y alegría

**A LA FAMILIA
GONZALEZ GOMEZ:**

Agradecimientos sinceros por haberme brindado su apoyo en momentos difíciles en especial a Doña Maximina .

A MIS AMIGOS:

Virna, Cristy, Lili, Teresita, Mirza, Camen, María, Amalia, Karla, Jesy, Caty, Ligia, Juan Carlos, Lims, con cariño porque con su presencia llenaron parte importante de mi vida.

A:

Licda. Marielena Ponce, Licda. Raquel Perez, Lic. Rolando Lopez, Lic. Luis Girón, Licda. Beatriz de Gimenes, Licda. Eugenia Dominguez., Licda. Eleonora Gaytan , gracias por su amistad y porque siempre serán un gran ejemplo y un estímulo para superarme profesionalmente.

A LA MUJER:

MUJER FUISTI CREADA DEL COSTADO DEL HOMBRE ,“NO” DE SU CABEZA PARA SER SUPERADA , NI DE SUS PIES PARA PISOTEARLA , SINO DEBAJO DE SU BRAZO PARA SER PROTEGIDA Y MUY CERCA DE SU CORAZON PARA SER “AMADA” ..

1. RESUMEN

Mediante la presente investigación se evaluó el impacto de contaminación ambiental que provocan al sistema hídrico, las industrias que trabajan en el proceso de tinción de los hilos de algodón en Guatemala. En dicho trabajo se propone un diseño de tratamiento fisicoquímico que permita alcanzar una clarificación efectiva del agua residual y además confirmar si en el país se utilizan colorantes tipo azoico, los cuales son objetados en países principalmente europeos, ya que dichos colorantes constituyen una amenaza a la salud, sobre todo los subproductos que corresponden a aminas cancerígenas, las cuales se producen por reacciones de hidrólisis de dichos colorantes.

Inicialmente se estableció el grado de contaminación del agua de desecho con base a parámetros fisicoquímicos que determina la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), estos son: Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O), pH, Turbiedad y Materia Orgánica. Con base a los resultados analíticos se procedió a la clarificación del agua de desecho, esta se efectuó mediante el siguiente proceso: oxidación con NaOCl , coagulación con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$, sedimentación, por último filtración a través de carbón activado y arena silicia (arena pomex). Para evaluar la eficiencia de dicho tratamiento, se compararon los parámetros fisicoquímicos establecidos por CONAMA para las aguas no tratadas y las que se trataron previamente.

Respecto a la constitución química de los colorantes se estableció la presencia del cromóforo $-\text{N}=\text{N}-$ mediante análisis infrarrojo en diez colorantes utilizados por dicha industria.

Referente al mecanismo fisicoquímico de eliminación de los colorantes presentes en las aguas residuales que provinieron de las aguas de lavado, los resultados obtenidos de las aguas sin tratamiento demuestran la carga de contaminación que este tipo de industria provoca al cuerpo de agua, ya que los parámetros evaluados sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Con relación al tratamiento efectuado a dichas aguas para su clarificación, se obtuvieron resultados finales satisfactorios, ya que el resultado fue agua clara con características fisicoquímicas tolerables. Es importante señalar que no es posible establecer un procedimiento general de tratamiento fisicoquímico, como se comprueba en los resultados, ya que las aguas residuales tratadas presentan características individuales; por lo que es recomendable establecer para cada agua residual un tratamiento particular o específico.

Para establecer la eficiencia del método de purificación se compararon los parámetros de demanda química de oxígeno, color, pH, turbiedad y materia orgánica de las muestras de agua sin tratar en relación con las que se sometieron a previo tratamiento.

Respecto a la caracterización del grupo azo se confirma que en el país existe venta y uso de colorantes azoicos, ya que de diez colorantes analizados que comunmente son utilizados industrialmente, siete corresponden a colorantes azoicos.

Un aspecto importante y que debe mencionarse es la escasa colaboración por parte de los propietarios de las diferentes industrias textiles que operan en el país, para proporcionar muestras de agua residual, lo cual se origina principalmente por el temor que existe en ellos de que instituciones ambientalistas y de salud los sancionen legalmente por la contaminación que concientemente provocan al sistema hídrico en forma general. Por esta razón la recolección de muestras fue sumamente difícil, por lo cual únicamente se trabajó con tres muestras, dos procedentes de la Ciudad Capital y una de Huehuetenango en la región occidental.

2. INTRODUCCION

En la mayoría de los países en vías de desarrollo el avance tecnológico de la industria es lenta y gradual, lo que permite que algún sector de la misma conserve sus procesos de producción a nivel manufacturero o artesanal.

La industria textil de teñido de hilo en Guatemala, es un ejemplo de industria cuyo adelanto tecnológico es lento, en donde aun se conserva un buen porcentaje del proceso de teñido a nivel artesanal. Este poco desarrollo conlleva a insignificantes cambios en la infraestructura en general, situación que se hace evidente en la poca atención que se brinda a la eliminación y tratamiento de las aguas de desecho, que constituyen una fuente de contaminación de los diferentes cuerpos de agua.

Si se considera lo anterior, es importante mencionar que el mayor grado de contaminación de una Industria Textil lo provoca la descarga de colorantes en sus efluentes, ya que la mayoría de estas industrias no cuentan con una planta de tratamiento. Estudios científicos en algunos países europeos demuestran que "algunos" colorantes azoicos, en condiciones determinadas al entrar en contacto con la piel, sudor, saliva, orina o cualquier medio acuoso, pueden producir por reacciones químicas y enzimáticas en organismos vivos aminas cancerígenas (ver anexo No.5), esto promovió la necesidad de establecer un reglamento sobre la prohibición del uso y consumo de estos colorantes.

Mediante este estudio, se determinó la presencia o ausencia de compuestos azoicos en algunos colorantes que se utilizan en diferentes industrias textiles que tiñen hilo de algodón, dicha determinación se efectuó por análisis espectrofotométrico infrarrojo, así mismo, se establecieron los niveles de contaminación y el proceso de eliminación de sus aguas residuales.

La investigación incluyó: a) Análisis espectrofotométrico infrarrojo para determinar el tipo de colorante. b) Evaluación del grado de contaminación del agua mediante los siguientes ensayos: demanda química de oxígeno, color, pH, turbiedad y materia orgánica y c) Depuración de las aguas residuales por medios físicos (fenómenos de adsorción y sedimentación) y químicos (agentes oxidantes).

El presente estudio constituye una base científica, que evidencia el grado de contaminación provocado, además se pretende contribuir con la resolución de este problema, ya que se plantea un mecanismo de eliminación de los diferentes colorantes residuales que genera la industria textil en Guatemala.

3. ANTECEDENTES

3.1. FUNDAMENTOS TEORICOS

3.1.1. PROCESAMIENTO DEL ALGODON:

Los tres pasos básicos en el procesamiento del algodón son: hilado, tejido y acabado. El hilado y tejido del algodón son procesos secos. El material extraño se remueve del algodón bruto, por apertura y limpieza, lanzado, cargado y peinado. Las fibras individuales se juntan, enderezan, hilan y se arrollan en bobinas.

Para mejorar la fuerza y la textura del hilo (urdidumbre), se pasa a través de una solución de almidón, acetato de polivinilo (APV) y carboximetil celulosa (CMC) que controla la abrasión y reduce la fricción. El hilo se teje en un paño conocido como género crudo, y se envía a la planta de acabado para procesarlo hasta hacer productos comerciales.

El proceso de acabado del hilo, húmedo en su mayor parte, consiste en lo siguiente:

Chamuscado: El hilo se pasa entre placas o rodillos calentados o a través de una flama abierta de gas para quemar las fibras sueltas.

Desaprestado: El almidón se solubiliza por enzimas o por ácido, remojando de 3-12 horas. Después se enjuaga el hilo con agua limpia y se procesa a través de un baño cáustico.

Restregado Cáustico: El hilo crudo se trata para quitarle la cera de algodón, la tierra y la grasa. El hilo de algodón se satura con sosa cáustica, ceniza de sosa, jabón de aceite de pino y agentes tensioactivo, y se coloca en un baño de vapor durante una hora. Finalmente, el hilo se enjuaga. Esto desarrolla una fibra amarilla y absorbente de celulosa pura.

Blanqueado: Este proceso consiste en la aplicación de una mezcla de peróxido, hipoclorito o cloro, con silicato de sodio y soda cáustica, son aplicados como blanqueadores, en el cual el hilo pasa a una cámara de vapor durante una hora. El hilo blanqueado se enjuaga con agua y se almacena para ser procesada después.

Mercerizado: el hilo blanqueado puede mercerizarse para hinchar la fibra, esto mejora el lustre, la afinidad por el tinte y la fuerza. En el mercerizado, el hilo se pasa por una solución de sosa cáustica (20-25% de NaOH) mientras se mantiene bajo tensión; después se pasa por un enjuague con agua, por un baño ácido y por un lavado final con agua.

Teñido: Se utilizan productos químicos diferentes para el teñido:

- a. Colorantes directos: se aplican directamente al hilo.
- b. Colorantes de tina y colorantes sulfurosos: se aplican al hilo en un estado reducido y después se oxidan.
- c. Colorantes de naftol: se aplican al hilo y se revelan con un agente químico secundario.
- d. Colorante negro de anilina: se oxida en el hilo por aire o por vapor.

Estampado: en este proceso se aplica a la tela un patrón colorido o un dibujo. Los colores se fijan por vaporización u otro tratamiento.

Acabado Final: en este proceso se aplica el apresto que consiste en almidón con resina que impermeabiliza y disminuye la capacidad de combustión y preencogido del hilo.(1, 4).

3.1.2. PROPIEDADES QUE LOS COMPRADORES DE COLORANTES BUSCAN:

Las principales propiedades que los compradores de colorantes buscan son: color, existencia a la luz y adherencia al sustrato para que el color no se desvanezca, se desgaste o se extraiga por lavado. También es importante el nivelado del colorante (la uniformidad del color en una mayor área); se busca facilidad de aplicación, lo mismo que compatibilidad con otros colorantes. El colorante no debe dañar la fibra. El tintorero por lo general para lograr un tono en particular mezcla los colorantes o los adquiere ya mezclados en el mercado. El procedimiento normal es usar una mezcla de tres colorantes; una mezcla de más de tres colorantes rara vez se utiliza. (2)

3.1.2.1. COLOR:

Las sustancias coloridas son las que absorben luz en la región visible del espectro, (380nm (violeta) a 750 nm (rojo)). Una sustancia tendrá el color complementario del que absorbe ya que este color se resta de la luz reflejada o transmitida. Así un colorante que absorbe la luz azul conferirá un color amarillo; otro que absorbe el amarillo tendrá color azul. Las sustancias que no absorben la luz visible son blancas o incoloras mientras que las que absorben todas las longitudes de onda son negras.

La brillantez en color se relaciona con la definición de la banda de absorción. Las bandas angostas con picos agudos producen colores brillantes mientras que las bandas anchas y difusas dan lugar a colores opacos del tipo que se usa en trajes para hombre. (2, 10)

3.1.2.2. FIRMEZA DE LOS COLORANTES:

La firmeza o resistencia a la luz es un requisito importante para los colorantes. La clase de colorantes azo, muy grande e importante, es susceptible a la degradación fotoquímica debido a la

ruptura del enlace N=N. Un colorante no sólo debe ser firme o resistente a la luz, sino también al lavado y a la abrasión. (2, 4).

3.1.2.3 COLORANTES

Un colorante es un compuesto que al aplicarse a un sustrato (casi siempre a una fibra textil) le confiere un color más o menos permanente. Los colorantes en general son solubles en el medio en el que se aplican o en el producto final.

Los colorantes pueden ser de origen natural y artificial. Existen colorantes que tiñen por sí mismos y estos reciben el nombre de colorantes sustantivos, tienen una afinidad natural por sí mismas, necesitan de un vehículo intermedio denominado mordiente que puede ser sustancia química, natural o sintética, este permite que el colorante se fije a la fibra en forma permanente.

3.1.2.3.1. Origen de los Colorantes Naturales:

a) Colorante de Origen Natural:

- **Colorantes de Origen Animal:** Cochinilla (*Coccinus*), insecto hemiptero originario de México, de él se obtiene el color rojo (grana); Quermes (*Cocas*), insecto hemíptero proporciona color rojo a carmesí; *Coccus oleace*, insecto que crece en los olivares y proporciona el color rojo; *Coccus ficus caricae*, insecto que crecía en las higueras el cual daba un color rojo.

- **Colorantes de Origen Vegetal:** Rubia, planta herbácea de la familia rubiácea obtiene el color rojo; Achiote (*Bixa orellana*) proporciona color naranja; Cebolla (*Allium cepa*), familia liliáceas proporciona color naranja oscuro; Curcuma (*C. longa*) proporciona color dorado; Henna (*Lawsonia inermis*) proporciona color marrón dorado; Maíz (*Zea mays*) proporciona color marrón dorado. (10)

3.1.2.3.2. Origen de los Colorantes Artificiales:

Es una sustancia química capaz de colorear ciertos sustratos el cual depende de su constitución química. Están formados de un conjunto de anillos instaurados que tienen grupos sustituyentes conocidos como auxocromos, estos anillos están unidos por un grupo de átomos llamados cromóforos, esta combinación hace que estas moléculas puedan impartir color al sustrato. La destrucción del cromóforo destruye el colorante. Existe un número considerable de grupos cromóforos, por lo que los colorantes se pueden clasificar de acuerdo a su grupo cromóforo.(10)

3.1.2.3.2.1. FABRICACION DE LOS COLORANTES ARTIFICIALES

Los colorantes se fabrican mediante un proceso que incluye reactores, columnas de destilación y otros equipos, se relacionan en su diseño con los aparatos que utilizan en pequeña escala. La producción de colorantes en Estados Unidos en el año de 1977, analizada no por clase de aplicación sino de acuerdo con su clasificación química, consistió en el siguiente orden descendente: colorantes azo los más importantes, seguidos por las antraquinonas, los derivados del estilbena, los indigoides y los colorantes del trifenilmetano, además de varias otras clasificaciones químicas, ninguna de las cuales abarca más del 2% de la producción.(2)

Colorantes AZO:

Los colorantes azo son la clase más amplia e importante que corresponde aproximadamente a un tercio de la producción de los Estados Unidos, por peso. Su versatilidad es tal que existen casi para todo tipo de aplicación y en todos los colores. Se caracterizan por el cromóforo $-N=N-$, que en ciertos casos puede existir en la forma tautomérica $-NH-N=$. Los compuestos que tienen un solo grupo azo se conocen como colorantes monoazoicos, los que tienen dos son diazoicos, con tres, triazo, etc.

Este tipo de colorante se prepara a partir de aminas aromáticas primarias por una secuencia de procesos conocidos como diazociación y copulación. Cuando estas aminas reaccionan con ácido nitroso en solución ácida fría forman una sal de diazonio. La sal de diazonio puede unirse con componentes adecuados, típicamente fenoles y naftoles, aminas aromáticas y sus derivados, acetoacetarilaminas y pirazol-5-onas sustituidas. Ejemplos de colorantes azo: Amarillo FD & C 6, Rojo Directo 81, Amarillo Disperso 3. (2)

Colorantes derivados de ANTRAQUINONA:

Los colorantes de antraquinona son una clase muy amplia, segunda en importancia después de los compuestos azoicos. Se caracterizan por la presencia de uno o más grupos carboxilo que están asociados con un sistema de anillos conjugados que tienen por lo menos tres anillos condensados. Hay dos principales rutas para obtener el sistema de tres anillos de la antraquinona. La condensación de derivados del benceno con anhídrido ftálico y la oxidación de antraceno. Ejemplos de colorantes de antraquinona: Rojo Disperso 60, Negro de Tina 25, Azul Disperso 3, Amarillo de Tina 2, etc.(2)

Colorantes del ESTILBENO:

Los colorantes del estilbena son todos colorantes directos y la mayoría se basan en el ácido 4-nitrotoluen-2-sulfónico. También constituyen el 80% de los blanqueadores ópticos. Estos absorben la

luz ultravioleta en 330 y 380 nm y la reemiten entre 430 y 490 nm . Ejemplos de colorantes del estilbena: Amarillo Directo 11 y Curcumina .

Colorantes del TRIFENILMETANO y DIFENILMETANO:

Los colorantes del trifenilmetano tienen color brillante y pueden producirse en formas ácidas, básicas, mordientes, con disolventes y como pigmentos. Si no tienen grupos ácido sulfónico, los colorantes, por lo general, son básicos; los grupos ácidos sulfónico confieren carácter ácido y solubilidad en agua. Los colorantes del trifenilmetano tienen poca firmeza a la luz. Entre los más importantes de esta clase están: Violeta de Metilo, Verde de Malaquita, Violeta Cristal, entre otros.(2)

Colorantes INDIGOIDES:

El colorante indigoide más importante es el índigo y durante siglos se obtuvo como glucósido de la planta índigo. En 1897 una compañía alemana desarrolló un proceso sintético para obtenerlo. En el año de 1901 se sintetizó a través del proceso de la sodamida, este fue más económico que el anterior y es el que se utiliza actualmente.

La molécula del Índigo se representa como cis pero al estar en estado sólido existe una alta proporción en la forma trans.(2)

3.1.2.3.2.2. COLORANTES PARA FIBRAS CELULOSICAS (ALGODON):

Colorantes Directos: este tipo de colorantes al teñir forman enlaces de hidrógeno con los grupos oxhidrilo de las fibras celulósicas. Para que el colorante se aplique sobre el hilo debe tener una solubilidad mínima en agua. La mayoría de estos colorantes son compuestos poliazoicos o compuestos del estilbena que tienen enlaces urea.

Colorantes azoicos: son colorantes típicos, se aplican de una solución salina y después se tratan con una sal de diazonio, que se prepara a partir de una amina que tiene grupos que confieren solubilidad en agua. Los dos componentes al unirse forman un compuesto azoico insoluble, que se une a la fibra por enlaces de hidrógeno.

Colorantes de Tina: son parecidos a los colorantes azoicos, por su forma de acción se utilizan principalmente para el teñido del algodón. Casi todos estos colorantes se preparan a base de antraquinonas y dependen de la facilidad con que los derivados insolubles de la antraquinona se reducen a las formas solubles leuco por acción del hidrosulfito de sodio. El hilo se sumerge en una solución de la forma leuco; al exponerse al aire se reoxida a la antraquinona insoluble . Debido a su insolubilidad y a que se forman en los intersticios de la fibra, estos colorantes son estables al lavado y

a la luz. La reducción se hace en condiciones alcalinas.

Colorantes al Azufre: similares a los colorantes de tina, porque son insolubles en agua y deben primero reducirse a una forma soluble. El agente reductor es sulfuro de sodio que se aplica al hilo y el colorante se regenera por contacto con el aire.

Colorantes Reactivos para Fibras: estos colorantes se unen a las fibras de celulosa mediante enlaces covalentes y por lo tanto, tienen una firmeza única para el lavado. El colorante al reaccionar forma una triazina sustituida, que después se aplica a la fibra en solución débilmente alcalina.

3.1.3 FUENTES DE CONTAMINACION DEL AGUA Y TIPOS DE CONTAMINANTES:

La contaminación puede ser accidental (a veces con graves consecuencias) pero más frecuentemente se debe a la evacuación sin control de aguas residuales y otros desechos líquidos procedentes del uso doméstico del agua, desechos industriales que contienen una gran variedad de contaminantes.

Existen varios tipos de contaminantes entre los que se mencionan: desechos de **materia orgánica** putrescibles, ejercen una demanda sobre el oxígeno de las aguas receptoras, **elementos inorgánicos** como las sales disueltas en forma de iones tales como sodio, potasio, calcio, manganeso, amonio, cloruro, nitrato, nitrito, bicarbonato, sulfato y fosfato y los contaminantes **industriales** estos son muy difíciles de caracterizar y prácticamente no se dispone de inventarios detallados de desechos industriales a escala nacional. Estos desechos suelen contener trazas o cantidades mayores de materias primas, productos intermediarios, productos acabados, subproductos y de cualquier sustancia química subsidiaria o utilizada en los procesos.

Generalmente la composición y cantidad de contaminantes descargados por una industria específica, solo puede determinarse mediante un minucioso análisis de sus efluentes. En general los contaminantes presentes en las aguas servidas industriales figuran: detergentes, disolventes, cianuros, metales pesados, ácidos minerales y orgánicos, sustancias nitrógenadas, grasas, sales, blanqueadores, colorantes y pigmentos, compuestos fenólicos, sulfuros y amoníacos; muchos de estos compuestos son biocidas y tóxicos. (8)

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente muestra a grandes rasgos un perfil de las características de residuos que emanan los efluentes de las aguas servidas por la industria textil (13) (Ver anexo No. 2).

3.1.3.1 Riesgos de la Contaminación del Agua para la Salud y Enfermedades Relacionadas con el Agua:

El agua como parte del ambiente humano, se encuentra en cuatro formas principales depósitos subterráneos, masa superficiales de agua dulce, el mar y como vapor en la atmósfera. La ingestión de agua directamente o en alimentos, su empleo en la higiene personal o la agricultura, industria o recreación y el hecho de habitar en sus cercanías pueden afectar a la salud humana. Existen dos categorías principales de riesgo para la salud relacionadas con el agua: 1) Los derivados de contaminantes químicos y radiactivos y 2) los derivados de agentes biológicos que pueden afectar al hombre después de ingerir agua o de entrar en contacto con ella en otras formas. Esta contaminación generalmente es ocasionada por descargas de desechos industriales. (8)

3.1.3.2 Calidad del Agua:

Es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua, con relación a sus propiedades y sus usos benéficos.

La calidad del agua es influenciada por los factores naturales y por las actividades del hombre. Estos factores como quiera que sean producen variaciones en la calidad de aguas obtenidas del mismo tipo de fuente. Estas variaciones se derivan de la facilidad que tiene el agua de tomar sustancias que sean solubles o capaces de mantenerse en suspensión y arrastrarlas. (9, 8, 15).

3.1.3.3. Necesidades de Evaluación:

La calidad del agua no puede conocerse más que mediante el estudio de una serie de muestras eleccionadas durante un período de tiempo definido y en diversas condiciones.

Cualquier sustancia que pueda estar contenida en el agua superficial o subterránea, se clasifican como contaminante potencial, de tal manera que una concentración suficiente puede hacer adverso el uso de tales aguas. (3)

Los parámetros de contaminantes potenciales utilizados para la clasificación de corrientes, lagos y otras masas de agua o para describir los requisitos de calidad del agua varían considerablemente de un país a otro: pueden incluir pH, contenido de oxígeno disuelto y de bacterias coliformes, además de ciertas características visuales, así como sólidos flotantes, aceites y grasas, fenoles sustancias saporíferas y odoríferas, sustancias potencialmente tóxicas, ácidos y álcalis, Demanda Bioquímica de Oxígeno y muchos otros.

La aplicación de estos parámetros dependen del número de fuentes de contaminación, tipo de industria y de la capacidad de una determinada masa de agua para recibir la descarga de aguas servidas. (3, 8).

3.1.3.4 Principales Indicadores de Contaminación:

-Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): este indicador usualmente se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para estabilizar la materia orgánica, bajo condiciones aeróbicas. Es utilizada para el control de la contaminación en los cuerpos de agua, en los cuales hay que restringir la contaminación de origen bioquímico a efectos de mantener los niveles deseados de oxígeno disuelto en la corriente.

-Demanda Química de Oxígeno (DQO): este indicador se utiliza para determinar la cantidad de contaminación por descargas de desechos líquidos domésticos e industriales y a su vez para determinar la cantidad de oxígeno necesario para estabilizar la materia orgánica e inorgánica.

-Nitrógeno (N): los compuestos del nitrógeno son de gran importancia como indicadores de contaminación pero especialmente su relación con la productividad asociada a los procesos de vida de las plantas y animales. Este es un indicador utilizado para conocer la contaminación del agua, especialmente con fines de consumo ya que su presencia puede representar serios problemas para la salud. La excesiva presencia de N en los cuerpos de agua receptores se evidencia a través de la gran cantidad de algas que pueden observarse, especialmente en los estuarios y lagos donde se da el crecimiento excesivo de algas y la reducción del oxígeno disuelto por la oxidación del N.

-Color: el color en el agua puede ser de origen mineral o vegetal; causadas por sustancias metálicas, taninos etc. El agua puede ser también coloreada por desechos solubles de las industrias. El término color aparente es usado por el color que incluye un efecto de materia en suspensión.

-pH: es la concentración de iones hidrógeno en una solución acuosa y se puede expresar en términos de la escala de pH. Acidéz o alcalinidad no es una sustancia específica polutante, sino que es el efecto combinado de varias sustancias y condiciones. (3, 7, 16).

3.1.3.5 Tratamiento del Agua:

El tratamiento del efluente puede ser muy complicado debido a los residuos de productos químicos presentes en el agua de desecho. (9).

Los desechos industriales contienen a menudo sustancias difíciles o muy costosas de eliminar, lo que a veces ha obligado a cambiar ciertos procesos industriales a suprimir o restringir su aplicación. (8).

El principio básico en el tratamiento de las aguas residuales es la separación del líquido de los constituyentes no deseables. Para tal fin se dispone de procesos físicos, biológicos y químicos los cuales integran el sistema de tratamiento. La cantidad de unidades de tratamiento así como la complejidad de éstas depende del grado de contaminación de las aguas residuales y de su procedencia (doméstica o industrial) para lo que se realiza un estudio técnico y económico con el propósito de evaluar las diferentes opciones y seleccionar el sistema más eficiente. (12).

3.1.4. INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL FACTOR DE CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA TEXTIL:

El Proyecto de la Cooperación Guatemalteco-Alemana, el Servicio Integrado de asesoramiento al Sector Privado en Guatemala, ASIGUA, recopiló información sobre los Colorantes Azo, con la intención de atender las necesidades específicas del Sector Textil artesanal, en este estudio se expuso sobre las sustancias colorantes Azo y la nueva Reglamentación en Europa, en donde se aclara basándose en estudios científicos que la toxicidad de este tipo de colorante se debe a la producción de aminas cancerígenas como resultado de su hidrólisis, además aclara que en Guatemala no existe actualmente instituciones que compruebe y reconozca la presencia de aminas cancerígenas en artículos textiles y cuero. (10, 14).

Según los criterios propuestos en la Unión Europea para un sistema de etiquetado ecológico las variables principales que deben considerarse en el proceso de teñido en una industria textil son: a) NO deben utilizarse colorantes derivados de Bencidina, azo colorantes, aminas aromáticas y colorantes que contengan o consuman metales pesados.

b) No deben utilizarse colorantes conocidos como carcinógenos o que se sospeche, que contengan LD50 menor de 200mg/Kg.

c) No deben utilizarse transportadores que contengan cloro u otros halógenos . (5)

La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) estableció el análisis, así como una serie de propuestas y soluciones destinadas a la reducción y control de la contaminación por vertidos líquidos de origen doméstico e industrial, en las mismas se incluye: políticas, objetivos, estrategias, planes, programas y proyectos, que tienen la intención de definir una línea de acción que facilite la consecución de todas éstas en función de las necesidades ambientales y de la población. De este análisis se deduce que en 1995 Guatemala, constituye un país con altos niveles de contaminación, debido a que solo se trata el 4% del total de las aguas residuales.(7)

Vargas Sergio, realizó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, un estudio, en el que propone un diseño de un programa de evaluación general de la calidad de agua en Guatemala. En él expresa que es necesario establecer un programa sistemático de evaluación de la calidad del agua en el país, ya que esta evaluación se ha efectúa en forma desordenada y esporádica. En el programa se establecieron los ensayos que se pueden efectuar tanto en el campo como en el laboratorio, la frecuencia con que se deben realizar y la toma de muestras para remitirlas al laboratorio, también se establecieron los parámetros de los componentes más comunes por cuenca. (3)

En el Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales, la sección seis incluye control de sustancias tóxicas, se establecen los procesos tecnológicos y fisicoquímicos más comunes que se utilizan para reducir la toxicidad en las aguas superficiales. Estos procesos, se refieren a aguas residuales que contienen mezclas de sustancias orgánicas e inorgánicas. En el mismo se recalca que se pueden utilizar tecnologías convencionales como: coagulación, precipitación, sedimentación y flotación para remover metales tóxicos, aceites, grasas, y sólidos suspendidos, en donde deberá evaluarse la reducción de la toxicidad mediante un tratamiento biológico y para la remoción de compuestos orgánicos específicos se utilizan resinas macrorreticulares en donde los componentes se adsorben a la superficie lográndose así remociones superiores al 99%. (11)

Pinillos Luis F., en el trabajo de investigación en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presenta una discusión completa de la forma en que están constituidos los colorantes azoicos y reactivos, así como un análisis teórico de la influencia de los cationes: calcio, magnesio y hierro sobre las estructuras que conforman estos colorantes tanto en el agua

como en la fibra ya teñida. En dicho estudio se demostró que la influencia de dichos cationes no afecta el teñido (6)

4. JUSTIFICACION

En Guatemala no existe manejo integral de las aguas de desecho, lo que limita la generación productiva de un recurso económicamente importante .

La mayoría de las industrias textiles del país, son de tipo artesanal, en las cuales el personal aplica los conocimientos para realizar los diferentes procesos de tinción en forma empírica, esto evidencia un peligro potencial para la salud de los trabajadores, contribuye al deterioro del ambiente, ya que los colorantes se adquieren y manipulan sin el conocimiento apropiado de sus características fisicoquímicas; además estos se eliminan sin control ni tratamiento previo en diferentes cuerpos de agua .

Asimismo, en Guatemala no existe una institución que garantice al usuario de productos de consumo (textiles, prendas de vestir, artesanías textiles y de cuero) la presencia de colorantes azo solubles, que produzcan aminos cancerígenas, por lo que es importante caracterizar los colorantes para establecer los mecanismos apropiados para su eliminación, con esto disminuirán los riesgos para la salud de la población, además se promoverá la protección del medio ambiente.

5. OBJETIVOS

- 5.1. GENERAL: Establecer mecanismos de eliminación de colorantes residuales a través de procesos físicos y químicos que provienen de las aguas de lavado de la industria textil que tiñe hilo de algodón .
- 5.2. ESPECIFICOS:
- 5.2.1 Evaluar las características de calidad (parámetros de contaminación) antes y después del tratamiento del agua de desecho, para verificar el rendimiento del mecanismo de eliminación de los colorantes utilizados.
- 5.2.2 Comparar los resultados analíticos posteriores al tratamiento fisicoquímico del agua residual con los parámetros establecidos por la Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA.
- 5.2.3 Caracterizar cualitativamente los colorantes utilizados para el teñido del hilo de algodón a través del análisis espectrofotométrico infrarrojo para descartar o no el uso de colorantes azoicos.
- 5.2.4 Generar información científica referente al uso de colorantes en la industria textil de Guatemala.

6. HIPOTESIS

Las características del agua de desecho que proviene de la industria textil guatemalteca que tiñe hilo de algodón, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de contaminación después de realizarse el tratamiento fisicoquímico correspondiente.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 UNIVERSO DE TRABAJO:

Colorantes y agua residual que proviene del agua de lavado de tres industrias textiles que tiñen hilos de algodón en Guatemala.

7.2 RECURSOS:

HUMANOS:

Autora: Br. Dina Lorena Estrada Muy

Asesor: Lic. Carlos Klee Mendoza

INSTITUCIONALES:

-Laboratorio del Departamento de Físico-Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos De Guatemala.

-Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

BIBLIOTECAS:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Universidad del Valle de Guatemala

Instituto de Nutrición de CentroAmérica y Panamá -INCAP-

Asociación Gremial de Exportadores de Productos no

Tradicionales - AGEXPRONT-.

Comisión Nacional del Medio Ambiente de la Presidencia de la

República -CONAMA-.

Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-

Cámara de Industria (Area del Medio Ambiente).

MATERIALES DE LABORATORIO**Reactivos:**

Acido sulfúrico (P.A.)
Sulfato de Plata (P.A.)
Sulfato de Mercurio (P.A.)
Sulfato de amonio férrico (P.A.)
Dicromato Potasio (P.A.)
Sulfato de Potasio (P.A.)
Hidróxido de Sodio (P.A.)
Sulfato de Aluminio (P.A.)
Hidroxido de Calcio (P.A.)
Difenil Amina (P.A.)
TRITON (P.A.)

Cristalería:

pipetas volumétricas de 1, 2, 5, 10, 25 ml
cápsulas de porcelana
probetas de 25, 100 y 250 ml
beakers de 100, 250 y 1000 ml
erlenmeyers de 100 y 500 ml
vidrios de reloj
ampollas de decantación
buretas
varillas de agitación
balón aforado de 250 ml
bureta

Equipo:

Balanza Analítica

Potenciómetro

Espectrofotómetro Infra-rojo Perkin - Elmer

Turbidímetro

Digestor para DQO

Otros de uso común en el laboratorio

7.3 PROCEDIMIENTO

-Se evaluó de inmediato el grado de contaminación del agua que proviene de la industria textil que tiñe hilo de algodón, basándose en parámetros establecidos por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, los cuales, establecen los límites máximos permisibles de contaminación que deben tener los cuerpos de agua. Los parámetros evaluados fueron:

-Demanda Química de Oxígeno (DQO): Mide la capacidad de una solución de dicromato de potasio en ácido sulfúrico, de oxidar a la materia orgánica, contenidas en el agua, bajo las condiciones de trabajo (reflujo) para el procedimiento en cuestión. Expresada como oxígeno.

-Materia Orgánica: Determina la materia orgánica fácilmente oxidable con dicromato de potasio / ácido sulfúrico ($K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4$).

-Potencial de Hidrógeno(pH): Potenciometricamente.

-Color: La escala del medidor está calibrada en unidades de color, basadas en la norma de la APHA de 1 unidad de color igual a 1 mg/L de platino como ión cloroplatino.

-Turbiedad: El análisis de turbiedad mide una propiedad óptica de la muestra de agua que resulta de la dispersión y absorción de la luz por las partículas de materia presente.

- Caracterización de los colorantes a través del método espectrofotométrico infrarrojo, este método cualitativo permite establecer la naturaleza de los colorantes tipo azoico.

- Eliminación de colorantes residuales, mediante los siguientes procesos:

Oxidación en el que se utiliza NaOCl, como agente oxidante, floculación a través de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ y cal hidratada, sedimentación y filtración mediante carbón activado y arena pomex.

- Por último se evaluó el rendimiento del proceso de purificación a través de la comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las aguas antes y después del tratamiento, dichos parámetros son: color, demanda química de oxígeno, pH, turbiedad y materia orgánica. (ver anexo No. 4).

7.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACION:

7.4.1. El muestreo del agua se realizó después del proceso de tinción en tres industrias textiles, que tiñen hilo de algodón, de las cuales se seleccionó una muestra por industria.

7.4.2. Análisis de resultados:

El presente estudio es de tipo descriptivo, por lo que la presentación de los resultados se efectúan mediante gráficas y cuadros.

8. RESULTADOS

CUADRO No. 1

Características fisicoquímicas de las aguas de desecho que provienen de tres industrias textiles que tiñen hilo de algodón **antes del tratamiento** fisicoquímico y su comparación con las especificaciones estipuladas por la Comisión Nacional del Medio Ambiente(CONAMA).

Parámetros	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Especificaciones establecidas por CONAMA	Cumple o no con lo estipulado por CONAMA
Color (unidades)	2400	2840	150000	50	NO CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno (ppmO ₂)	1296	776	12860	300	NO CUMPLE
Turbiedad (UNT)	0.69	0.07	900	-	No Regulado
pH	11.989	10.507	10.915	6 - 9	NO CUMPLE
Materia Orgánica (%C)	2.727	2.723	5.787	-	No Regulado
Aspecto Visual del agua antes de ser tratada	Celeste-verdosa	Café oscura	Negra		

CUADRO No. 2

Resultado de las características fisicoquímicas de las diferentes muestras de agua de desecho que provienen de la industria textil que tiñe hilo de algodón **despues del tratamiento** fisicoquímico y su comparación con las especificaciones estipuladas por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

1: Muestras previa oxidación (NaCl O)								
2: Muestras sin oxidación								
Parámetro	Muestra A		Muestra B		Muestra C		Especificación establecida por CONAMA	
	1	2	1	2	1	2		
Color (unidades)	12*	112	30*	88	35*	336	50	
Demanda Química de Oxígeno (ppmO ₂)	168*	282*	271*	596	705	1264	300	
Turbiedad (UNT)	1	1.2	3	6.6	2.6	45	-	
PH	8.233*	7.954*	11.036	10.010	11.67	9.108	6 - 9	
Materia Orgánica (%C)	2.685	2.700	2.701	2.715	2.718	2.739	-	

* = Cumplen con los requisitos estipuladas por CONAMA.

CUADRO No. 3

Identificación del grupo azo (-N=N-) a través de espectrofotometría Infrarroja realizado a diez colorantes utilizados en la industria textil que tiñe hilo de algodón.

COLORANTE	Presencia del grupo AZO*
Rojo drimaren, clariant , x-6BN	(+)
Clariant turquesa solar GLL 160 (Brasil)	(-)
Anaranjado brillante, 9	(+)
Rojo BTE. Solar Baz 150 (Brasil)	(-)
Amarillo Canario 4,a	(+)
Violeta rojizo	(+)
Pardo Tyrian 6 ^a	(-)
Clariant amarillo indosol , sf (brasil)	(+)
Clariant azul marino rimaren x-6n CD.6.6	(+)
Clariant amarillo drimaren	(+)

* Banda de absorción del grupo azo entre la región: 2000 - 2300cm⁻¹. (ver anexo No. 3)

9. DISCUSION

El agua es un recurso natural y abundante, razón por la cual forma parte importante en los diferentes procesos industriales. Uno de los problemas de mayor incidencia negativa en los países en vías de desarrollo es devolverla con la misma calidad al sistema hídrico, cuestión que amenaza a la salud y al deterioro del medio ambiente. Con base a este problema, el presente trabajo de investigación demuestra, el impacto ambiental, probocado por la industria textil que tiñe hilo de algodón y a la vez proporciona criterios científicos para establecer un sistema de tratamiento fisicoquímico para dichas aguas, aunque es conveniente indicar que cuando por primera vez se realiza un tratamiento no se puede universalizar.

Para conocer el impacto de contaminación ambiental, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), aplicó un reglamento que establece los requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación en las descargas de aguas residuales, su aplicación debe ser cumplida a nivel industrial, tanto por empresas como instituciones públicas y privadas, el objetivo fundamental de este reglamento es que las aguas residuales que son vertidas a un cuerpo receptor ya sea superficial, subterráneo o costero no sea alterado y así se rescate el ecosistema de los cuerpos hídricos receptores.

Debido a que el ente principal de contaminación de la industria que se analizó son los colorantes (1), se decidió evaluar cinco parámetros fisicoquímicos que proporcionan criterios para evaluar el grado de contaminación del agua de desecho antes y después de haber realizado el proceso de purificación. Dichos parámetros fueron: color, demanda química de oxígeno, turbiedad y materia orgánica, los cuales fueron determinados por métodos colorimétricos, turbidimétricos, volumétricos e instrumentales bajo métodos analíticos que están avalados por Standar methods for the examination of water and wastewater". (ver anexo No. 5).

9.1 Análisis de las características fisicoquímicas que presentaron las aguas de desecho que provienen de la industria textil que tiñe hilo de algodón:

Con fundamento en el análisis fisicoquímico que se obtuvo de las muestras de agua cruda (ver cuadro No. 1), es evidente la carga de contaminación que este tipo de industria provoca al medio acuífero, pues los valores obtenidos de los diferentes parámetros evaluados sobrepasan los límites máximos exigidos por CONAMA.

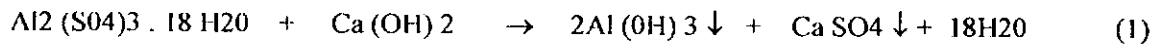
El aspecto visual que presentaron las muestras de aguas recolectadas (celeste-verdosa, Café

y Negra), desde el principio constituye un factor que refleja contaminación, pues el agua con materia colorante es objetable para cualquier uso más aun si no se conocen las propiedades físicas, químicas y biodegradabilidad del contaminante, se ratifica lo dicho anteriormente con los valores de color obtenidos de las tres muestra analizadas que fueron de 2,400, 2500 y 150,000 unidades .

El pH que presentaron dichas aguas, 11.989, 10.507 y 10.915 es producto de los procesos involucrados en el teñido del hilo de algodón ya que generalmente se utilizan soluciones alcalinas como: soda cáustica, carbonato de sodio y amoníaco para lograr una tinción satisfactoria .(6) La demanda química de oxígeno (DQO) obtenida de las muestras de agua fue de 1296, 776 y 12860 miligramos por mililitro, estos valores indican el alto grado de contaminación lo que significa que estas aguas a donde van a ser vertidas necesitarán de mucho oxígeno para estabilizar la materia orgánica e inorgánica presente, no pudiendose hacer en forma natural. A simple vista se puede evidenciar que la muestra C (ver cuadro No.1) representa la necesidad de aplicar un tratamiento particular para obtener una depuración efectiva , pues aunque las primeras dos muestras (A y B) no se encuentren dentro de las especificaciones, esta muestra (C) se encuentra con valores mucho más altos y alejados que estas, en relación a lo que establece CONAMA.

9.2 Análisis del tratamiento fisicoquímico realizado a las muestras de agua de desecho que provienen de la industria textil que tiñe hilo de algodón:

Por las características del agua a tratar , la prioridad fue la remoción de la materia colorante la cual es un material difícil de remover por procedimientos simples es por ello que el proceso de clarificación se efectuó en cuatro fases estos son : oxidación - floculación - sedimentación y filtración. El proceso de oxidación se llevó a cabo con hipoclorito de sodio NaOCl al 5.20% , este por sus propiedades de oxidante fuerte se emplea frecuentemente en agua contaminada y fuertemente coloreada. Puede apreciarse en las tablas No.1 y No.2 que el agua que fue tratada con previa oxidación presenta características fisicoquímicas mejores que la no oxidada. La floculación se llevó a cabo con sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ o alumbre el cual es uno de los coagulantes más utilizados en plantas de clarificación (20 y 18) y como coadyuvante el hidroxido de calcio comunmente llamado cal hidratada, este producto químico se usa generalmente cuando el agua a tratar está altamente coloreada ya que para que el alumbre reaccione efectivamente y haga una efectiva remoción de color, turbiedad y materia orgánica e inorgánica necesita de la acción del grupo hidroxilo, como se demuestra en la siguiente reacción:



Como se observa en esta reacción al agregar alumbre al agua cruda hay una reacción estequiométrica con el radical activo de la cal que es el grupo hidroxilo (OH) - para formar el floculo de hidróxido de aluminio que es el responsable de realizar la coagulación formándose así floculos asentables que dan como resultados un sobrenadante con características fisicoquímicas tolerables. Por último la filtración se realizó a través de una columna con carbón activado granular y arena pomex, ambos en posición alterna, este proceso fue vital, ya que el sobrenadante que quedaba despues del proceso de coagulación quedaba con un color tenue el cual pudo ser removido con efectividad a través de este.

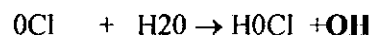
Para encontrar concentraciones óptimas de los productos químicos mencionados con anterioridad, que produjeran una clarificación efectiva, se llevo a cabo la prueba de jarras la cual a nivel laboratorio simula la actividad de una planta purificadora de agua. Para ello se hizo necesario de cuatro cilindros graduados, probetas con tapón con capacidad para mil mililitros, y de cada muestra recolectada se analizaron cuatro submuestras de quinientos mililitros, las cuales antes de llevar a cabo la coagulación se llevaron a un pH inicial de seis (pH ácido), ya que teoricamente el pH efectivo de coagulación del alumbre oscila entre 5.5 a 7. Luego para encontrar dichas concentraciones se mantuvieron tres submuestras tratadas sin agente oxidante (hipoclorito) y una con el agente oxidante a las cuales se les mantuvo la concentración constante de aluminio variándose así la concentración de cal hidratada (hidróxido de calcio), hasta seleccionar las mejores dos submuestras que presentaran el mejor floculo formado y por supuesto la mejor claridad del sobrenadante (agua purificada) (ver Anexo No. 4).

Basándose en el tratamiento fisicoquímico realizado a las aguas que provinieron de la industria textil, las muestras A y B mostraron un comportamiento análogo respecto a la muestra C en relación al requerimiento de alumbre, cal e hipoclorito (ver anexo No. 1). Esto se puede observar en el cuadro No. 1 pues las características fisicoquímicas que presentaron fueron similares y no así la muestra C que presentó alta turbidez, color y DQO y por lo mismo necesitó mucho más de estos reactivos para ser removido con efectividad esto se puede comprobar con los resultados finales del agua (ver cuadro No.2). Con esto se comprobó que no todas las aguas contaminadas con colorantes responden al mismo tratamiento.

9.3 Análisis de las características del agua de lavado después del tratamiento efectuado:

La muestra C, fue recolectada en la región del occidente se le aplicó el mismo proceso de tratamiento (ver anexo No. 4) los resultados no mostraron ser efectivos en relación a lo que establece CONAMA, esto se debió a que esta muestra presentó un índice mayor de contaminación en relación a las muestras A y B. Con base al problema suscitado es importante mencionar que este tipo de muestra necesita para una buena remoción otro tipo de tratamiento que de resultados efectivos, una alternativa es la utilización de resinas macroreticulares, las cuales son formuladas para remover una o varias clases de compuestos, estas columnas si son correctamente probadas y aplicadas pueden tener una buena relación costo- efectividad. (11)

El problema de que en las muestras B y C el pH no se encuentra entre los límites aceptables por presentarse muy alcalino después de haberse realizado el tratamiento, se puede justificar en base a las siguientes reacciones:



Como se observa en el anexo No.1, estas muestras durante el tratamiento utilizaron mucho más hipoclorito y cal que la muestra A, estos productos químicos al estar presentes en exceso y reaccionar con el agua incrementan su alcalinidad ya que liberan iones hidroxilo (OH^-) de acuerdo con el grado en que reaccionan. Es por ello que las submuestras que fueron tratadas con hipoclorito tienen una alta alcalinidad respecto a la que no fue tratada con éste (ver cuadro No. 2). Este fenómeno se puede resolver mediante un proceso de neutralización con un ácido mineral, al filtrado final. Además es importante que se considere desde el inicio del proceso del tratamiento realizar pruebas de Demanda de Cloro ya que con este tipo de prueba se determina la cantidad de cloro que se necesita para que reaccione con las sustancias orgánicas y con otras que contenga. Esta prueba es fácilmente aplicable y muy fácil de interpretar, con esto se evita, agregar exceso de hipoclorito de sodio.(23)

La turbiedad siempre en todo proceso donde se utilice el coagulante $Al_2(SO_4)_3$ y exceso de $Ca(OH)_2$ se va a generar $CaSO_4$ (ver reacción No.1), este producto es el responsable de la turbidez producida al final del tratamiento. Este problema puede solucionarse satisfactoriamente a través de su remoción mediante un filtro mucho más fino (22) del que se utilizó en este tratamiento.

Si se observan los resultados en el cuadro No. 2, es importante mencionar que la hipótesis planteada en esta investigación si se cumple aunque no en su totalidad, ya que las características finales de las muestras de agua que provinieron de diferentes industrias textiles que tiñen hilo de algodón cumplieron con los requisitos que establece CONAMA principalmente con las características más importantes que fueron Color y Demanda Química de Oxígeno.

9.4 Identificación del grupo azo (-N=N-) a través de espectrofotometría infrarroja de 10 colorantes utilizados en la Industria Textil que tiñe hilo de algodón :

Estudios científicos realizados en países principalmente europeos, no permiten la importación de colorantes azo, ya que se dispone de referencias que demuestran la toxicidad que provocan al hidrolizarse en cualquier medio acuoso, ya que al reaccionar en este medio producen aminas cancerígenas. Con base a este problema se analizaron 10 colorantes que son expendidos a las textileras para teñir hilo de algodón, los cuales fueron obtenidos al azar. Para descartar o no el uso de este tipo de colorantes por la industria textil, se realizó un análisis a través de espectrofotometría infrarroja el cual es un método cualitativo que permitió identificar la presencia o ausencia de grupos cromóforos y en este caso la presencia del cromóforo $-N=N-$ que en ciertos casos puede existir en la forma tautomérica $-NH-N=$ ($-N=N \rightarrow -NH-N=$).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro No. 3 se aprecia que de los 10 colorantes analizados, 7 resultaron ser azoicos, esto se comprobó al interpretar los 10 infrarrojos (ver anexo No.3). Para analizarlos fue importante tomar en cuenta lo siguiente: el grupo azo de triple enlace $N=N$ se encuentra entre la región de 2000 - 2300, a la vez se identificó otra vibración de alargamiento en la región $1536 + / -$ la cual pertenece a la forma tautomerizada de dicho grupo cromóforo $-NH-N=(N=N \rightarrow -N=N)$. (20, 21)

El hecho de que de diez colorantes analizados 7 demuestran ser colorantes azoicos comprueba que en el país aun no se controla la venta y uso de este tipo de colorantes, es importante mencionar que según lo que estipula el reglamento alemán NO todos los colorantes azoicos son cancerígenos; por ello, dicho reglamento elaboró un listado en el cual presenta

los colorantes que fueron prohibidos, ya que al hidrolizarse en cualquier medio acuoso producen aminas cancerígenas. (ver anexo No. 6 y 7).

10. CONCLUSIONES

- 10.1 Es evidente la carga de contaminación que la Industria Textil que tiñe hilo de algodón provoca conscientemente al sistema hídrico del país, esto es comprobable con los resultados de los análisis fisicoquímicos obtenidos del agua cruda recolectada, ya que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la Comisión Nacional del Medio Ambiente.
- 10.2 En el tratamiento fisicoquímico realizado a las aguas de lavado que provienen de la industria textil que tiñe hilo de algodón en la cual su característica más significativa es la presencia de materia colorante, los productos químicos que resultaron ser efectivos en la remoción principalmente de color y Demanda Química de Oxígeno fueron: como agente oxidante hipoclorito de sodio, sulfato de aluminio como coagulante, hidróxido de calcio o cal, como coadyuvante del coagulante y carbón activado, junto con arena como material para filtración, estos productos pueden obtenerse a muy bajo costo.
- 10.3 Las industrias tintoreras por las características fisicoquímicas del agua de desecho necesitan de tratamientos físicos y químicos muy diferentes para obtener resultados efectivos de remoción.
- 10.4 La concentración óptima de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ (coagulante) para las muestras procedentes de la ciudad capital fue de 100 mg/L, para una cantidad de muestra de 500ml.
- 10.5 Los procesos de tratamiento efectivos para la clarificación de las muestras de la ciudad capital fueron: Oxidación - Coagulación - Sedimentación - Filtración.
- 10.6 En el país aun existe venta y uso sin control de colorantes azoicos, esto se comprobó mediante el análisis espectrofotométrico infrarrojo, ya que de diez colorantes analizados, siete resultaron tener el grupo cromóforo $-N=N-$ que es el que identifica la presencia de colorantes tipo azoicos.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Continuar con este tipo de estudios, mediante los cuales se genera información científica, que evidencia los niveles de contaminación provocada al ambiente, por la descarga de aguas residuales provenientes de los procesos industriales, esto permitirá a los organismos de control instaurar las estrategias que aseguren la protección y saneamiento del sistema hídrico del país.

- 11.2 Profundizar en este tipo de investigación para determinar la estructura molecular de los diferentes colorantes utilizados por la industria textil, esto permitirá establecer si los productos de hidrólisis corresponden a aminos con características cancerígenas

12. REFERENCIAS:

- 12.1 Kemmer Frank. MANUAL DEL AGUA. México: Editorial Interamericana, S.A., 1989, (P 40.4- 40.8).
- 12.2 Wittcoff Harold a. PRODUCTOS QUIMICOS ORGANICOS INDUSTRIALES: Tecnología, Formulación y Usos. México: Editorial Limusa S.A. de C.V., 1991 (p 423-473).
- 12.3 Vargas A. Sergio. PARAMETROS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS NATURALES DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA.: Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de graduación, facultad de Ingeniería) 1969, (P1-4, 9-14).
- 12.4 Blumcke. INDUSTRIA TEXTIL . México: Editorial Hispanoamericana, 1962 . (P 1-7).
- 12.5 Servicios de Desarrollo del Comercio: TEXTILES Y PRENDAS DE VESTIR. Introducción a Los Requisitos de Calidad de Diversos Mercdos. Ginebra: CCI, 1994. (P 31).
- 12.6 Pinillos Brocke Luis Fernando. INFLUENCIA DE LA DUREZA Y CATIONES DEL AGUA DE POZOS EN EL PROCESO DE TEÑIDO CON COLORANTES REACTIVOS Y AZOICOS..Guatemala:Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de Graduación, facultad de Ingeniería) 1979 , (p 21-23).
- 12.7 República de Guatemala: Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA). CONTAMINACION DE DESECHOS LIQUIDOS : Análisis y Propuestas de Solución: Guatemala. 1995 (P1-12).
- 12.8 RIESGOS DEL AMBIENTE HUMANO PARA LA SALUD . OPS. Washington. 1976, (P35-37).
- 12.9 PERFIL AMBIENTAL DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA Tomo II. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 1984, (P 202, 179, 183).

- 12.10 Proyecto de la Cooperación Guatemalteco-Alemana. SUSTANCIAS COLORANTES AZO. Nueva reglamentación en Europa. Guatemala . 1997.
- 12.11 MANUAL DE EVALUACION Y MANEJO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN AGUAS SUPERFICIALES. CEPIS: @org.pe Septiembre 1997 (1-7)
- 12.12 EVALUACION Y OPTIMIZACION DE SISTEMAS DE TRATAIENTO DE AGUA POTABLE Y AGUA RESIDUAL.. www.sanitec.com.ec. 1997. (P 1-3).
- 12.13 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA TEXTIL . CEPIS. @org.pe.Abril 1998 (1-4).
- 12.14 COLORANTES AZOICOS . Nueva Prórroga Alemana. Info@inescop.es .Diciembre 1996. (p1-2).
- 12.15 OPS.GUIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE. Washington. 1985. (P84-89, 56).
- 12.16 Andrew d. Eaton. STANDARD METHODS : For The Examination Of Water and Waste-Water. Washington 1995.
- 12.17 Mendenhall,Willian. ESTADISTICA PARA ADMINISTRADORES. México: Editorial Iberoamericano, 1990, (p303 – 305).
- 12.18 Netter J. LINEAR STATISTICAL MODELS. 1996.
- 12.19 Eskel Nordel. TTRATAIENTO DEL AGUA PARA LA INDUSTRIA Y OTROS USOS. 7a. ed. Editorial Continental, S.A. México 1981.
- 12.20.1 Koji Nakanishi . INFRARRED ABSORTION ESPECTROSCOPIO. Editorial Nancodo Company Limited, Tokio Japón . 1962.
- 12.21 Pouchert, Charles. THE ALDRICH LIBRARY OF FT-IR SPECTRA. Edition 1ra.Vol 2.

- 12.22 Vernon, Snoeyink. QUIMICA DEL AGUA. 1ra. edición. Editorial Limusa S.A. de C.V. México 1987. (p 242-243).
- 12.23 Sheppard T Powell. MANUAL DEL ALGUA PARA USO INDUSTRIAL. Editorial Limusa, S.A.México 1992.
- 12.24 Díaz de Santos. METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES . 17 edición . Editorial Diaz de Santos, S.A. Madrid 1992.

13. ANEXOS

INDICE

- 13.1 Concentraciones óptimas de reactivos químicos utilizados en el tratamiento fisicoquímico realizado a las aguas de lavado de la industria textil que tiñe hilo de algodón.
- 13.2 Gráficas de los resultados del tratamiento fisicoquímico realizado a las aguas de lavado de la industria textil que tiñe hilo de algodón.
- 13.3 Espectros infrarrojos obtenidos de diez colorantes utilizados en la industria textil que tiñen hilo de algodón.
- 13.4 Diagrama de flujo de operación
- 13.5 Métodos analíticos utilizados para el análisis de los parámetros: DQO, materia orgánica, turbiedad, color y pH.
- 13.6 Aminas cancerígenas
- 13.7 Listado de tintes prohibidos
- 13.8 Listado de tintes sustitutos

Anexo No. 1

Tratamiento de floculación y sedimentación y las concentraciones de los diferentes productos químicos que resultaron ser óptimas para la clarificación del agua de desecho que proviene de la industria textil:

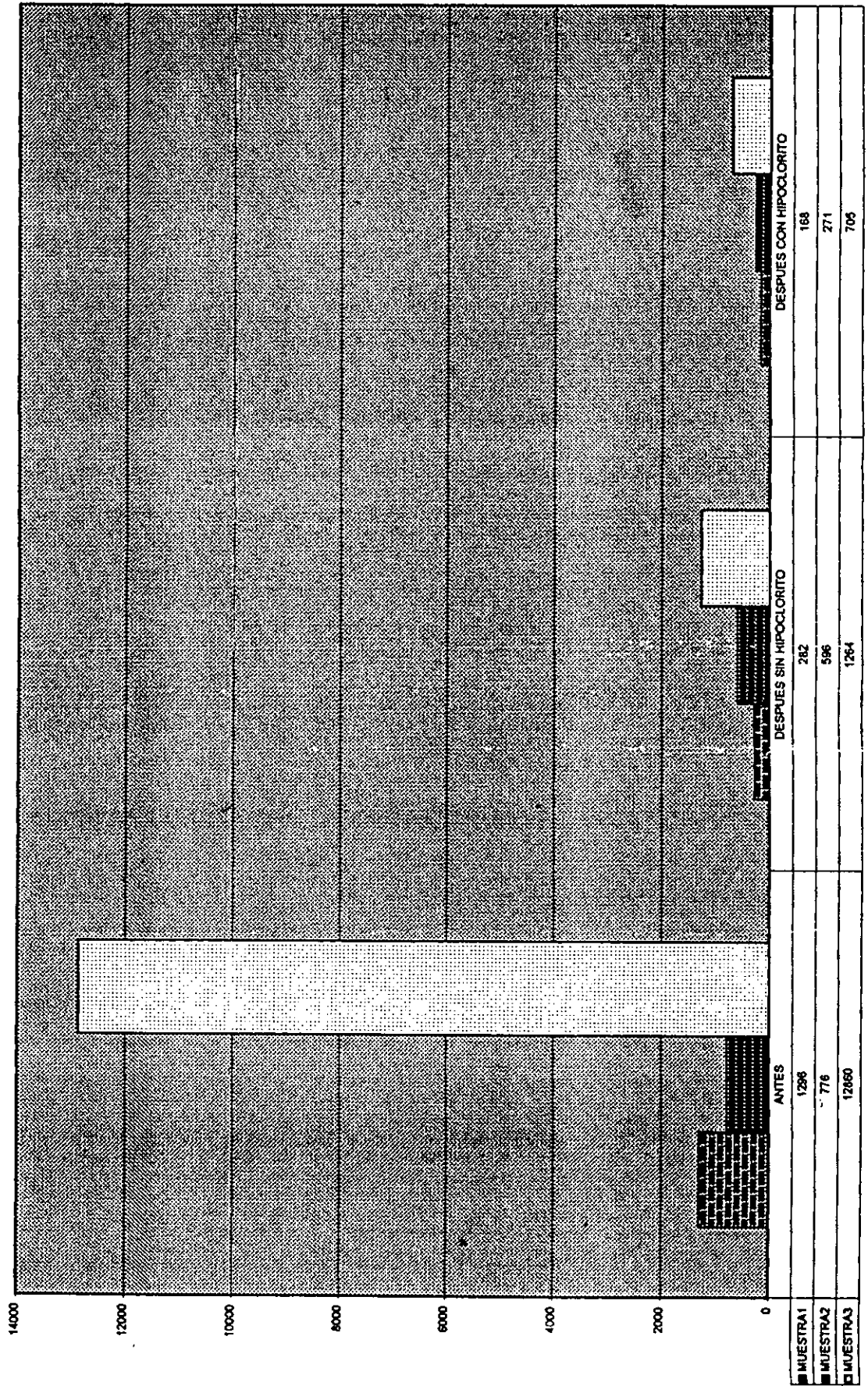
Producto Químico		A		B		C	
Nombre	Fórmula	1	2	1	2	1	2
Sulfato de Aluminio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$	100 (ppm)	100 (ppm)	100 (ppm)	100 (ppm)	300 (ppm)	300 (ppm)
Solución Saturada de CAL	$Ca(OH)_2$	6ml	10ml	14ml	15ml	19ml	23ml
Hipoclorito de Sodio (5.20%)	$NaOCl$		9ml		10ml		7ml

NOTA: Las concentraciones son para una cantidad de 500 ml de muestra

Anexo No. 2

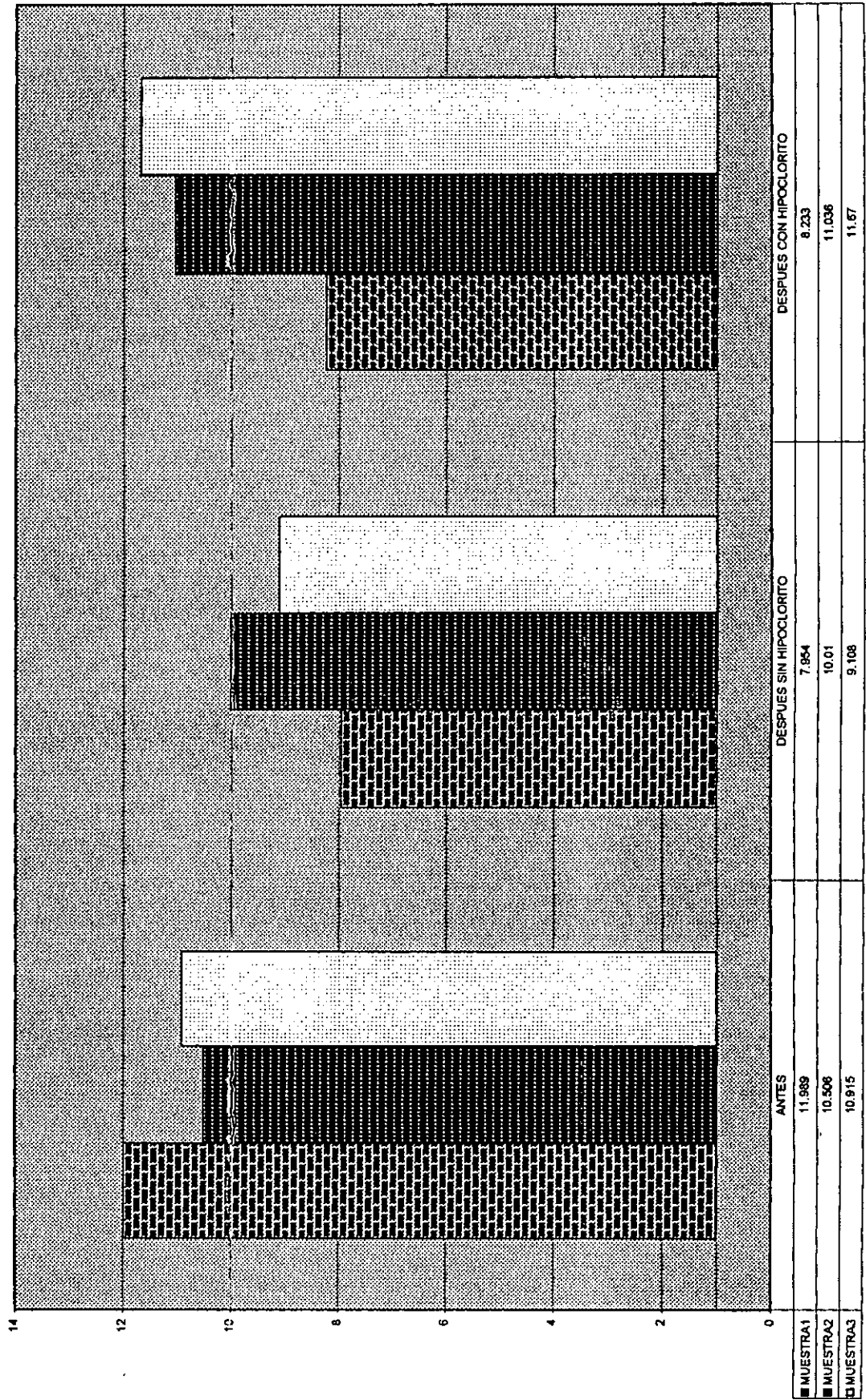
Gráficas de los resultados del tratamiento fisicoquímico realizado a la industria textil que tiñe hilo de algodón:

COMPORTAMIENTO DE DQO EN LAS MUESTRAS TRATADAS



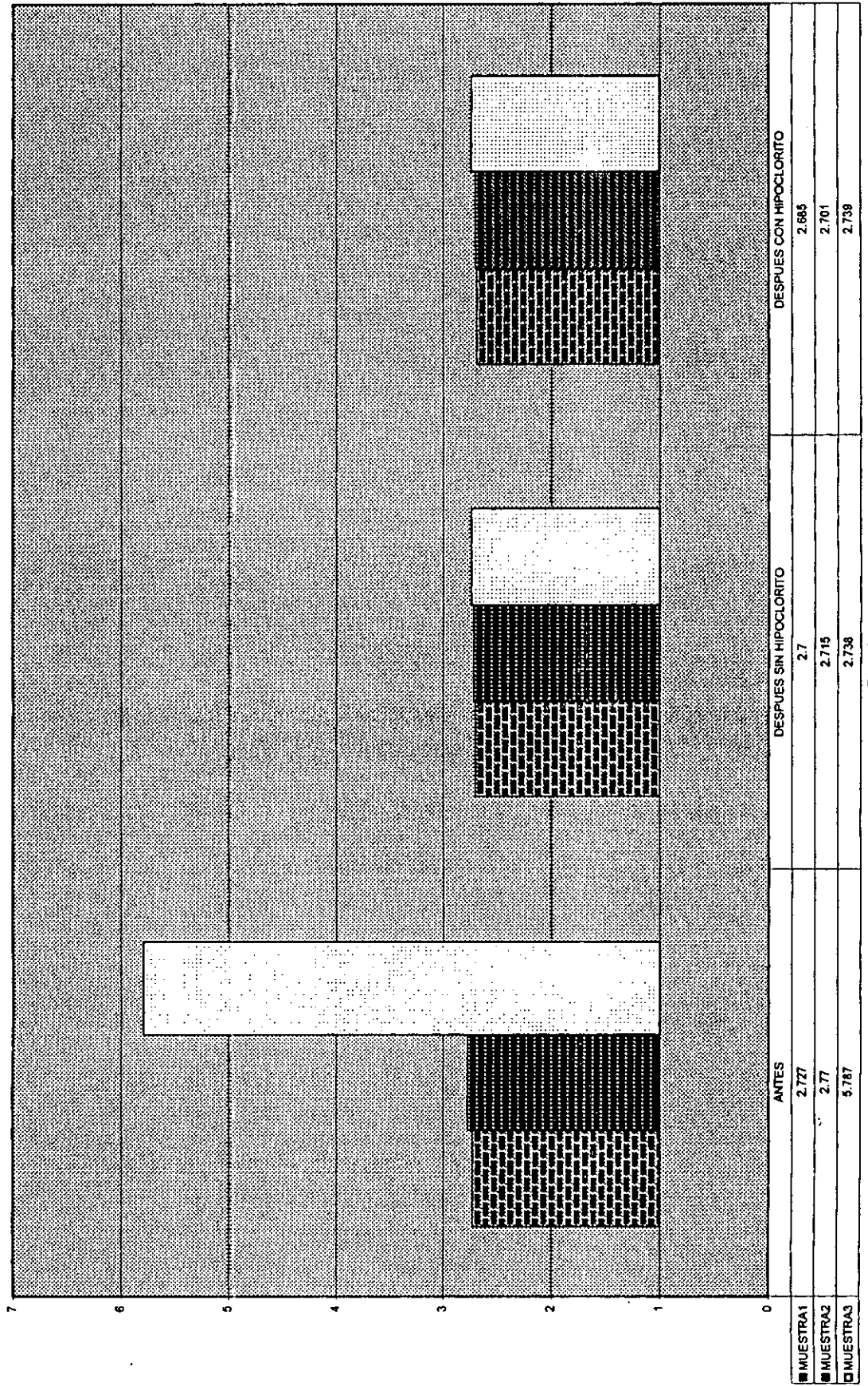
Tratamiento

COMPORTAMIENTO DE pH EN LAS MUESTRAS TRATADAS



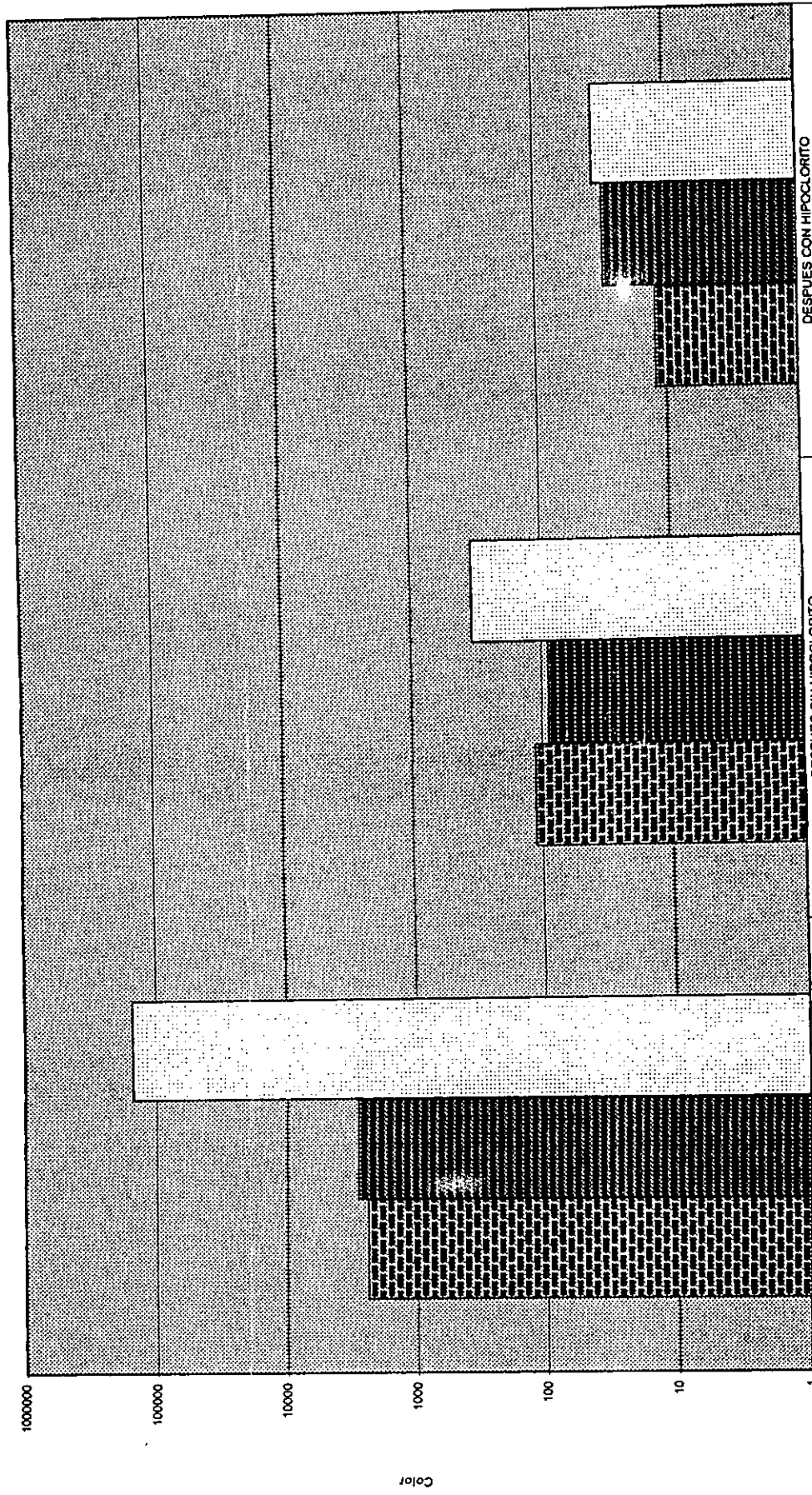
Treatment

COMPORTEAMIENTO DE MATERIA ORGANICA EN LAS MUESTRAS TRATADAS



Tratamiento

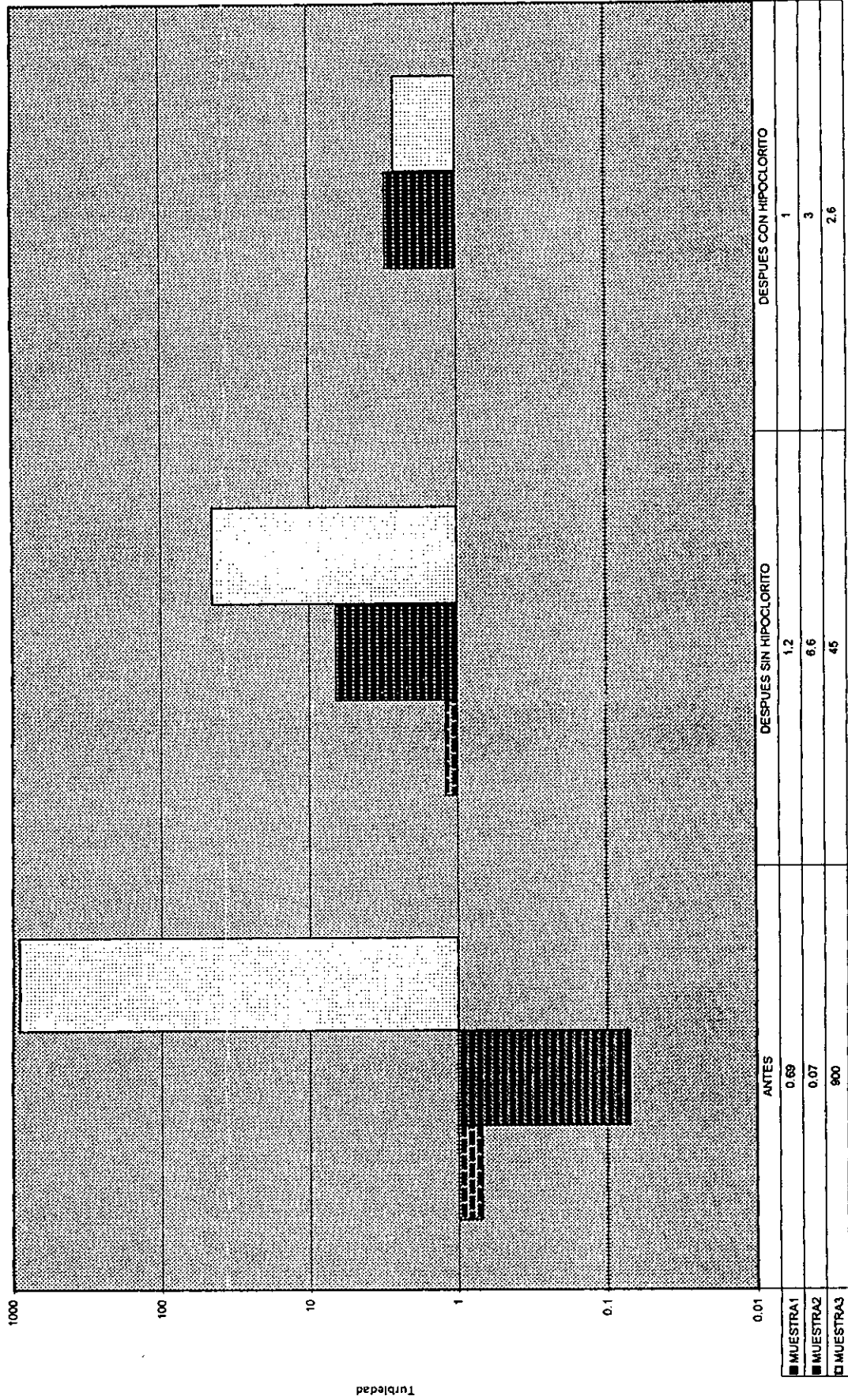
COMPORTAMIENTO DE COLOR EN LAS MUESTRAS TRATADAS



	ANTES	DESPUES SIN HIPOCLORITO	DESPUES CON HIPOCLORITO
MUESTRAS 1	2400	112	12
MUESTRAS 2	2850	88	30
MUESTRAS 3	150,000	336	35

Tratamiento

COMPORTAMIENTO DE TURBIEDAD EN LAS MUESTRAS TRATADAS



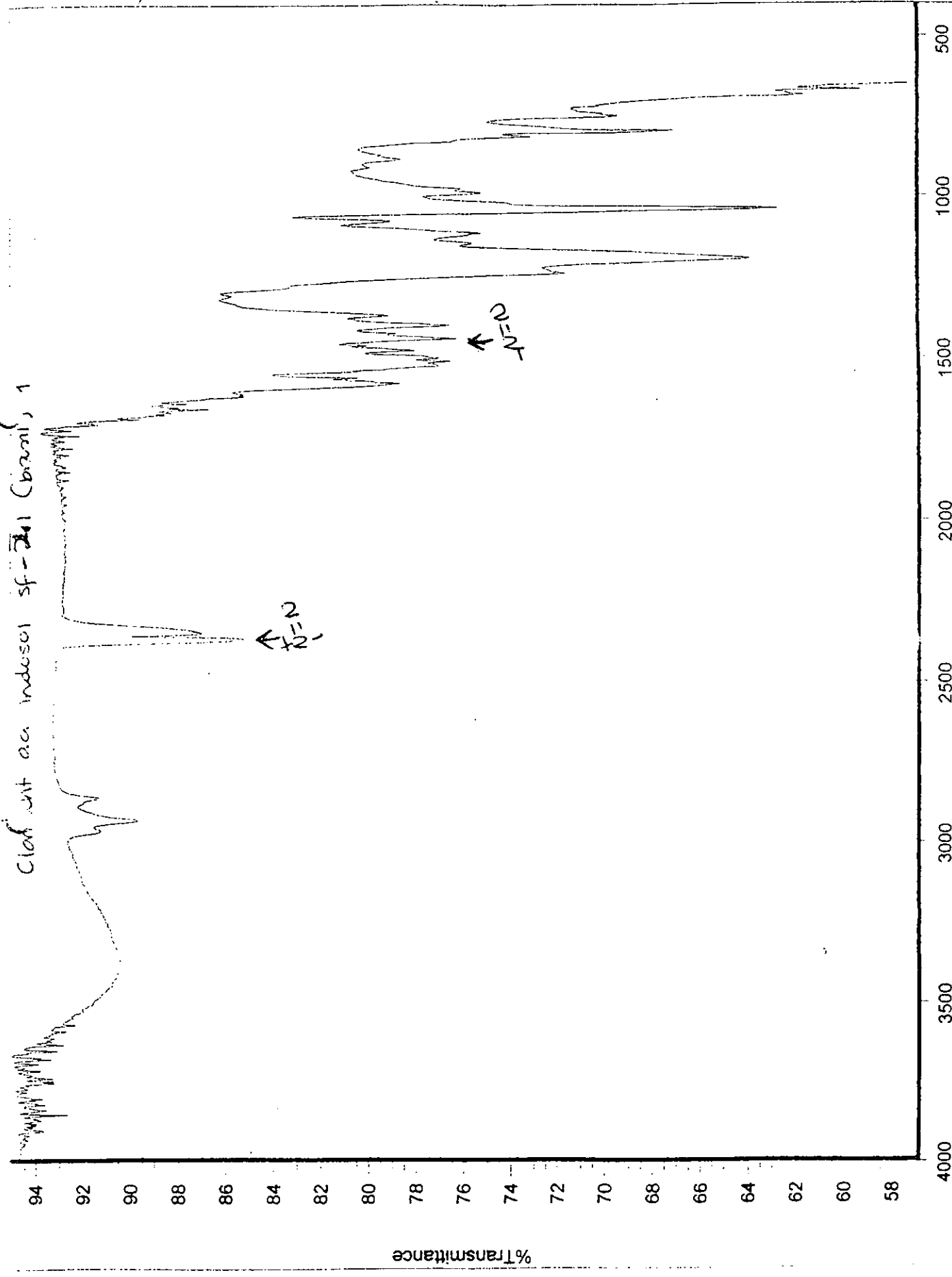
Tratamiento

Anexo No.3

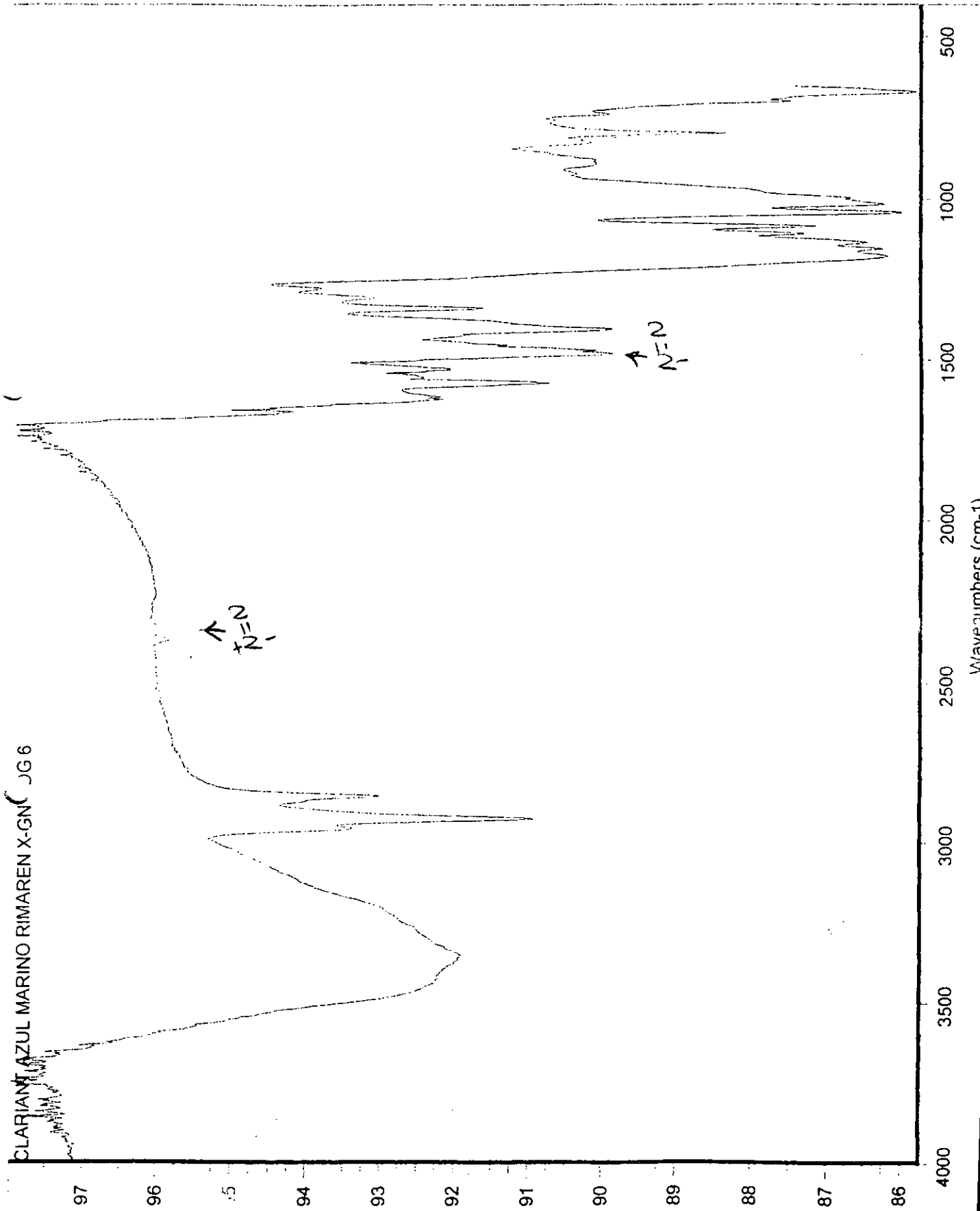
Espectros infrarrojos obtenidos de diez colorantes que se utilizan en la tinción de hilo de algodón:

0

Claf nit aa indosoi sf-211 (brasil, 1

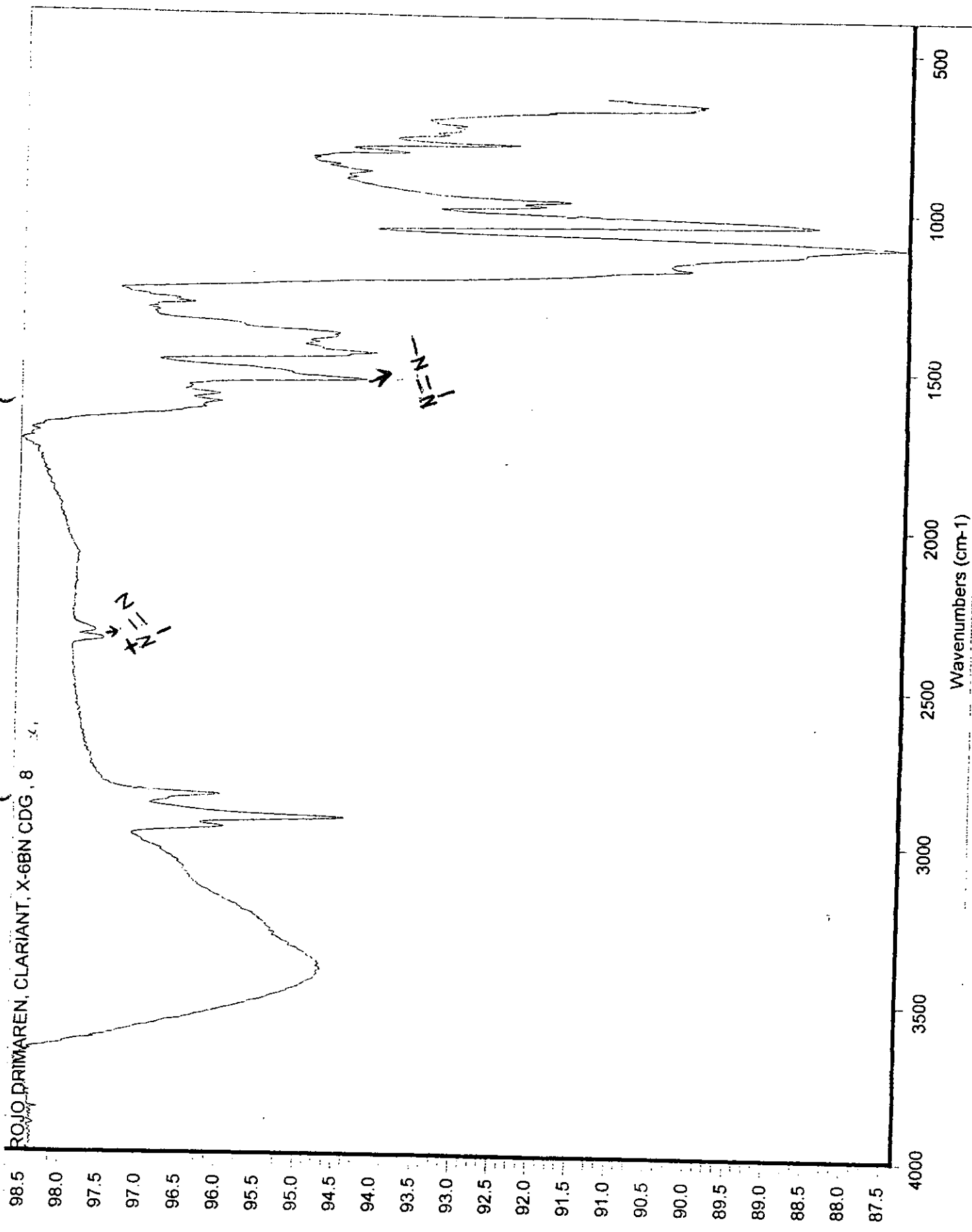


CLARIANT AZUL MARINO RIMAREN X-GN JG 6

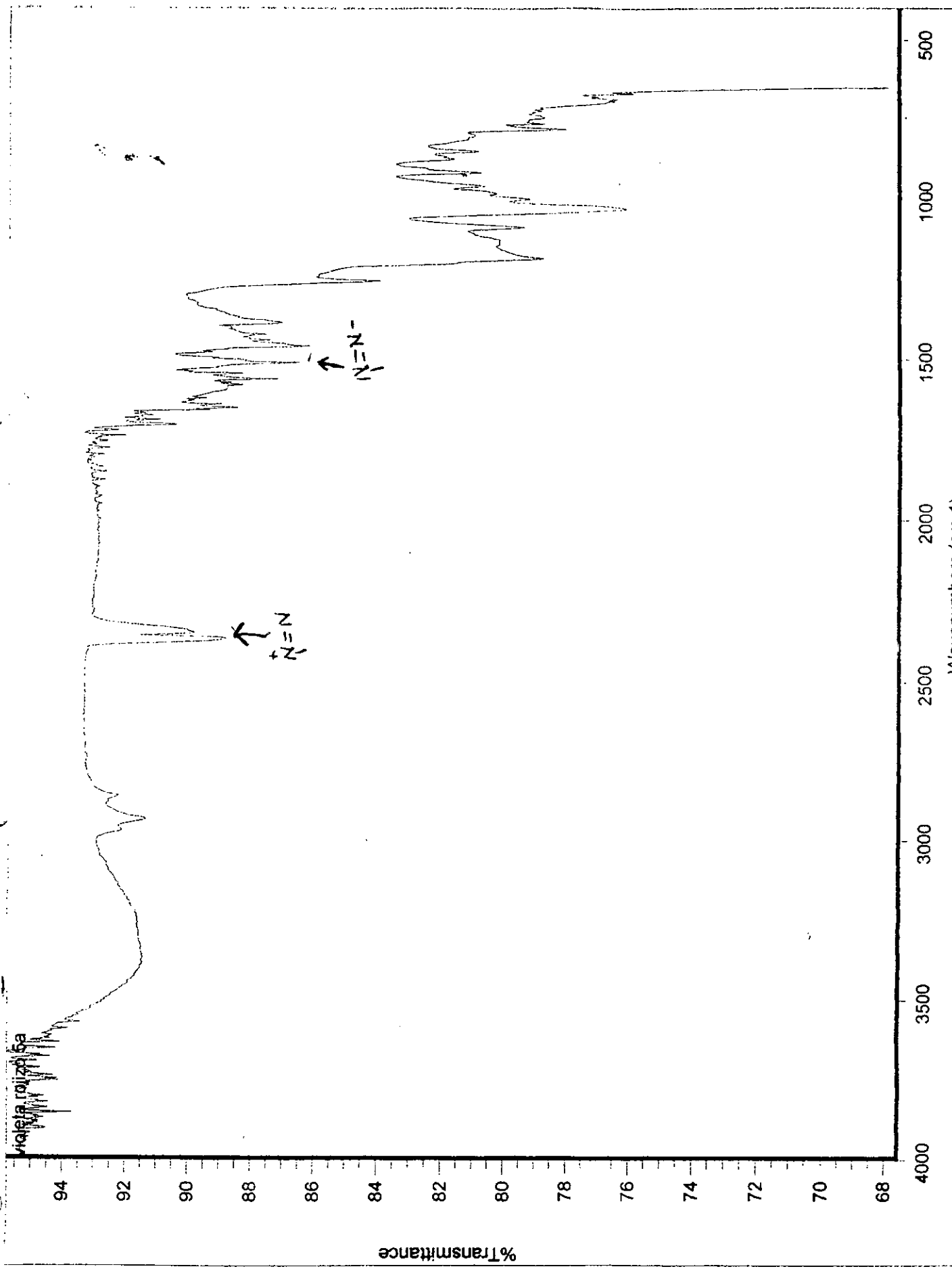


13

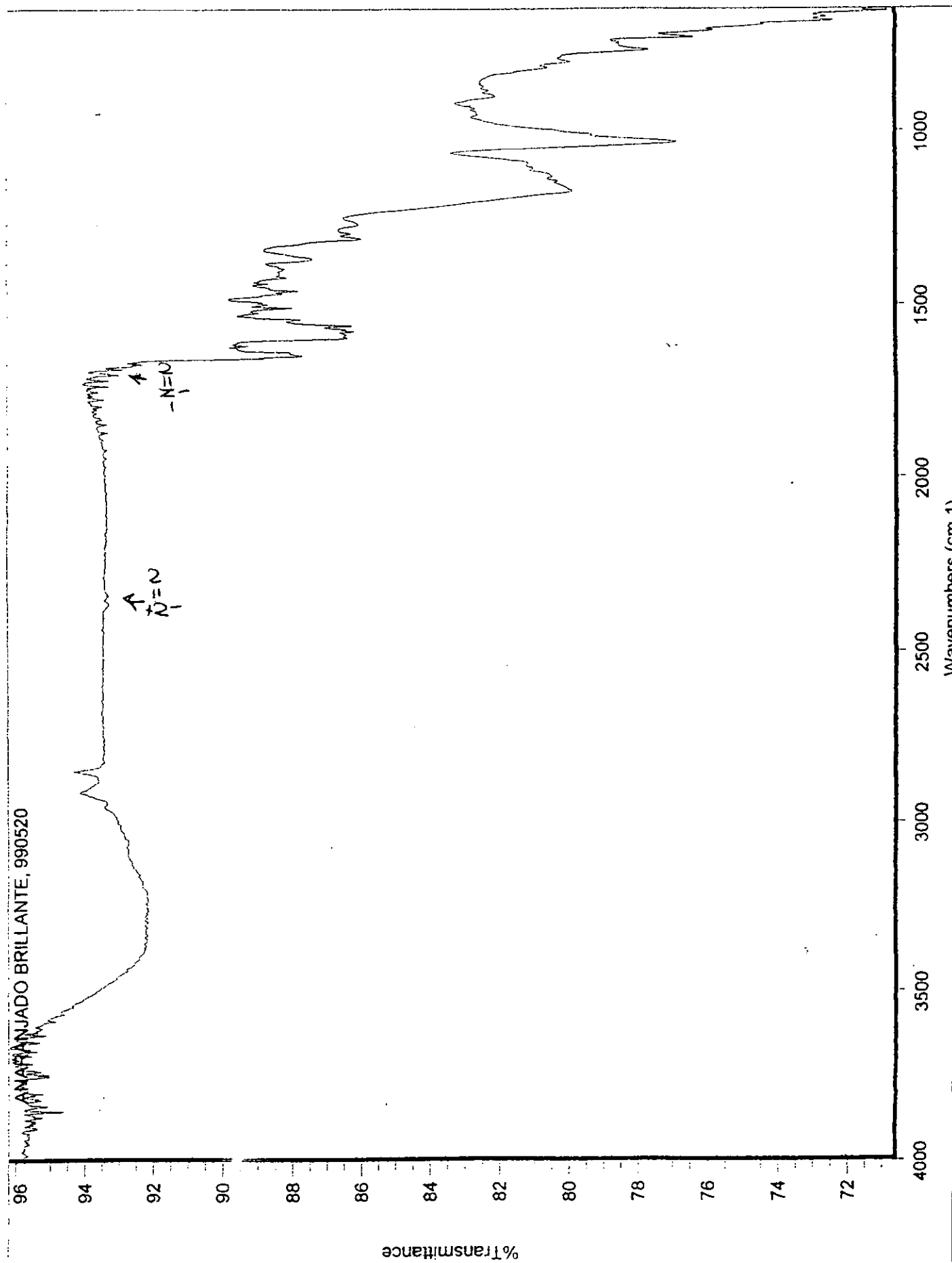
ROJO PRIMAREN, CLARIANT, X-6BN CDG, 8



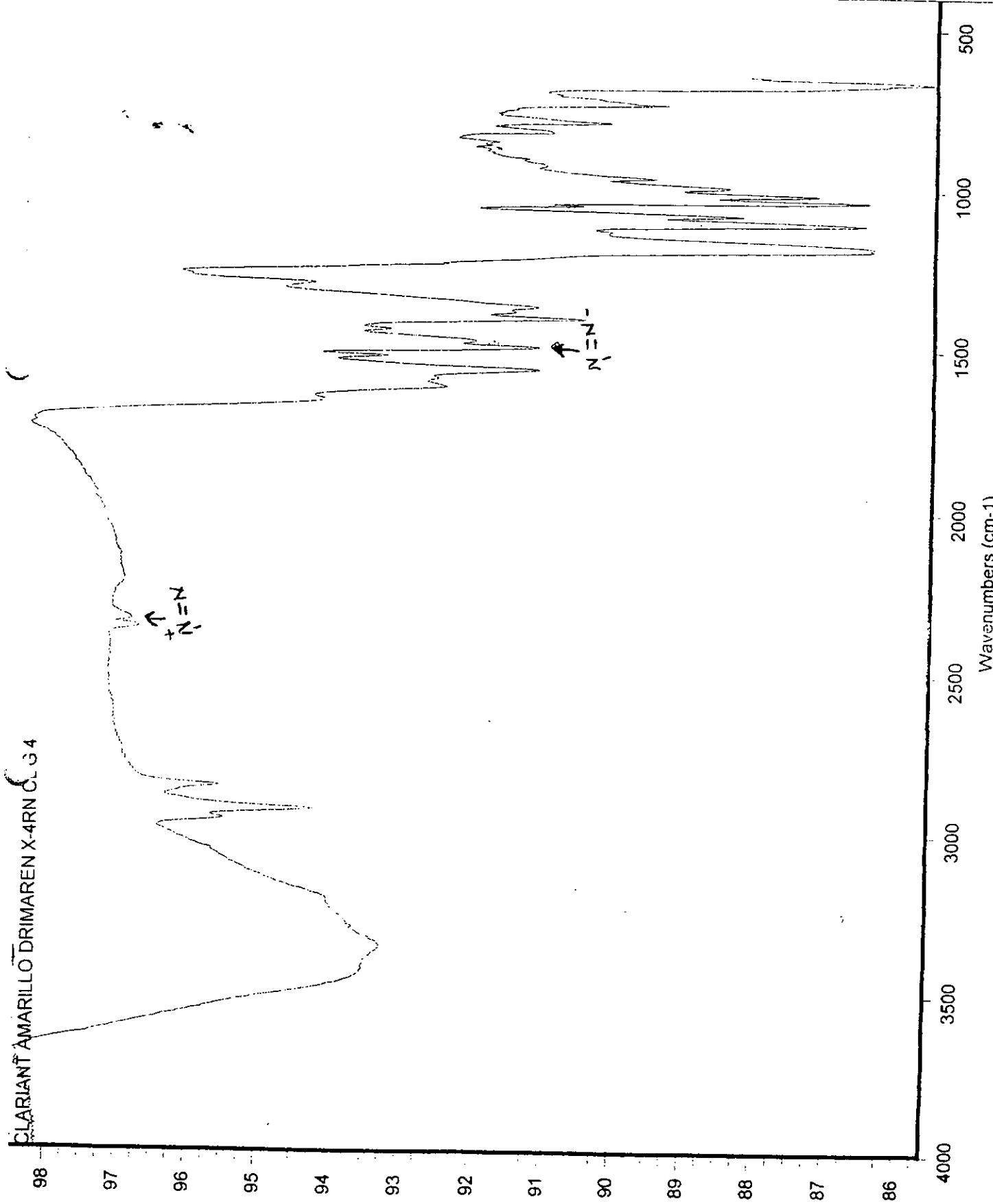
(2)

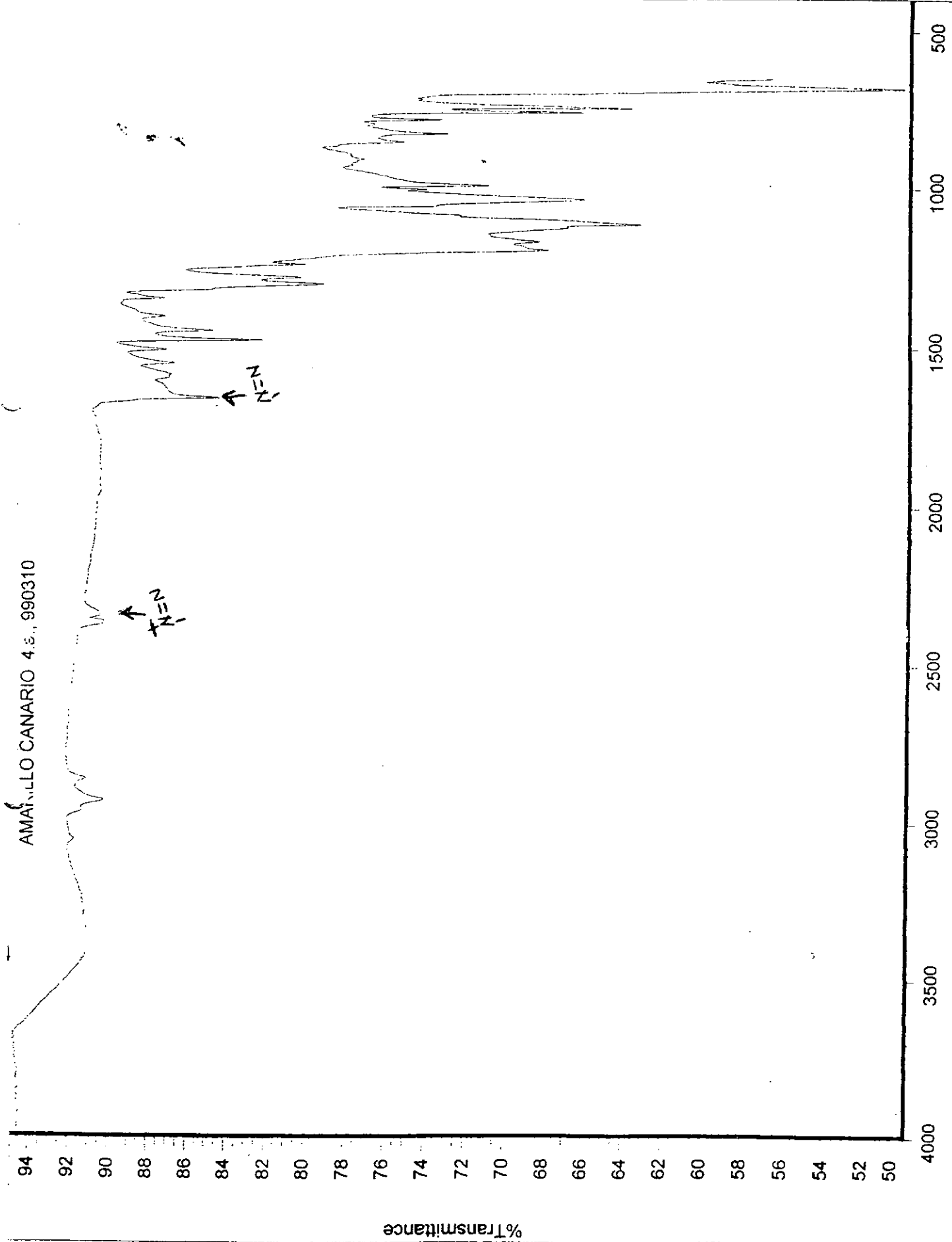


ANATASIO BRILANTE, 990520



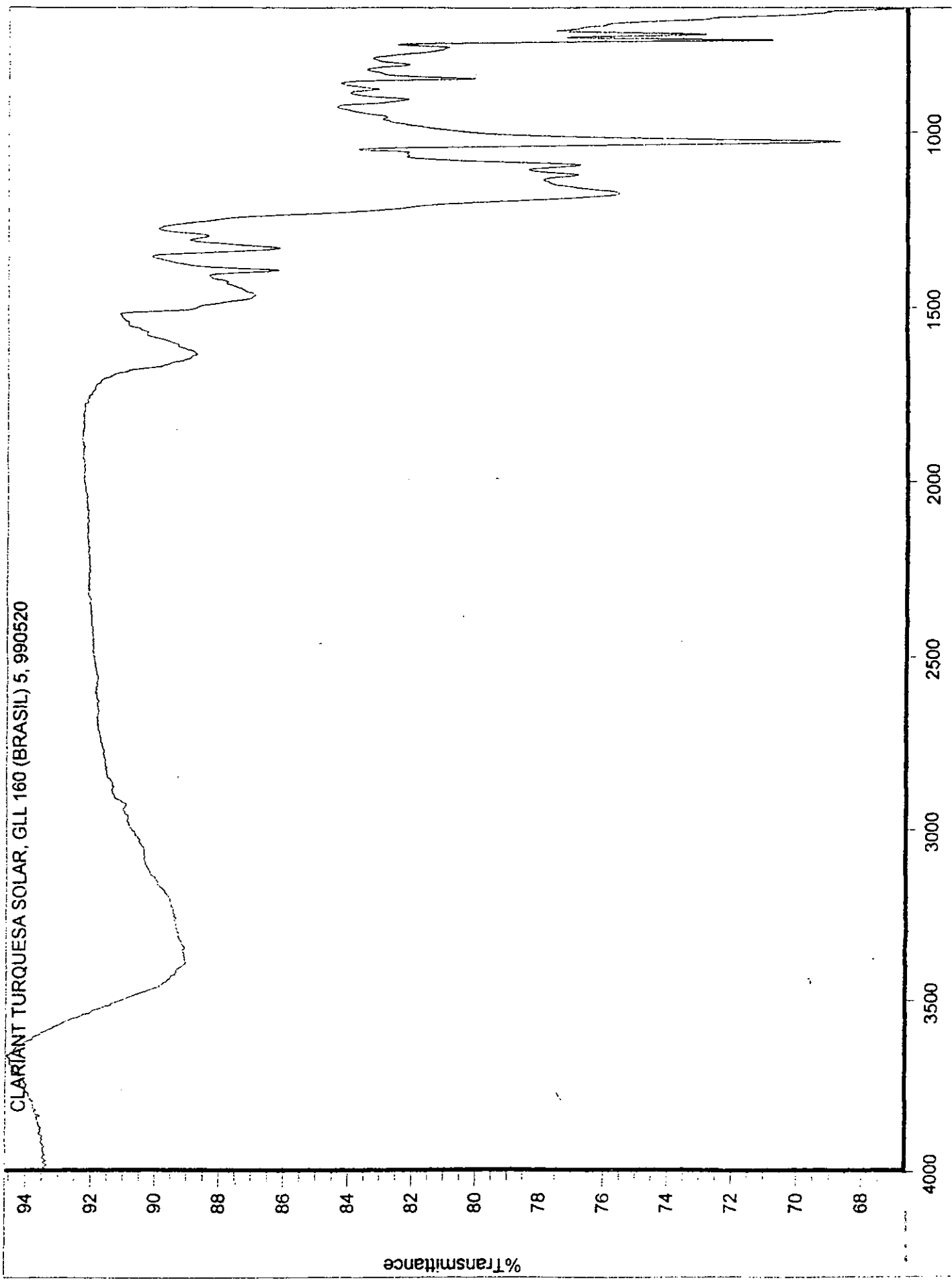
CLARIANT AMARILLO DRIMAREN X-4RN CL G4



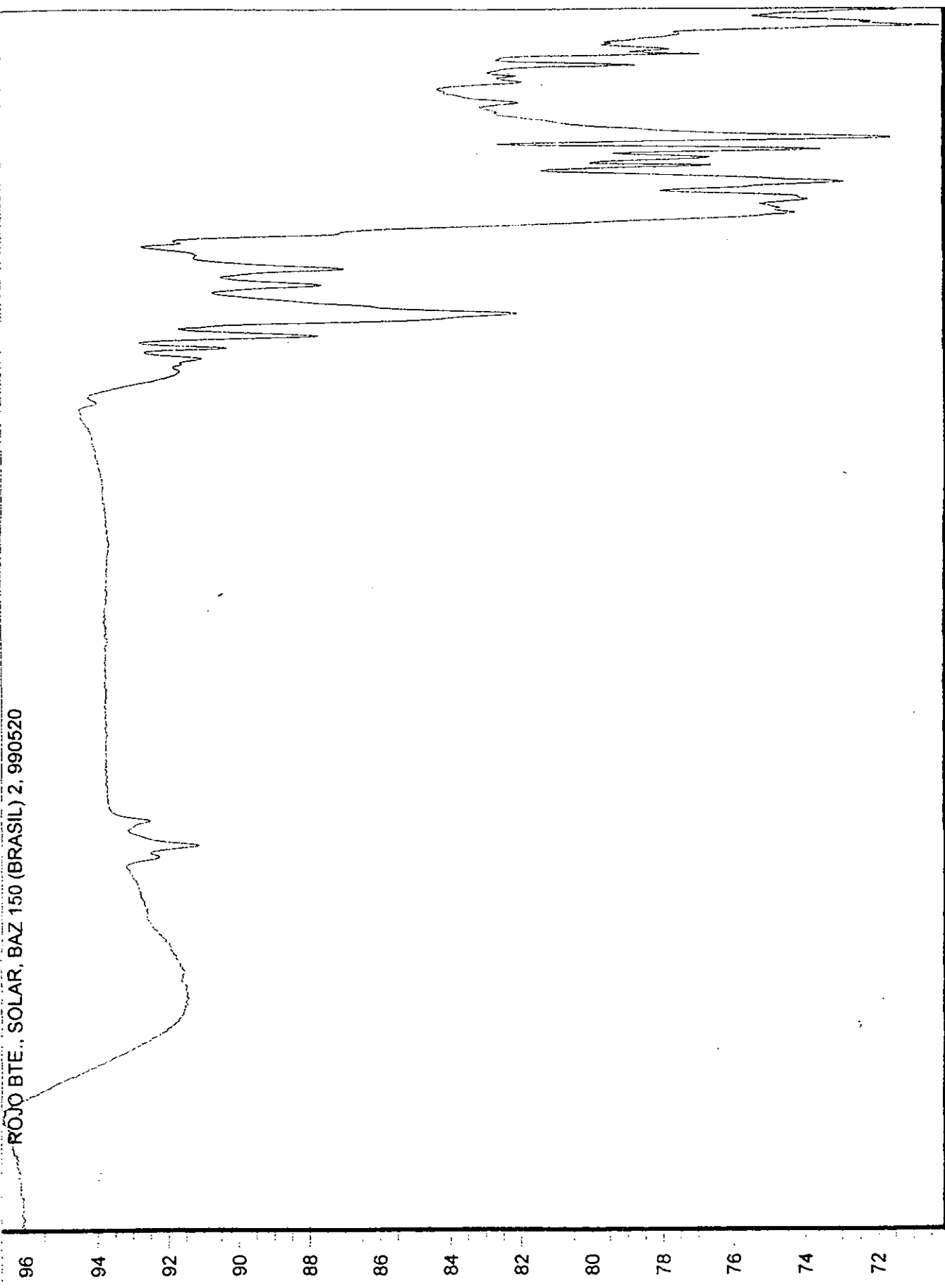


5

(NO grupo AZO

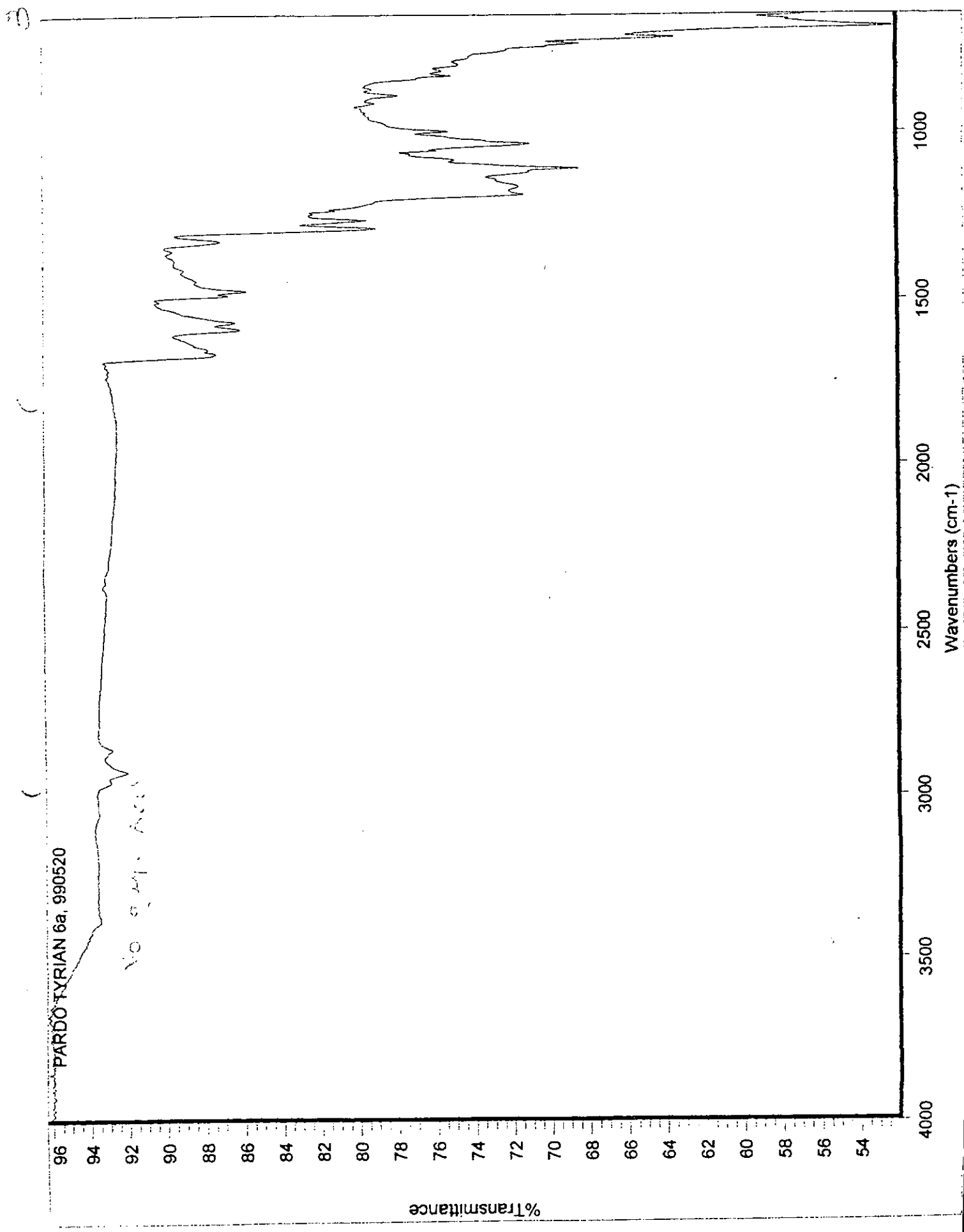


ROJO BTE., SOLAR, BAZ 150 (BRASIL) 2, 990520

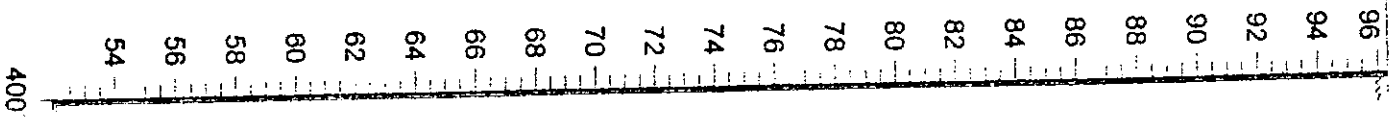


4000 3500 3000 2500 2000 1500 1000

Wavenumbers (cm-1)



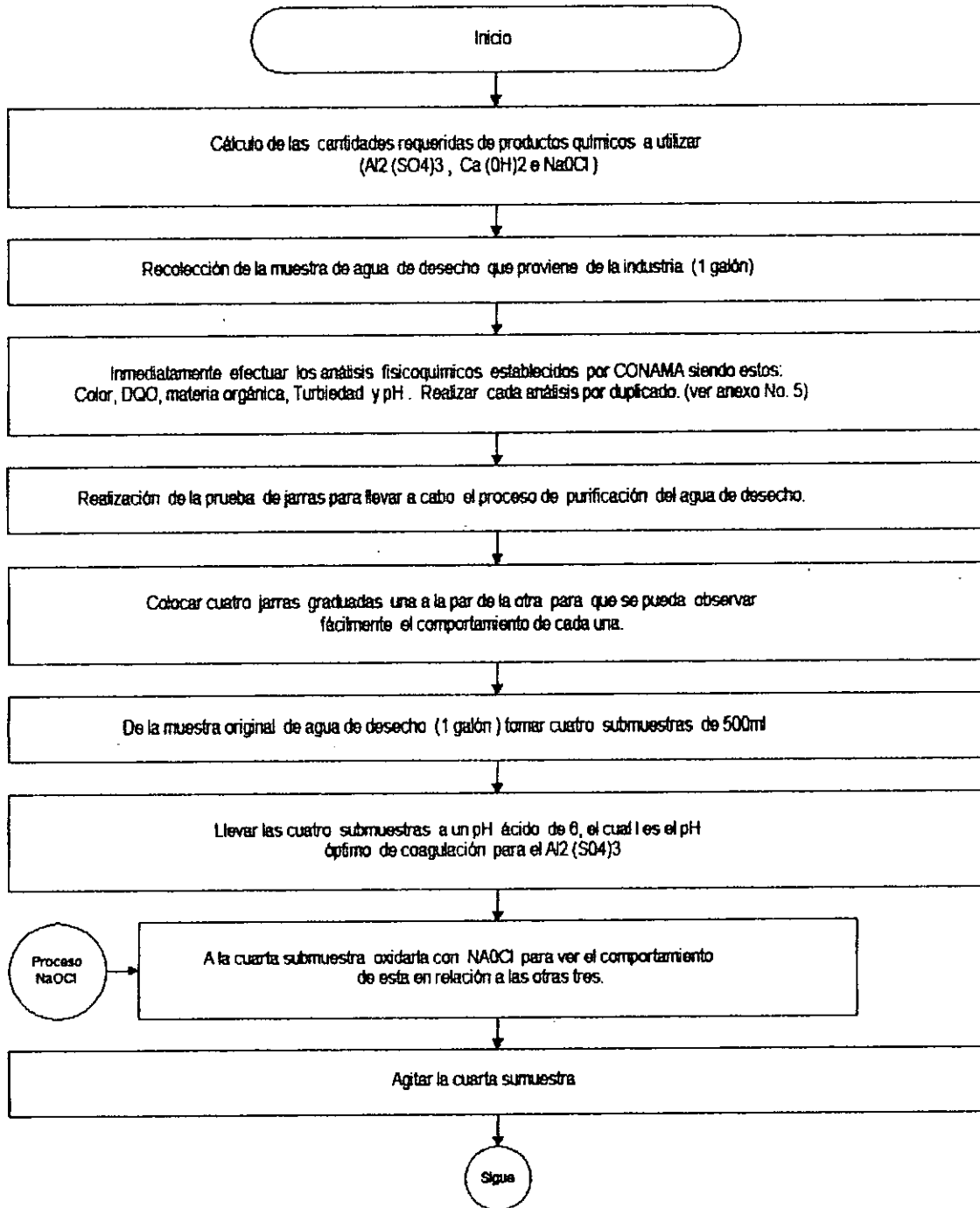
%Transmittance

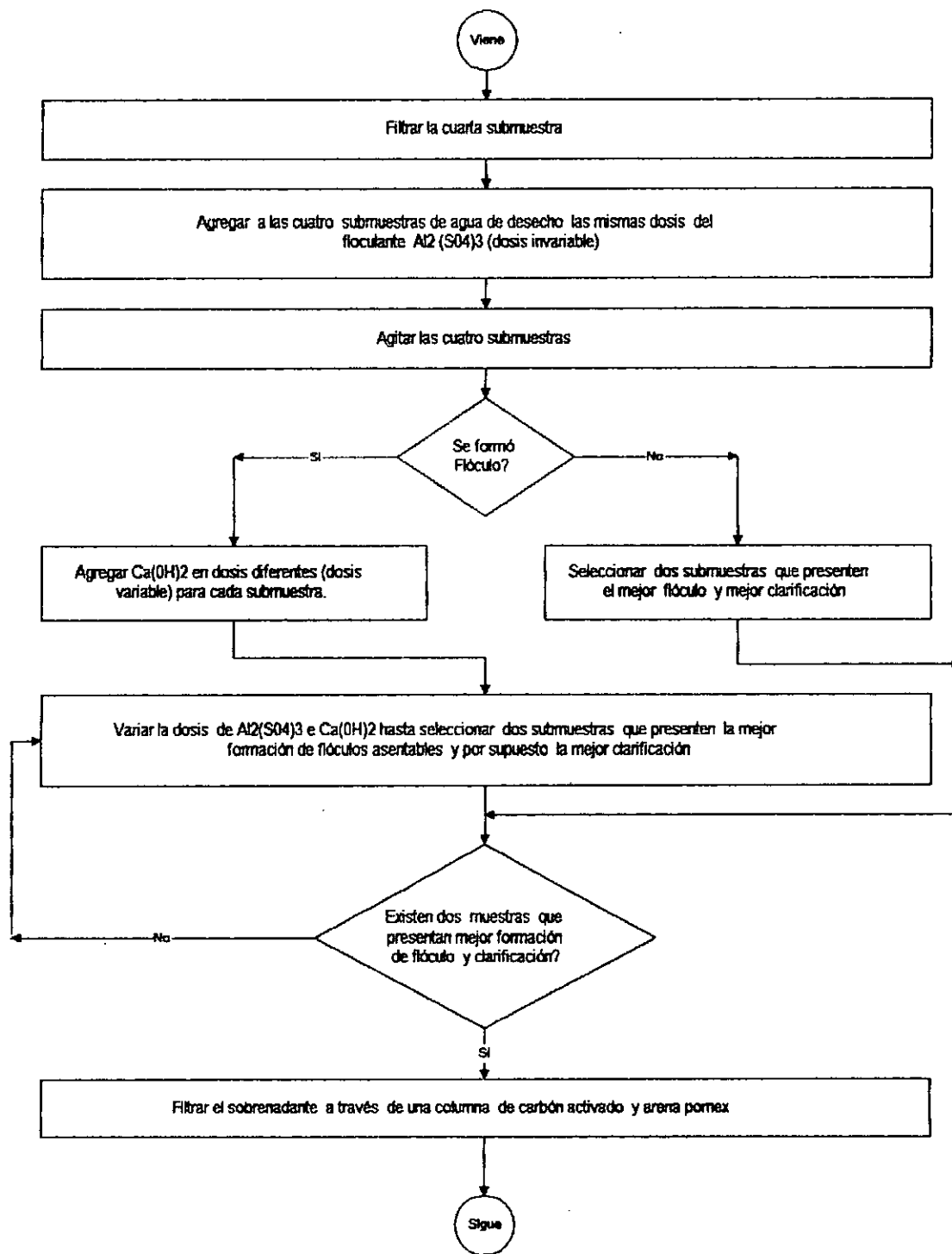


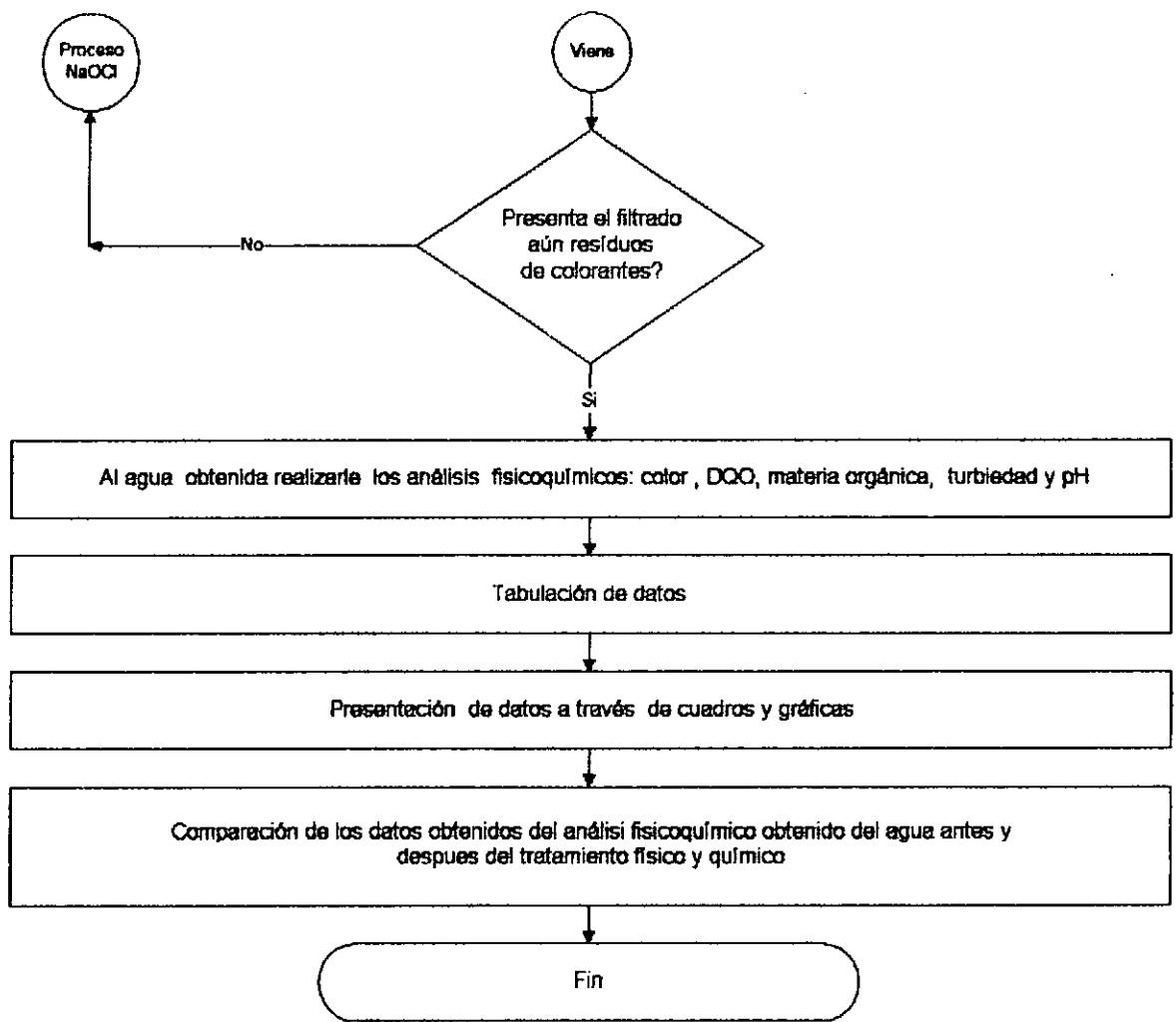
400

Anexo No. 4

Diagrama de Flujo de Operación







Anexo No.5

Métodos analíticos utilizados para analizar los parámetros de : Color, Turbiedad, pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y materia orgánica :

a) Procedimiento para determinación de color:

(Rango: 0 - 500 unidades, escala platino - cobalto)

- Si las muestras de agua a analizar exceden de 500 unidades de color, es necesario realizar diluciones a efecto de obtener un resultado adecuado a lo que se pretende realizar.
- Colocar aproximadamente 100 ml de agua desmineralizada en un tubo de Nessler y agregar una gota de solución TRITON X 100; este tubo servirá para calibración del aparato.
- Colocar aproximadamente 100 ml de la muestra de agua en un tubo de Nessler y agregar una gota de solución TRITON X 100
- Colocar la muestra que contiene el agua desmineralizada dentro del portaceldas y cerrar la guarda para la luz. Insertar la escala para color en el medidor y ajustar el cuadrante de longitud de onda a 455 nm.
- Colocar el interruptor de modalidad en la posición del regulador del lado izquierdo y comprobar el ajuste en el lado izquierdo de la escala, observando frente al aparato la alineación de la aguja en el extremo izquierdo del arco de la escala.
- Colocar el interruptor en la posición de normal y ajustar el regulador del lado derecho para una lectura de cero unidades de color.
- Colocar la muestra de agua a analizar en el portaceldas y cerrar la guarda para la luz. Realizar la lectura en unidades de color.

b) Determinación de Turbiedad con el turbidímetro 2100 A:

Este aparato contiene estándares de la casa matriz para su calibración de 1, 10, 100 y 1000 UTN (Unidades Nefelométricas de Turbiedad), por lo que en el momento de utilizarse se procede a calibrar comenzando por el de mayor rango. Si las muestras de agua a analizar tienen una turbiedad mayor de 1000 se proceden a hacer diluciones a efecto de encontrar un resultado que pueda ser representativo .

Esta determinación tiene el principio del Turbidímetro de Jackson el cual le dió origen a los demás turbidímetros vigentes hasta el momento.

- Colocar el estandar de mayor rango en el portaceldas y a su vez girar la perilla de escala a dicho valor.
- Agitar la muestra y verirla dentro de la celda del aparato
- Colocar la celda en el portaceldas
- Realizar la lectura. Observar que la lectura se encuentra dentro del rango menor, extraerla y colocarla en el siguiente estandar menor; girar la perilla de la escala e introducir nuevamente la muestra, etc.
- Realizar nuevamente el procedimiento hasta que de un resultado adecuado en la escala menor y de esa manera se evitará un mayor error en las lecturas de Turbiedad.

La lectura se realiza en Unidades de Turbiedad Nefelométricas.

Nota: Cuando se colocan los estandares de 100 UTN o mayores es necesario colocar el elevador de celdas con el fin de hacer más eficiente y exacta la lectura de turbiedad ya que de esa manera se mejora el paso de la luz a través de la muestra a analizar.

c) Procedimiento para determinar el pH con electrodo:

- Verificar que el potenciómetro se encuentre encendido.
- Calibrar el aparato con uno o dos estandares de preferencia, que se encuentren los valores dentro del intervalo de la muestra.
- Colocar la muestra en un vaso de precipitar y realizar la lectura de pH.

d) Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

- Medir 10ml de la muestra y colocarla dentro del frasco de digestión
- Agregar 0.1 g por medio de un medidor, de sulfato mercúrico, agitar y mezclar.
- Por medio de una pipeta agregar 5 ml de dicromato de potasio en el frasco de digestión.
- Por medio de una pipeta agregar 15 ml de la solución sulfato de plata- ácido sulfúrico, agitar y mezclar. La muestra se vuelve ligeramente caliente al agregar el ácido por lo que en este caso se deben tomar extremas precauciones.
- Colocar la muestra preparada sobre la hornilla eléctrica y conectar el condensador de reflujo, tomar

en cuenta la entrada y salida del agua de enfriamiento. Se debe calentar a temperatura moderada por espacio de dos horas, se apaga la fuente de calor, se extrae de la hornilla y se deja enfriar.

- Enfriar completamente la muestra, colocarla en una probeta de 50 ml. Si el volumen es menor de 29ml ajustarlo con agua destilada.
- Colocar la muestra en una celda del espectrofotómetro y proceder a llenar otra con agua destilada.
- Colocar la celda con agua destilada en el portaceldas, cerrar la guarda para la luz y calibrar el aparato.
- Colocar la muestra preparada en el portaceldas y leer los mg/L de DQO.

El método anterior está descrito en el standar methods y actualmente venden viales con la solución preparada y un digestor para 25 muestras, similar al método anterior y con el mismo principio aprobado por el standar methods, el método que se utilizó fue el siguiente:

- Conectar el digestor para DQO precalentarlo por espacio de 20 minutos. Medir la temperatura que debe ser de 150°C.
- Colocar 2 ml de agua destilada y demineralizada en el vial que contiene la solución, agitar y mezclar. Este vial sirve para calibrar el equipo a cero mg/L de DQO.
- Colocar 2 ml de muestra en otro vial que contiene la misma solución, agitar y mezclar.
- Colocar ambos viales en el digestor para muestras por un tiempo de dos horas y a una temperatura de 150 °C.
- Al terminar el tiempo de digestión proceder a extraer los viales del digestor, colocarlos en una gradilla y dejar que se enfrien.
- Encender el espectrofotómetro y colocar la longitud de onda a 620 nm para lectura de la DQO.
- Introducir el vial que contienen el agua destilada y desmineralizada en el espectrofotómetro y calibrar el aparato a cero m/L de DQO.
- Introducir el vial que contiene la muestra y realizar la lectura en mg/L de DQO.

Nota: Si las muestras que se analizan es mayor que el rango que proporciona el método deben hacerse diluciones con el fin de poder obtener una lectura adecuada en el aparato.

e) Procedimiento para determinar Materia Orgánica:

- Medir 10 ml de la muestra de agua y colocarla en un erlenmeyer de 250 ml.
- Agregar lentamente 10 ml de dicromato de potasio (medir con pipeta volumétrica) agitar por un

minuto.

- Agregar de 5 a 10 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Dejar en reposo 20 minutos. Si se observa una coloración verdosa agregar 10 ml más de dicromato de potasio.
- Dejar en reposo 20 minutos para completar la reacción.
- Trasvasar cuantitativamente a un matraz aforado de 250 ml y aforar con agua destilada.
- Medir con pipeta volumétrica 25 ml, colocar en un beaker de 100ml . Agregar cinco ml de ácido fosfórico y dos gotas del indicador de difenilamina.
- Titular con Sulfato Ferroso Amónico, el exceso de dicromato de potasio que no reaccionó con la materia orgánica presente en la muestra.

ANEXO No. 6

AMINAS CANCERIGENAS

(CITADO DEL REGLAMENTO ALEMAN DE ARTICULOS DE CONSUMO)

1. DIFENILAMINA
2. BENCIDINA
3. 4-0- CLOROTOLUENO
4. 2 - NAFTALINAMINA
5. 0 - AMINOAZOTOLUENO
6. 2 - AMINO - 4 - NITROTOLUENO
7. P - CLOROANILINA
8. 2,4 - DIAMINOANISOL
9. 4,4 - DIAMINODIFENILMETANO
10. 3,3 - DIMETOXIBENCIDINA
11. 3,3 - DICLOROBENCIDINA
12. 3,3 - DIMETILBENCIDINA
13. 3,3 - DIMETIL 4,4' DIAMINODIFENILMETANO
14. P - CRESIDINA
15. 4,4 - METILENO - DI - 2- CLOROANILINA
16. 4,4 - DIOXIANILINA
17. 4,4 - DITIOANILINA
18. 0 - TOLUIDINA
19. 2,4 - TOLUENODIAMINA
20. 2,4 -5 - TRIMETILANILINA

ANEXO No. 7

LISTADO DE TINTES PROHIBIDOS

(REGLAMENTACION DE ARTICULOS DE CONSULMO EN ALEMANIA,
HOLANDA Y SUECIA , 1 ABRIL DE 1996)

LISTADO DE TINTES ACIDOS PROHIBIDOS

TINTES ACIDOS	CI
ACID ORANGE 45	22 19 5
ACID RED 4	14 71 0
ACID RED 5	14 90 5
ACID RED 24	16 14 0
ACID RED 26	16 15 0
ACID RED 73	27 29 0
ACID RED 85	22 24 5
ACID RED 114	27 20 0
ACID RED 116	26 66 0
ACID RED 128	24 12 5
ACID RED 148	26 66 5
ACID RED 150	27 19 0
ACID RED 158	20 53 0
ACID RED 254	18 13 3
ACID VIOLETA 12	18 07 5
ACID VIOLETA 49	42 64 0
ACID BLACK 94	30 33 6
ACID RED 265	18 12 9
ACID RED 167	-
ACID RED 420	-
ACID BROWN 415	-
ACID BLACK 29	-
ACID BLACK 131	-
ACID BLACK 132	-
ACID BLACK 209	-
ACID ORANGE 156	26 50 1
ACID ORANGE 165	28 63 2
ACID DYE	16 15 5
ACID VIOLETA 17	42 65 0

LISTA DE TINTES AZOICOS PROHIBIDOS

TINTES AZOICOS	CI
AZO DIAZO COMPONENT 11	37 08 5
AZO DIAZO COMPONENT 12	37 10 5
AZO BLUE 037	-
AZO DIAZO COMPONENT 29	37 25 5
AZO DIAZO COMPONENT 48	37 23 5
AZO DIAZO COMPONENT 112	37 22 5
AZO DIAZO COMPONENT 113	37 23 0
AZO DIAZO COMPONENT 7	37 27 0
AZO DIAZO COMPONENT 20	3717 5
AZO DIAZO COMPONENT 24	3715 5
AZO DIAZO COMPONENT 41	3716 5

LISTADO DE TINTES DIRECTOS PROHIBIDOS

TINTES DIRECTOS	CI
DIRECT BLACK 29	22 58 0
DIRECT BLACK 38	30 23 5
DIRECT BLACK4	30 24 5
DIRECT BLACK 154	-
DIRECT BLACK91	30 40 0
DIRECT BLUE 1	24 41 0
DIRECT BLUE 10	24 34 0
DIRECT BLUE 14	23 85 0
DIRECT BLUE 15	24 40 0
DIRECT BLUE 151	24 17 5
DIRECT BLUE 160	-
DIRECT BLUE 173	-
DIRECT BLUE 192	-
DIRECT BLUE 2	22 59 0
DIRECT BLUE 201	-
DIRECT BLUE 215	24 14 5
DIRECT BLUE 22	24 28 0
DIRECT BLUE 25	23 79 0
DIRECT BLUE 295	23 82 0
DIRECT BLUE 3	23 70 5
DIRECT BLUE 35	24 14 5

TINES DIRECTOS	CI
DIRECT BLUE 6	22 61 0
DIRECT BLUE 76	24 41 1
DIRECT BLUE 8	24 14 0
DIRECT BLUE 9	24 15 5
DIRECT BLUE 53	23 86 0
DIRECT BROWN 1	30 04 5
DIRECT BROWN 12	30 11 0
DIRECT BROWN 101	31 74 0
DIRECT BROWN 154	30 12 0
DIRECT BROWN 2	22 31 1
DIRECT BROWN 222	30 36 8
DIRECT BROWN 25	36 03 0
DIRECT BROWN 27	31 72 5
DIRECT BROWN 31	35 66 0
DIRECT BROWN 33	35 52 0
DIRECT BROWN 51	31 70 0
DIRECT BROWN 59	22 34 5
DIRECT BROWN 6	30 14 0
DIRECT BROWN 79	30 05 6
DIRECT BROWN 95	30 14 5
DIRECT GREEN 6	30 29 5
DIRECT GREEN 8	30 31 5
DIRECT GREEN 81	-
DIRECT GREEN 85	30 38 7
DIRECT GREEN 1	30 28 0
DIRECT ORANGE 1	22 37 0
DIRECT ORANGE 10	23 37 0
DIRECT ORANGE 108	29 17 3
DIRECT ORANGE 6	23 37 5
DIRECT ORANGE 7	23 38
DIRECT ORANGE 3	22 13 0
DIRECT RED 1	22 31 0
DIRECT RED 10	22 14 5
DIRECT RED 13	22 15 5
DIRECT RED 17	22 15 0
DIRECT RED 2	23 50 0
DIRECT RED 24	29 18 5
DIRECT RED 26	29 19 0
DIRECT RED 28	22 12 0
DIRECT RED 37	22 24 0
DIRECT RED 39	23 63 0
DIRECT RED 44	22 50 0
DIRECT RED 46	23 0 50
DIRECT RED 62	29 17 5
DIRECT RED 67	23 50 5

DIRECT RED 7	24 10 0
TINTES DIRECTOS	CI
DIRECT RED 72	29 20 0
DIRECT VIOLET 1	22 57 0
DIRECT VIOLET 12	22 55 0
DIRECT VIOLET 21	23 52 0
DIRECT VIOLET 22	22 48 0
DIRECT YELLOW 1	22 25 0
DIRECT YELLOW 24	22 0 10
DIRECT YELLOW 48	23 66 0
DIRECT BLUE 64	22 5 95
DIRECT BLACK 86	24 11 5
DIRECT DYE	23 82 0
DIRECT DYE	30 23 0
DIRECT BLUE 75	24 41 1

LISTADO DE TINTES BASICOS PROHIBIDOS

TINTES BASICOS	CI
BASIC RED 9	-
BASIC YELLOW 2	41 00 0
BASIC BLUE 3	51 00 4
BASIC BLUE 7	42 59 5
BASIC BLUE 81	42 59 5
BASIC RED 12	48 0 70
BASIC VIOLET 16	48 0 13
BASIC YELLOW 21	48 06 0
BASIC BROWN 4	21 0 20
BASIC RED 42	-
BASIC RED 111	-
BASIC BLACK 29	22 58 0
BASIC BLACK 38	30 23 5
BASIC BLACK 4	30 24 5
BASIC BLACK 154	-
BASIC BLACK 91	30 40 0
ASIC BLUE 1	24 41 0
BASIC BLUE 10	24 34 0
BASIC BLUE 14	23 85 0
BASIC BLUE 15	24 40 0
BASIC BLUE 151	24 17 5
BASIC BLUE 160	-
BASIC BLUE 173	-
BASIC BLUE 192	-
BASIC BLUE 2	22 59 0
BASIC BLUE 201	-
BASIC BLUE 215	24 14 5
BASIC BLUE 22	24 28 0
BASIC BLUE 25	23 79 0
BASIC BLUE 295	23 82 0
BASIC BLUE 3	23 70 5
BASIC BLUE 6	24 14 5
BASIC BLUE 76	22 61 0
BASIC BLUE 8	24 41 1
BASIC BLUE 9	24 14 0
BASIC BLUE 53	24 15 5
BASIC BROWN 1	23 86 0
BASIC BROWN 12	30 0 45
BASIC BROWN 101	30 11 0
BASIC BROWN 154	30 12 0

ANEXO No. 8

LISTA DE TINTES SUSTITUTOS

SUSTITUTOS PARA TINTES ACIDOS

TINTES ACIDOS	CI	ALTERNATIVA	CI
ACIDO ORANGE 45	22 19 5	ACIDO ORANGE 19	14 69 0
ACIDO RED 4	14 71 0	ACIDO RED 157	17 99 0
ACIDO RED 5	14 90 5	ACIDO RED 102	14 73 0
ACIDO RED 24	16 14 0	ACIDO RED 191	17 90 0
ACIDO RED 26	16 15 0	ACIDO RED	24 78 5
ACIDO RED 115	-	ACIDO RED 37	17 04 5
ACIDO VIOLET 49	42 64 0	ACIDO VIOLET 72	-
ACIDO VIOLET 12	18 07 5	ACIDO VIOLETA 13	16 64 0
ACIDO BLACK 94	30 33 6	ACIDO BLACK 24	26 37 0

SUSTITUTOS PARA TINTES DIRECTOS

TINTES DIRECTOS	CI	ALTERNATIVA	CI
DIRECT YELLOW 48	23 66 0	DIRECT YELLOW 15	-
DIRECT ORANGE 8	-	DIRECT ORANGE 102	29 15 6
DIRECT RED 2	23 50 0	DIRECT RED 81	28 16 0
DIRECT RED 10	22 14 5	DIRECT RED 120	25 27 5
DIRECT RED 24	29 18 5	DIRECT RED 23	29 16 0
DIRECT RED 46	23 05 0	DIRECT RED 31	29 10 0
DIRECT RED 62	29 17 5	DIRECT RED 4	29 16 5
DIRECT VIOLET 1	22 57 0	DIRECT VIOLET 66	29 12 0
DIRECT BROWN 2	22 31 1	DIRECT BROWN 112	29 16 6
DIRECT BLACK 29	22 58 0	DIRECT BLACK 51	27 72 0



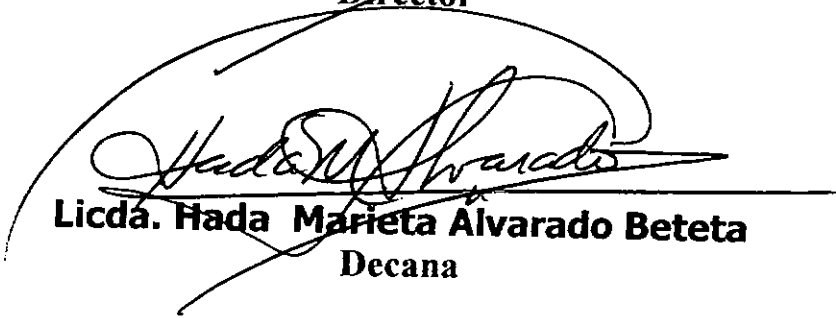
Dina Lorena Estrada Muy
Autora



Lic. Carlos Klee Mendoza
Asesor



Lic. Estuardo Serrano Vives
Director



Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta
Decana