



FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

 FGR FISCALÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA	Área: Fiscalía Especializada de Control Competencial
	Nombre del documento: Versión pública de la capeta de investigación FED/SEIDF/UNAI-CDMX/000289/2019
	Información clasificada: Información Confidencial: Datos personales Nombre, nacionalidad, estado civil, número telefónico, trayectoria académica, laboral o profesional, patrimonio, cuentas bancarias de personas físicas y/o morales, número de cuenta bancaria de personas físicas, firma. De todas las personas que se encuentren involucradas en las investigaciones, como son: Probables víctimas, Probables responsables Testigos Cualquier persona mencionada o que haya intervenido
	Información Reservada: Los datos del personal sustantivo, información recibida por asistencias jurídicas, datos de prueba y líneas de investigación vigentes.
	Fundamentación: Artículo 113, fracciones I y III de la <i>Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública</i> . Artículo 110, fracciones V y XII de la <i>Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública</i> .
	Fecha de clasificación: Trigésima Quinta Sesión Ordinaria 2021 del Comité de Transparencia de la Fiscalía General de la República. 28 de septiembre de 2021



Informe de Investigación Criminal

Carpeta de Investigación:

No. de oficio:

Fecha y hora:

Lugar:

[Redacted]

Hago de su conocimiento los resultados obtenidos al día de la fecha, en cumplimiento al oficio [Redacted] de fecha 24 de noviembre de 2020, respectivamente; de conformidad con lo establecido en los artículos 1, 16 y 21 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 132, 214, 217, 251 y 252 del Código Nacional de Procedimientos Penales; 40, 41, 75, 76 y 77 de la Ley General del Sistema Nacional de Seguridad Pública; 3, 6 y 32 de la Ley Orgánica de la Fiscalía General de la República.

Objetivos

Consultar en fuentes abiertas.

Métodos y técnicas utilizadas

Gabinete.

En cumplimiento a lo ordenado el suscrito realice una búsqueda de información en fuentes abiertas [Redacted] relacionado [Redacted] [Redacted]

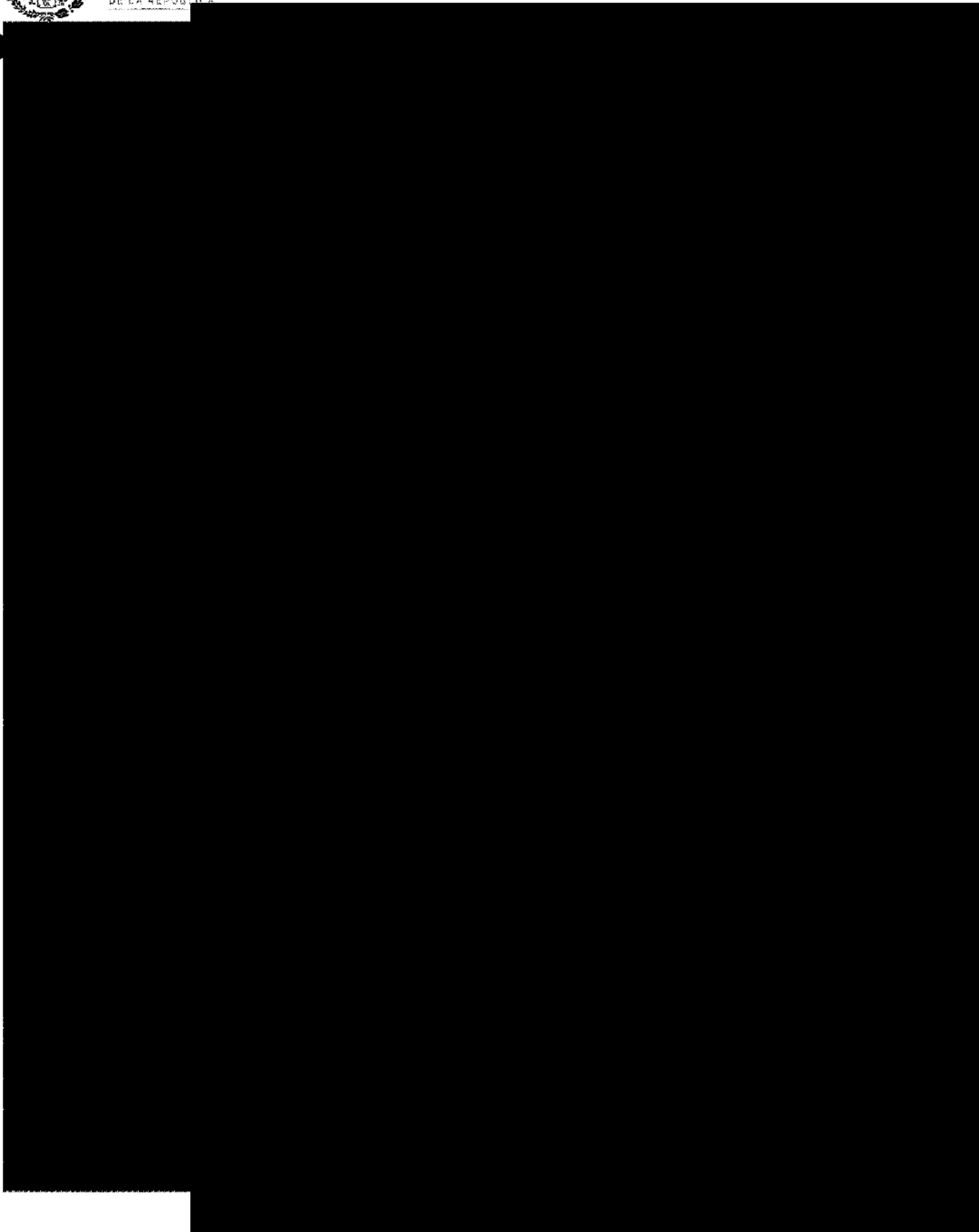
Resultados obtenidos de las investigaciones



FGR

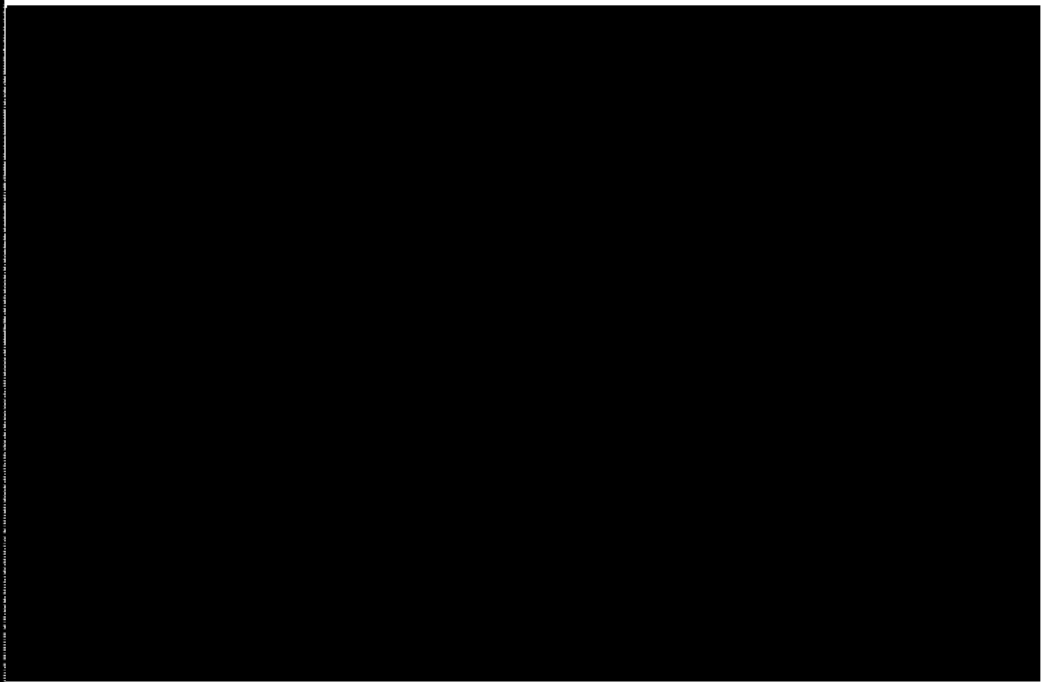
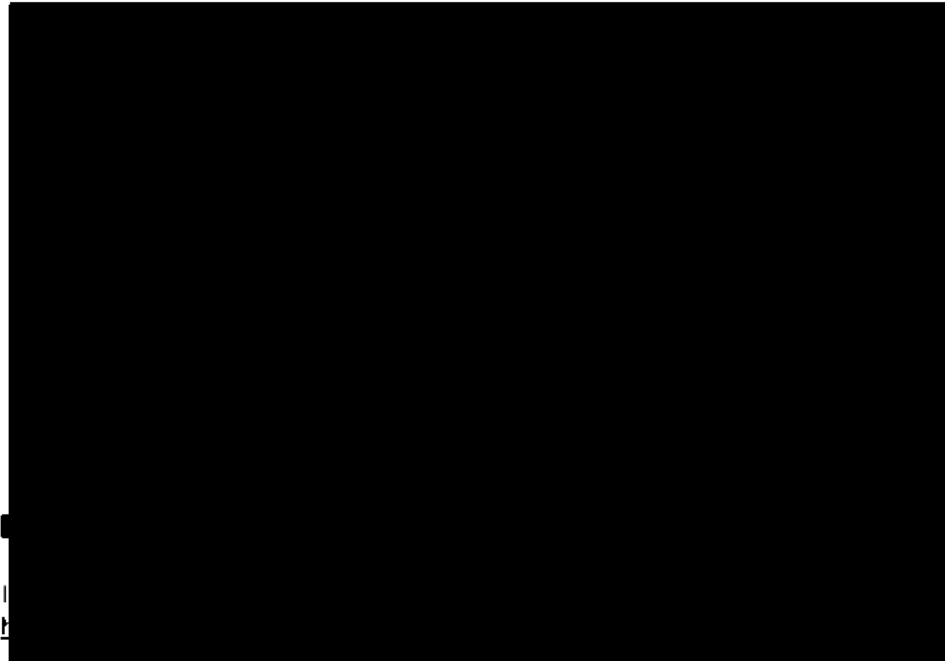
FISCALIA GENERAL
DE LA REPUBLICA

00002





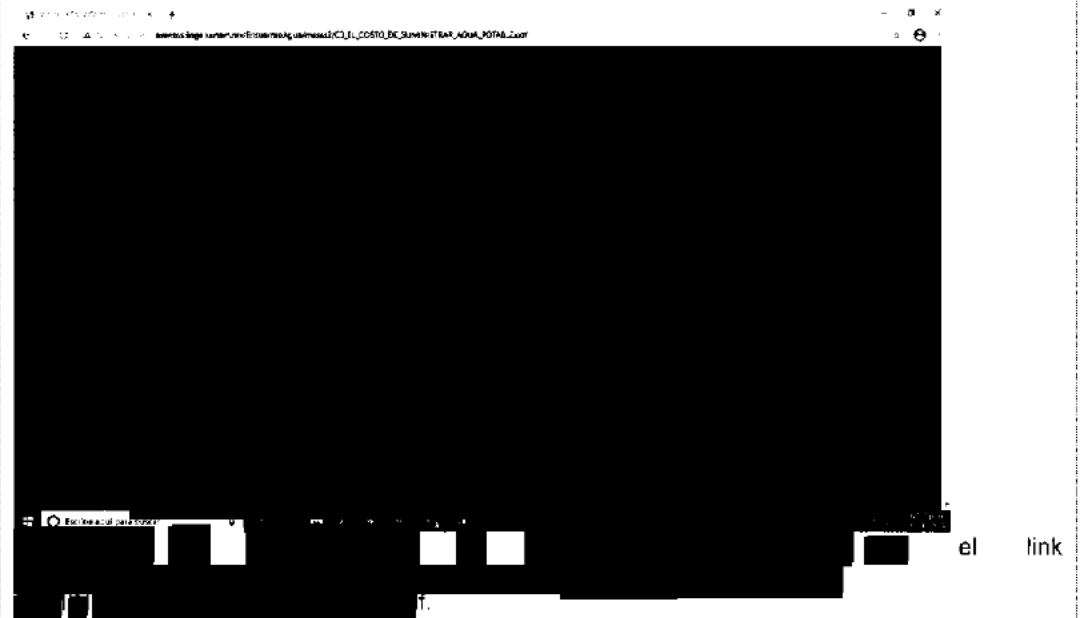
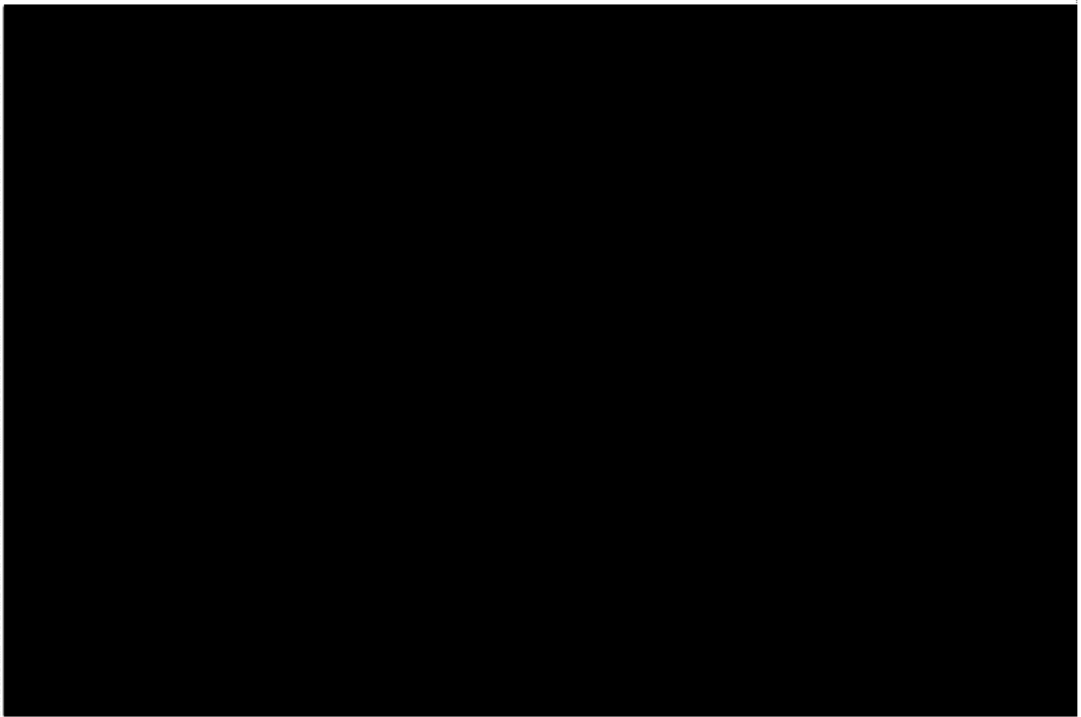
informe una imperion.







marcado con número de folio [REDACTED] y de las cuales se anexa al presente informe una impresión.

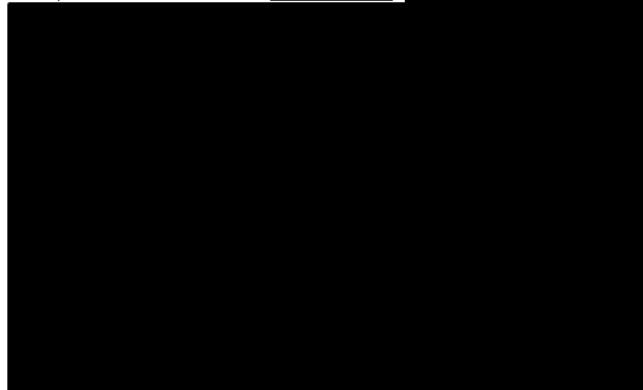




Conclusiones

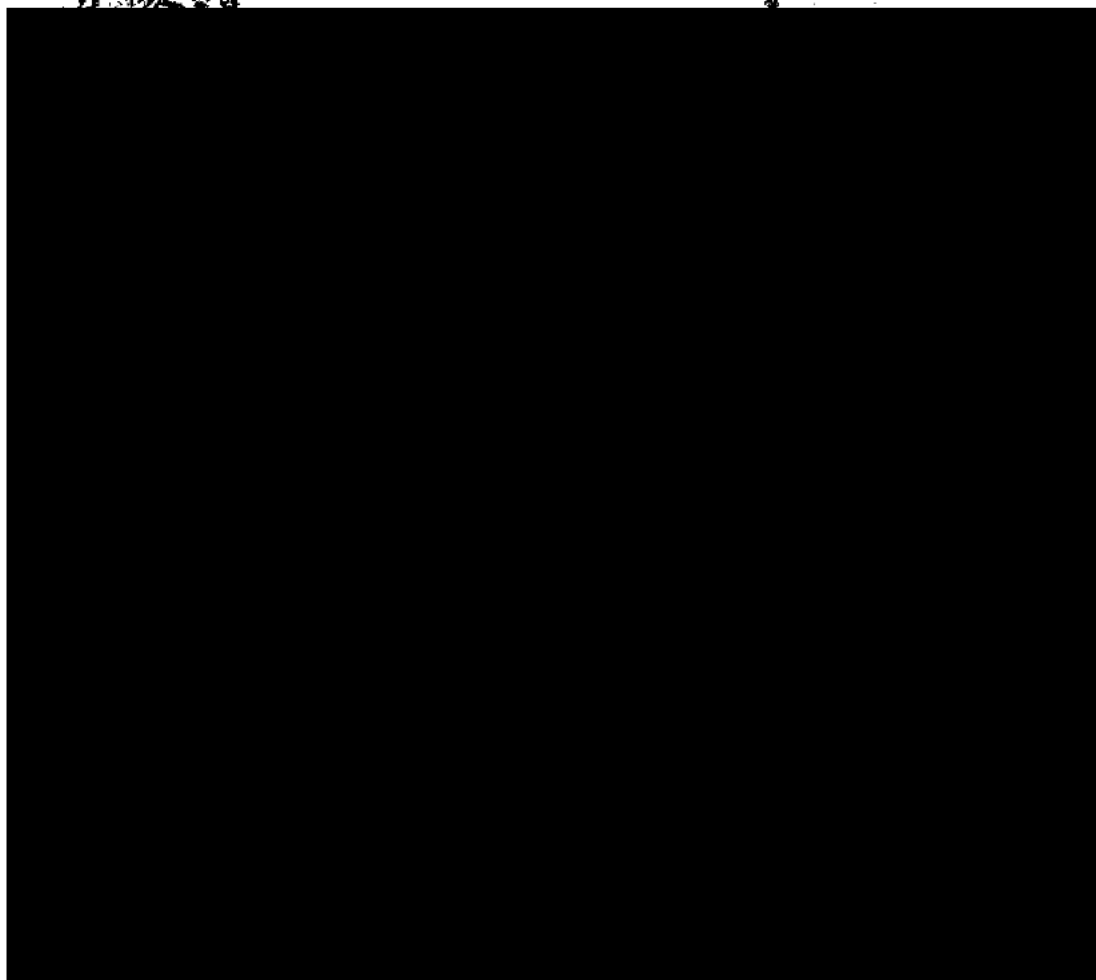
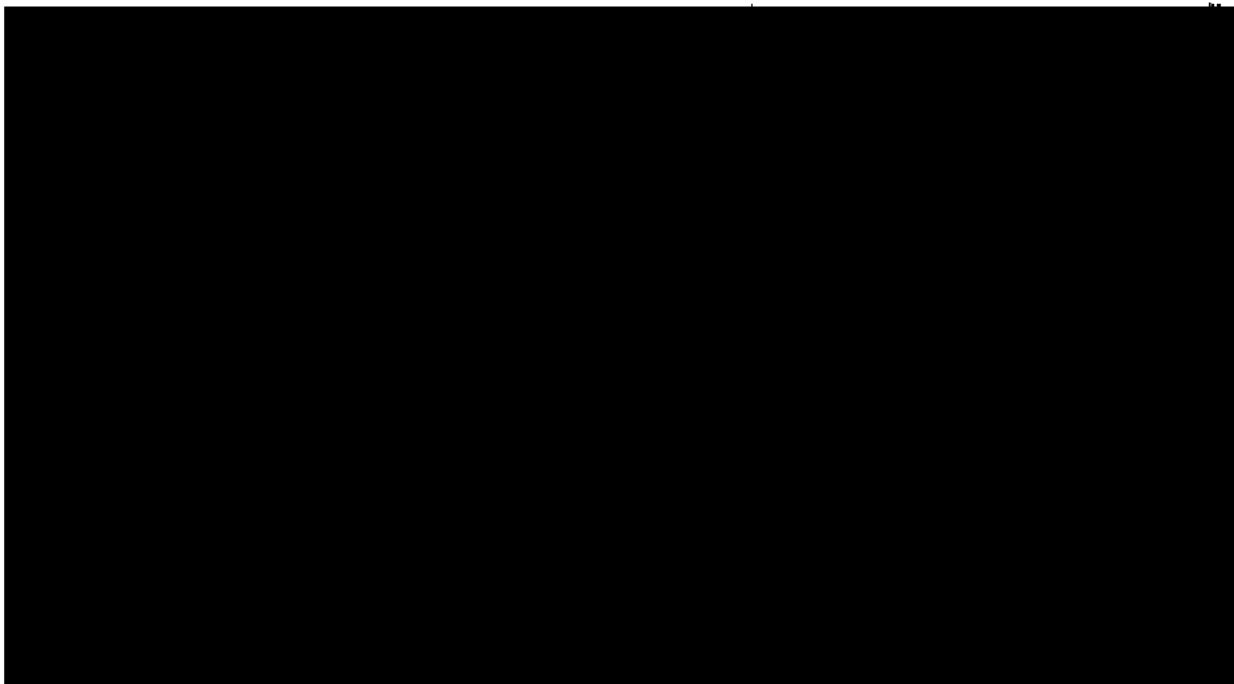
Se realizo la consulta en fuentes abiertas.

Se anexa impresión de la documentación consultada en fuentes abiertas, así mismo se remite la documentación (expediente) consistente en [REDACTED]



00006

1970-1971





ANTECEDENTES

La Sierra de Las Cruces (SC) está delimitada por las coordenadas $18^{\circ}59'-19^{\circ}43'N$ y $99^{\circ}00'-99^{\circ}40'W$, y constituye el límite occidental de la cuenca de México. La Sierra de Las Cruces tiene una longitud de 110 km y un ancho de 47 km a 27 km en la parte norte y sur respectivamente (Figura 1). Está conformada por ocho estratovolcanes traslapados, que de sur al norte son: Zempoala (3,690 m snm), La Corona (3,770 m snm), San Miguel (3,870 m snm), Salazar (3,660 m snm), Chapultepec (3,420 m snm), Iturbide (3,620 m snm), La Bellota (3,500 m snm) y La Catedral (3,780 m snm), y otros de menor dimensión como el volcán Ajusco (Figura 1). La actividad volcánica de la SC abarca desde el Plioceno hasta el Pleistoceno (Mooser *et al.*, 1974; Mora-Álvarez *et al.*, 1991; Romero-Terán, 2001; Osete *et al.*, 2000), y se caracteriza por la emisión de derrames de lava, extrusión de domos, emplazamiento de flujos piroclásticos, flujos de detritos y lodo, así como depósitos de avalanchas de escombros.

Hasta la fecha los trabajos realizados en la SC son variados y con diversos objetivos. Algunos se enfocan a reconocer su estructura geológica, otros muestran una cartografía volcánico-geomorfológica, y también están los que tienen como objetivo la solución de problemas geotécnicos, geohidrológicos e ingenieriles.

Entre los primeros trabajos a nivel regional, donde se hace referencia a la SC, se encuentra el realizado por Mooser (1975). Se trata del mapa geológico de la cuenca de México donde se dan a conocer las principales unidades litológicas. De Cserna *et al.* (1988) define un nuevo rasgo estructural, al SW de la cuenca de México, al cual denomina Zona de Cizallamiento Tenochtitlán. Ortiz-Pérez y Bocco (1989) realizan un estudio morfotectónico en el sector norte de la SC y la región de Ixtlahuaca, donde definen la disposición de las estructuras como las planicies de Ixtlahuaca y Toluca y la Sierra de Las Cruces, además definen una serie de bloques y tres sistemas de fallas E-W, NE-SW y N-S. Marín-Cordova y Aguayo (1989) proponen un modelo tectónico para la cuenca de México, a partir de dieciséis fallas distensivas con rumbo NE 45° - 55° SW; de este conjunto, dos de las fallas conforman la fosa que incide en la SC. Vázquez-Sánchez

y Jaimes-Falcón (1989) reconocen un conjunto de fallas normales con dirección E-W, además de la existencia de un sistema de fallas y fracturas conjugadas (N55°E), que ha estado activo desde el Plioceno y continúa hasta nuestros días; su origen lo atribuyen a esfuerzos compresivos y tensionales. Por otro lado, Mooser (1992) asocia el posible origen de la SC a fallas con sentido lateral derecho. Alaniz-Alvarez *et al.* (1998) consideran que la Sierra de Las Cruces fue emplazada sobre fallas N-S, las cuales tuvieron una tasa de deformación menor con respecto a las fallas E-W, donde se emplazó el vulcanismo monogenético.

Son pocos los trabajos en donde la SC es el objeto principal del estudio. En este marco se pueden citar los trabajos de Delgado-Granados y Martín del Pozo (1993), quienes consideran que la formación de la SC inicia en el Plioceno tardío como consecuencia de tres episodios volcánicos, el último de ellos, activo hasta el Holoceno. Estos eventos tuvieron como escenario la actual frontera entre la SC y la sierra de Chichinautzin. Mooser *et al.* (1974), establecieron que la evolución de la SC está relacionada con episodios de fallas y fracturas, así como formación de estratovolcanes; además mencionan que las estructuras volcánicas migran de manera progresiva. Romero-Terán (2001) propone que el volcán San Miguel se considere como un complejo volcánico, debido a que en realidad es una amalgama de estructuras volcánicas. Recientemente se han realizado trabajos vulcanológicos a detalle y entre ellos se encuentra el de Aguirre-Díaz *et al.* (2006a), quienes proponen la presencia de una caldera denominada La Catedral, al norte de la Sierra de Las Cruces, mientras Capra *et al.* (2002) y Macías (2006) proponen el colapso del edificio volcánico de Zempoala, originado por presencia de fallas E-W y NE-SW.

En lo que respecta a la edad, hasta la fecha se han realizado cerca de una veintena de estudios radiométricos y paleomagnéticos en la SC, que han establecido una edad que varía entre 3.71 ± 0.40 Ma y 0.39 ± 0.16 Ma (Mooser *et al.*, 1974; Mora-Álvarez *et al.*, 1991; Osete *et al.*, 2000; Aguirre-Díaz, 2006a). Aunque algunas edades radiométricas han arrojado edades miocénicas, la actividad principal volcánica de la SC ocurrió durante el Plioceno tardío-Pleistoceno.

La mayoría de los estudios realizados en la Sierra de Las Cruces, son de carácter regional, encaminados a



entender la historia geológica de la cuenca de México. De esta forma existen muy pocos trabajos enfocados a las características morfoestructurales de la SC. Debido a este hecho y a la complejidad de la misma, es que existen discrepancias en la interpretación de su edad, arreglo y morfología. En este marco, la finalidad de este trabajo es proponer un modelo morfoestructural de la SC a partir del análisis de fotografías aéreas, imágenes de satélite, modelos sombreados, mapas temáticos y trabajo de campo. Con esta información se propone una división en bloques con características volcanológicas, estructurales y morfológicas propias, que permiten esta individualización.

METODOLOGÍA

Para la elaboración del mapa base de la SC se utilizaron, en formato vectorial, las cartas topográficas Tepeji del Río (E14-A18), Zumpango de Ocampo (E14-A19), Villa del Carbón (E14-A28), Cuautitlán (E14-A29), Cd. de México (E14-A39), Toluca de Lerdo (E14-A38), Tenango de Arista (E14-A48), Milpa Alta (E14-A49), Tenancingo (E14-A58) y Cuernavaca (E14-A59), todas ellas a escala 1:50,000 y elaboradas por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). A partir de la digitalización y

manipulación en Sistemas de Información Geográfica se obtuvieron: el modelo sombreado del relieve (Palacio-Prieto *et al.*, 1991), el modelo digital del terreno (MDT), y los modelos altimétrico y de inclinación del terreno. Además se realizó un procesamiento digital de las imágenes de satélite Landsat TM, con las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7. De esta manera se generaron los productos necesarios para realizar las combinaciones de falso color que se requieren en la identificación de rasgos morfolineales y unidades litológicas, para lo cual se utilizaron los métodos propuestos por Moore y Waltz (1983) y Chávez y Alcántara (1988). Por otro lado, para definir el control estructural de las corrientes fluviales que atraviesan la Sierra de Las Cruces, se realizó un análisis de los patrones de drenaje (Bloom, 1978; Guerra-Peña, 1980; Pedraza-Gilsanz, 1996). Los patrones de drenaje son buenos indicadores de las características litológicas y estructurales de una región dadas las siguientes premisas: 1) Los ríos definen sus valles de acuerdo con la estructura geológica y a lo largo de fallas y fracturas (Orlova, 1981); 2) los ríos generalmente fluyen paralelos a la pendiente regional máxima (gradiente topográfico regional); 3) todas las desviaciones que se presenten desde un patrón dendrítico o flujo en una dirección oblicua al gradiente topográfico regional son considerados como drenaje anómalo y pueden estar relacionados a discontinuidades litológicas o estructurales.



Para el presente análisis se inició con la individualización de áreas de patrones de drenaje subhomogéneo (subáreas). Para esta subdivisión se consideró inicialmente las características morfológicas regionales y posteriormente los patrones de drenaje y sus características como dirección de flujo y textura. Se tomaron en cuenta aquellas características que indican un fuerte control estructural como son: longitud del tributario, rectitud y angulosidad, entre otros. En el campo se utilizaron dos métodos de muestreo y análisis para determinar las características de las fracturas (Wheeler *et al.*, 1980): el primero, conocido como método de la cuerda, se basa en la medición del fracturamiento entre dos extremos de una cuerda de longitud arbitraria (generalmente entre 1 y 10 m); mientras que el segundo, conocido como método del círculo, considera las características del fracturamiento en una circunferencia con radio conocido. Por otro lado, para determinar el movimiento sobre planos de falla se utilizaron principalmente pliegues de arrastre, horizontes desplazados debido a que gran parte de la zona está constituida por material volcánico y vulcanoclástico, y cuando fue posible se utilizaron escalones concordantes e incongruentes (Hobbs *et al.*, 1976; Petit, 1987) y estructuras sigmoides (Mercier y Vergeley, 1992). Como resultado se realizó una verificación de campo de las diferentes unidades volcánicas que afloran en el área de estudio de las cuales se definieron las características principales.

Los programas de cómputo utilizados para la digitalización, análisis, manipulación, representación cartográfica, análisis estadístico y de la cartografía temática y de los datos de campo fueron: ILWIS, versión 3.1; Surfer, versión 8; IDRISI, versión 32; Sphersistat, versión 2.0, toda en ambiente Windows.

MARCO GEOLÓGICO

El Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) es considerado un arco volcánico continental, con una edad del Mioceno al reciente (Ferrari *et al.*, 2000; García-Palomo *et al.*, 2000; Gómez-Tuena y Carrasco-Núñez, 2000; García-Palomo 2002). Su longitud es de 1,000 km y su ancho varía de 50 a 250 km. El relieve del CVTM consiste en una serie de planicies escalonadas que se extienden desde las costas del Pacífico en el estado de Nayarit, hasta las costas del Golfo de México en el estado de Veracruz. El origen del CVTM está relacionado con la subducción de la placa de Cocos y la de Rivera debajo de la placa de Norteamérica (Ponce *et al.*, 1992; Pardo y Suárez, 1993).

A escala regional, el CVTM se ha dividido en tres grandes sectores: el occidental, caracterizado por la intercepción de tres fosas tectónicas denominadas Tepic, Colima y Chapala; la porción central, constituida por vulcanismo monogenético de la región de Michoacán-Guanajuato; y el oriental, caracterizado por el alineamiento de grandes estratovolcanes en dirección general N-S (Pasquaré *et al.*, 1987). En la porción más oriental, el alineamiento es entre

las estructuras volcánicas Selva Negra, Las Cumbres, Pic de Orizaba, La Gloria y Cofre de Perote (Concha-Dimas *et al.*, 2005). Entre la cuenca de Puebla y México están alineados los volcanes Popocatepetl, Iztaccihuatl, Telapón y Tláloc y entre las cuencas de México y Toluca está el alineamiento de la Sierra de Las Cruces.

La SC está conformada por ocho estratovolcanes traslapados, que de sur a norte son: Zempoala (3,690 m snm), La Corona (3,770 m snm), San Miguel (3,870 m snm) con una edad que varía entre 0.68 a 1.79 Ma; Salazar (3,660 m snm); Chimalpa (3,420 m snm), con una edad de 2.8 ± 0.15 a 3.04 ± 0.25 Ma; Iturbide (3,620 m snm) con edades entre $38,590 \pm 3,210$ años y 2.90 ± 0.40 Ma; La Bufa (3,460 m snm); y La Catedral (3,780 m snm) con la edad más antigua dentro de la SC que es de 3.71 ± 0.40 Ma. Esta distribución de edades en la SC está basada en edades radiométricas publicadas por diferentes autores (Mooser *et al.*, 1974; Mora-Alvarez *et al.*, 1991; Osete *et al.*, 2000; Romero-Terán, 2001; Mejía *et al.*, 2005) e indican una importante actividad durante el Plioceno y Pleistoceno, conformada por extensos derrames de lava y domos de composición andesítico-dácitica y afinidad calciocalina (Gunn y Mooser, 1970). Se alternan con flujos piroclásticos de bloques y cenizas, flujos de pómez, oleadas piroclásticas, depósitos de caída, flujos de detritos y lodo, así como repetidos colapsos que originaron depósitos de avalanchas de escombros. El basamento de la SC está conformado por una variedad de rocas, al sur de la sierra y en las inmediaciones de la cuenca de México, sus productos descansan sobre calizas del Cretácico (Fries, 1960), o bien sobre rocas volcánicas de la secuencia máfica basal de 7.1 Ma, sobre la Formación Tepoztlán del Mioceno medio o la Formación Xochitpec del Oligoceno (Mooser *et al.*, 1956; García-Palomo *et al.*, 2000). Hacia la parte norte, la SC descansa sobre una serie de estructuras volcánicas del Mioceno medio que corresponden con la Sierra de Guadalupe, fechada entre 14 y 16 Ma y Sierra de la Muerta, del Plioceno tardío (Gutiérrez-Palomares, 2005). Al sur la cubren depósitos volcánicos recientes de la Sierra Chichinautzin. El origen y emplazamiento de la sierra ha sido materia de discusión, sin embargo se considera que sus productos se emplazaron a través de sistemas de fallas de dirección N-S (Mooser, 1972; Demant, 1978; Alaniz-Alvarez *et al.*, 1998).

ANÁLISIS MORFOLÓGICO

La Sierra de Las Cruces es un importante conjunto montañoso, con una elevación máxima de 3,800 m snm. La SC es la frontera entre las dos cuencas de mayor altitud dentro del CVTM, la cuenca de México (2,240 m snm) de carácter endorreico y la cuenca de Toluca (2,400 m snm).

La SC presenta dos unidades geomorfológicas mayores: el relieve de montaña y el piedemonte (Figura 2 a). El relieve de montaña ocupa la parte intermedia de la SC; se trata de terrenos rocosos que se localizan a partir de los 2,950



a)

m snm en las vertientes que se orientan hacia la cuenca de Toluca. En las laderas que integran la cuenca de México, los afloramientos rocosos comienzan a ser frecuentes a partir de los 2,700 m de altitud, en ambos casos se trata de valores promedio. Los terrenos montañosos se distinguen de las superficies adyacentes por su altura relativa (distancia medida desde la cumbre hasta el inicio de la siguiente unidad, el piedemonte); en cada una de las vertientes de la SC el valor es distinto: en el flanco de la cuenca de Toluca alcanza los 850 m y 1100 m en la cuenca de México, que representan valores promedio (Figura 2 a).

La existencia de contrastes altitudinales en distancias cortas y laderas heterogéneas en cuanto a longitud, geometría y orientación, son condiciones que se asocian con la existencia de un patrón de drenaje dendrítico muy denso,

así como subdendrítico con un fuerte control estructural. En ambos casos se tiene un desarrollo de cárcavas y barrancos con valles en forma de V, algunos de ellos son tan profundos que incluso llegan a interrumpir la continuidad de las montañas. En algunos casos, el proceso llega a ser tan intenso que se pierde la fisonomía original del relieve, para adoptar otra de un aspecto complejo y poco definido. En esta unidad geomorfológica, los circos de erosión y los gravitacionales representan las formas de relieve más frecuentes.

Por otro lado, el desarrollo del piedemonte en la SC es diferente en cada una de sus vertientes, lo cual tiene que ver con la altitud del nivel de base local: en la cuenca de México (2,240 m snm) esta superficie se encuentra a 160 metros por debajo de la de Toluca (2,400 m snm) (Figura 2 a). Este rasgo se traduce en el desarrollo de rampas asimé-



tricas, las orientales (cuenca de México) son más alargadas que las de occidente, integradas a la cuenca de Toluca. En el primer caso, la longitud del piedemonte es de 17 km y se dispone desde los 2,800 hasta los 2,240 m snm. En la vertiente opuesta, su longitud es de 6 km y ocupa las cotas de 2,950 a 2,600 m snm, aproximadamente. Estas diferencias tienen repercusión en la dinámica erosiva de cada flanco, así como en la variedad de las formas de relieve.

En ambos flancos, el piedemonte se reconoce como una superficie inclinada, marginal a la región montañosa (que define su límite superior). Su origen es complejo y está asociado con la alternancia de numerosas etapas volcánico-acumulativas y erosivo-desnudativas; las primeras tiene que ver con la actividad efusiva-explosiva y los productos expulsados. De esta manera, las secuencias exógeno-sedi-

mentarias y su expresión morfológica se interrumpen por series de coladas de lava, flujos piroclásticos (de bloques y ceniza), lahares o por material de caída, dando como resultado lomeríos, superficies mesiformes o en gradería.

El drenaje en el piedemonte presenta los diseños subparalelo y paralelo, en ambos casos son controlados, en mayor o en menor medida, por la morfología (inclinación gradual que se mantiene por largas distancias), la existencia de fallas y fracturas, y el tipo de materiales (detritos). La configuración subparalela está presente en zonas donde eventos volcánico-acumulativos han interrumpido la morfología de la rampa, con la existencia o emplazamiento de depósitos volcánicos más recientes (lavas y piroclastos). Esto hace que el diseño subparalelo se desarrolle al flanquear los obstáculos. Por otro lado, el patrón paralelo es resultado



de un marcado control morfológico y estructural.

Los perfiles transversales de los valles en el piedemonte son en V y en U; los primeros se relacionan con sistemas fluviales subparalelos, localizados en los sectores con mayor altitud del piedemonte, sobre materiales vulcanoclásticos o en cauces donde la trayectoria está definida por una falla; en todos los casos, las laderas de los valles presentan una inclinación superior a los 45° (Figura 2b). Los segundos son característicos de patrones paralelos en donde la dirección rectilínea de los cauces obedece a un control morfológico (inclinación constante de la ladera) y al tipo de materiales (detritos). Los interfluvios asociados presentan una superficie cumbre plana o convexa con amplitud de 40 a 60 m. Las inclinaciones de sus bordes tienden a suavizarse en la medida que se acercan a su nivel base local (Figura 2b).

Considerando las características geológico-volcánicas, estructurales y morfodinámicas, se construyó y analizó un perfil topográfico trazado a lo largo del parteaguas principal de la SC, cuya interpretación indica la existencia de tres grandes bloques (norte, centro y sur) que se definen con el mapa altimétrico (Figura 2a). El límite entre el bloque norte y centro está definido por una amplia zona de falla. En primer lugar, en la parte occidental del área se reconoce a la falla Ixtlahuaca (Cortez y Bocco, 1989) que tiene una orientación E-W, longitud de 30 km y 6 km de ancho y a la cual se agregan una serie de fallas secundarias con arreglos en *échelon* y *relevo*. En la zona de falla se pueden identificar escarpes, facetas triangulares y bloques escalonados. La continuación hacia la SC es con la falla Otomí, propuesta en este trabajo, a la cual tiene uno de sus mejores afloramientos en el entronque de la autopista México-Lechería con Ixtlahuaca, Edo. de México. En esta región, la falla Otomí presenta una amplia zona de deformación caracterizada por brechas y harina de falla, pone en contacto a rocas volcánicas de edad distinta, y se le estima un desplazamiento vertical mínimo de 100 metros. Se asocian fallas secundarias con un arreglo en *échelon*. Sobre los planos de falla se reconocen indicadores cinemáticos como estructuras sigmoides y estrías, ambas en posición vertical, además de desplazamientos de horizontes guía y basculamiento de los depósitos vulcanoclásticos. Más hacia el oriente, la falla Otomí se releva con la fosa de Barrientos, estructura constituida por un conjunto de fallas normales, orientadas ENE y E-W y con buzamiento al N y S (Mooser, 1992; Flores-Moro, 2006; García-Palomo *et al.*, 2006a).

El límite entre el bloque central y sur es por medio de una zona compleja de fallas con orientación E-W. Hacia la cuenca de Toluca es conocida como fallas Tenango (Mooser y Maldonado-Koerdell, 1961; Bloomfield, 1974; García-Palomo *et al.*, 2000; Norini *et al.*, 2006). Los rasgos morfológicos sobresalientes son: escarpes bien conservados y con facetas triangulares, valles en forma de "V", disposición rectilínea de los escurrimientos, deflexiones en la trayectoria de los cauces, *pressure ridges* y cuencas *sag ponds* (García-Palomo *et al.*, 2000). El sistema Tenango se releva hacia el este con las fallas Xochimilco y Jicomulco

de orientación E-W (Siebe *et al.*, 2004; Colín-Rodríguez, 2006), estas últimas conforman, junto con la falla La Pera (Delgado-Granados, *et al.*, 1995), un pilar propuesto por Siebe *et al.* (2004) y estudiado a detalle por Colín-Rodríguez (2006), quien lo nombró como pilar de Chichinautzin.

La Figura 3 muestra una serie de perfiles y gráficos que fundamentan la existencia de los tres bloques mencionados. En la Figura 3a están representadas (escala 1:1) las principales estructuras volcánicas y de deformación frágil, que inician en el sur con el volcán Zempoala y terminan en el norte con el volcán Catedral.

La Figura 3b es una sección exagerada verticalmente (3:1), en donde se reconoce un total de tres bloques morfoestructurales, dos de ellos se identifican como pilares (A y B) en medio de ellos existe un bloque hundido que representa la fosa (C). En los extremos del perfil se definen escalones y desniveles importantes asociados a fallas normales que a su vez delimitan los pilares tectónicos. En el mismo perfil se observan cuatro fases de incisión fluvial (I-IV) que responden a las características geológicas, tectónicas y exógenas del territorio; este último aspecto tiene relación con las superficies de nivelación denudativas (aparecen en línea punteada). El territorio afectado por los distintos regímenes de modelado (fluviales, gravitacionales, etc.) aparecen sombreados. Por último, los arcos superiores en trazo discontinuo indican la deformación original (Kostenko, 1983).

Los estilos morfoestructurales representan la expresión del relieve y ponen en evidencia movimientos relacionados con su origen: verticales, horizontales o separación del terreno (Figura 3c y 4). A partir de esta caracterización es posible diferenciar las estructuras denudativas de las denudativo-estructurales. En el primer caso, la estructura geológica se expresa con claridad en la superficie terrestre y la transformación exógena no logra enmascararla (sistema lineal de pilar simétrico y basculado; sistema lineal de pilar; sistema alterno de pilares simétricos y fosas asimétricas, y sistema isométrico de bloque). En el segundo caso indica que se ha perdido considerablemente la relación morfológica con las estructuras que las originaron, pero aún conservan su individualidad general (sistema alterno de pilares y fosas con intenso fracturamiento interno y sistema basculado de bloques escalonados) (Hernández-Santana *et al.*, 1994).

La energía del relieve representa la diferencia altitudinal entre la curva de nivel más alta y más baja, medida en un área de 1 km²; este registro se realizó a lo largo de toda la porción cumbre de la SC y a escala 1:50,000, con curvas de nivel a cada 20 metros. Los desniveles que se obtienen (valores altos) tienen relación con la actividad tectónica y con los factores necesarios para generar procesos energéticos, en especial los gravitacionales (Lugo-Hubp, 1991). Los factores que condicionan la diferencia altitudinal son: tipo de roca, la presencia de fallas, la inclinación y geometría del terreno, entre otros.

La Figura 3d muestra los valores de energía del relieve como un indicador del proceso tectónico-erosivo al que el



00013

52



relieve estuvo sujeta. En esta misma Figura se explican las alturas relativas (topográficas) con la existencia de edificios volcánicos: remanso volcánico-acumulativo (Zempoala, 525 m; La Corona, 300 m; San Miguel, 250 m; Salazar 325 m; Chimalpa e Turbide 300 m y Catedral, 200 m). No obstante, existen sectores donde la diferencia de alturas relativas corresponde a una respuesta tectónica-erosiva. Esta situación se observa al sur del bloque sur (A), donde los valores de energía del relieve son superiores a 500 m; este sector corresponde al sistema de bloques pilar y fosa con intenso fracturamiento interno. El bloque centro (C) es otro ejemplo: mantiene en promedio un desnivel de 300 m y la existencia de dos estilos estructurales. Por último, en el extremo norte del bloque norte (B) el desnivel es de 350 m y se asocia a una falla normal del sistema basculado de bloques escalonados.

La profundidad de la disección valora el trabajo erosivo de los ríos en la vertical, es decir la distancia del *tahweg* y la ruptura de pendiente más representativa y próxima a la ladera inferior del valle (Zamorano, 1990; Simonov, 1999). La captura de datos se realizó en áreas de 1 km² y en mapas a escala 1:50,000. Los valores son expresados en metros y los factores que condicionan este proceso son: capacidad erosiva de una corriente de agua (en función de la cantidad de sólidos que acarrea), la existencia de contactos litológicos, fallas, fracturas y movimientos tectónicos (Orlova, 1981; Simonov, 1999).

En la Figura 3e se observa que la profundidad de la disección presenta valores bajos, entre 10 y 20 m de profundidad, incluso en terrenos de montaña donde está justificado el poder erosivo de los escurrimientos. Esta aparente anomalía, tiene que ver con la existencia de ma-

terial permeable: lavas recientes o muy fracturadas que inhiben los escurrimientos, como las que se observan en las inmediaciones de los volcanes la Corona y San Miguel, con valores de profundidad de disección entre 10 y 20 m. En el flanco sur del bloque A, las profundidades de hasta 30 m están asociadas a zonas con fuerte influencia tectónica; una situación similar se presenta en el extremo norte del bloque B, donde la profundidad llega a ser de 40 m.

Bloque norte

El sector norte presenta resaltes topográficos generales por debajo de los 3,600 m y sólo en pequeñas cimas se alcanzan los 3,600 m, como en el Cerro La Paloma (3,720), Las Navajas (3,710), Nepequi (3,770) y Las Cruces (3,660) (Figura 2). Está constituido por los volcanes La Bufa, "Rehilete" (Mooser, 1992), Turbide y La Catedral, que en conjunto con otras estructuras presentan una orientación N40°W. En imágenes de satélite y fotografías aéreas se logra identificar importantes colapsos de los edificios volcánicos hacia el SE y una alineación de domos al NW. El emplazamiento de abanicos piroclásticos y lahares varía ampliamente, pero presentan su distribución hacia el NE y E, donde están influenciados de manera importante por estructuras volcánicas antiguas, así como por un control estructural como la caldera de Atizapan (Mooser, 1992), la Sierra de La Muerta (Jacobo-Albarrán, 1985), Sierra de Guadalupe (García-Palomo *et al.*, 2006b; Servicio Geológico Metropolitano, 2005; Fosa Tula-Mixhuca (Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005; García-Palomo y Guerrero-Orozco, 2006).



Por otro lado, el comportamiento estructural y litológico ha generado el desarrollo de diversos patrones de drenaje en esta región. Las principales redes tienen longitudes desde 20 hasta 40 kilómetros y cabeceras extensas que alcanzan las cimas de la sierra, algunos ejemplos son los ríos: Los Sabios, San Jerónimo, La Ladera, San Pedro y La Bufo. Este drenaje está ampliamente desarrollado y forma ramales de cauces con longitudes de 0.5 a 3 km, de tercer y cuarto orden, de régimen perenne e intermitente. En este bloque se reconocen cinco subzonas definidas por los siguientes patrones de drenaje.

Subzona NI. Comprende la porción este del bloque, está constituida por rocas piroclásticas y vulcanoclásticas reconocidas en el presente trabajo como provenientes del volcán Iturbide. Se caracteriza por una alta concentración de drenaje, de textura fina y un patrón de drenaje que varía de dendrítico, enrejado hasta recto. Generalmente sigue la dirección de la pendiente regional, la cual varía de 12° a 24° , pero con anomalías debido a la presencia de la caldera de Atizapán (Figura 1), que es una estructura colapsada y cortada por fallas NW-SE. El diagrama de rosas obtenido en la medición de las corrientes indica una tendencia predominante $N30^\circ E$ y de manera subordinada $N30^\circ W$ y E-W (Figura 5). Estas tendencias son similares a fallas con la misma dirección en la región, por lo que se define un fuerte control estructural del drenaje.

Subzona NII. Se encuentra en la parte centro y norte del bloque, en donde se dan grandes derrames de lava y rocas piroclásticas del volcán La Catedral. La concentración de drenaje es alta y de textura fina, con patrones de drenaje dendrítico recto y enrejado principalmente; las longitudes de las corrientes de orden superior son largas, hasta de varios kilómetros. En general, las corrientes siguen la pendiente del terreno, que tiene valores entre 12° a 24° y 30° a 45° , pero existen varias zonas con drenaje anómalo debidas a la intersección de fallas y fracturas y a la presencia de estructura volcánicas que sirven como contrafuerte y desvían las corrientes, como la Sierra de la Muerta y la zona de fallas La Catedral (Figura 5). La dirección predominante es $N40^\circ E$ y de manera subordinada $N40^\circ W$.

Subzona NIII. En esta subzona se encuentra emplazado el domo La Bufo, así como un amplio abanico de productos piroclásticos provenientes de dicha estructura. Se caracteriza por una alta concentración de drenaje, pero de textura menos fina que las dos anteriores; existe más espaciamiento entre las corrientes, indicando posiblemente rocas con mayor permeabilidad. El drenaje es dendrítico, paralelo y recto, con grandes longitudes que siguen direcciones preferenciales NE-SW durante largos trayectos, lo que indica un control por fallas o fracturas en la región, aunado a la pendiente que varía de 12° a 24° y de 30° a 45° .

Subzona NIV. Esta subzona tiene características similares a la anterior, aunque se diferencia ligeramente por la dirección de la corriente y por presentar un patrón más dendrítico, con tendencia predominante de $N30^\circ E$.

Subzona NV. Se encuentra en la ladera oeste del vol-

cán La Bufo, donde fueron emplazados amplios abanicos de flujos de detritos y de bloques y cenizas, los cuales fueron reconocidos en imágenes de satélite y fotografías aéreas y comprobados durante el trabajo de campo. La concentración de drenaje es moderada y de textura media. El patrón de drenaje es subdendrítico, asimétrico y curvo en algunas regiones, con longitudes moderadas. El drenaje sigue la pendiente, que varía de 30° a 45° , pero con anomalías debido a la presencia de fallas. El patrón de drenaje presenta dos direcciones preferenciales $N80^\circ E$ y $N80^\circ W$. El límite entre el bloque norte y el centro es un complejo arreglo de fallas E-W, constituido por las fallas Ixtlahuaca, Otomí y la fosa de Barrientos.

Bloque centro

El bloque central está comprendido por dos regiones altimétricas. El extremo sur, constituido por las cimas más altas de la SC, las cuales están por encima de los 3,600 m, dentro de las que destacan el Muñeco (3,870 m) y el Gavilán (3,780 m), con una orientación principal $N15^\circ W$. El extremo norte está delimitado por el cerro El Gavilán, límite en que comienza a descender la altura de los 3,780 a los 3,400 m, hasta El Coyote (3,520 m), lugar donde nuevamente se tiene un ascenso en el relieve. Las cimas en este extremo no sobrepasan los 3,300 m y su orientación en la porción meridional es NW, mientras que las de la otra porción presentan una orientación E-W. En general, el bloque muestra un hundimiento importante con respecto a los bloques norte y sur. La porción central la integran los volcanes Chimalpa, Salazar y parte del complejo San Miguel (Mooser *et al.*, 1974; Romero-Terán, 2001), con importantes construcciones de domos alineados N-S y NE. La máxima distribución de sus productos piroclásticos es hacia el NE.

El bloque centro presenta una alta densidad de corriente, cuya red de drenaje parece estar controlada por las fallas o fracturas debidas que tiene longitudes que van de los 5 a 20 km, con ramales de segundo orden. En este bloque se reconocieron tres subzonas, las cuales están caracterizadas por los siguientes patrones de drenaje (Figura 5):

Subzona CI. Se realiza en la parte sur de los volcanes Catedral e Iturbide, caracterizados por la presencia de rocas piroclásticas y lahares. Presenta un drenaje moderado con textura media y patrones de drenaje que varían de dendrítico, dendrítico asimétrico y paralelo, con trayectorias largas de las corrientes de orden superior; también se caracteriza por tener trayectorias curvadas y rectas. Estas variaciones del drenaje se consideran anómalas y responden a dos características de la zona, como son la variedad de rocas que afloran en la región, y la presencia de fallas y fracturas que generan basculamientos y por consecuencia variación de la pendiente, provocando cambios abruptos en la dirección y patrón de las corrientes. Un claro ejemplo se presenta en la porción oriental de la ciudad de Ixtlahuaca, donde el drenaje presentaba una dirección hacia el oeste y debido al



basculamiento hacia el sur originado por la falla Ixtlahuaca, la dirección del curso del drenaje cambió en ese mismo sentido, formando un drenaje curvado (Figura 5).

Por otro lado, la dirección preferencial del drenaje en la subzona C1 tiene direcciones preferenciales entre $N10^{\circ}E$ a $N20^{\circ}E$ y de manera subordinada de $N30^{\circ}E$ a $N40^{\circ}E$, trayec-

toria muy similar a la observada en la zona NIII. Entre ambas zonas se forman tributarios principales de aproximadamente 45 km de longitud, por lo que se considera que entre ambas existe una amplia zona de fallamiento con dirección NE-SW, la cual denominamos aquí como la zona de fallas La Catedral. La presencia de esta zona de fallas es corroborada



en campo, donde se tienen amplias zonas de deformación; por ejemplo, sobre la carretera a Juiquipilco en la región de Las Palomas, al oeste del Volcán La Catedral, sobre flujos de bloques y cenizas se reconocieron indicadores cinemáticos como: estructuras sigmoides de diferentes tamaños en arreglo anastomosado generalmente en posición vertical, estrías con un *pitch* vertical y estructuras de *Riedel* asociadas a los planos de falla. Todos estos elementos indican una zona de fallas normales.

Subzona CII. Esta región engloba a la parte principal y laderas occidentales de los volcanes Salazar y Chimalpa. Se caracteriza por una densidad de drenaje moderada, de textura media y con patrones de drenaje radial, angular enrejado y dendrítico. Esta variación obedece a las diferentes litologías como flujos de lava y piroclásticos, así como a la presencia de estructuras volcánicas menores y fallas. La tendencia principal obtenida en el diagrama de rosas es $N40^{\circ}W$ y en menor proporción, E-W y NE-SW.

Subzona CIII. Se encuentra en las laderas orientales de los volcanes Chimalpa y Salazar, donde afloran abanicos de gran espesor formados por flujos de detritos y de lodo, principalmente, y en menor cantidad flujos de pómez y bloques y cenizas. El drenaje es poco denso, muy espaciado y de textura gruesa, con trayectorias largas y curvadas en dirección NE. Existen anomalías en el drenaje debido al control estructural de las fallas NE-SW, como las de Satélite, Hipódromo, El Bordo y Contreras, entre otras (Mooser, 1975; de Castro *et al.*, 1988).

Bloque sur

La Sierra de Las Cruces en su porción sur está caracterizada altimétricamente por las cimas de los volcanes La Corona (3,720 m) y Zempoala (3,780 m), cuyos picos presentan una alineación N-S y están separados por pequeñas depresiones con desniveles menores a los 200 m (Figura 2). Geológicamente está constituida por los volcanes La Corona, Zempoala (Fries, 1960) y el complejo volcánico San Miguel (Mooser *et al.*, 1974; Romero-Terán, 2001), orientados en un eje N-S y caracterizados por colapsos de gran extensión dirigidos hacia el sur (Macías, 2006).

La disposición de las estructuras volcánicas determina un patrón de drenaje radial centrífugo, con longitudes cortas de 2 a 3 km y con ramales de primer orden, aunque también se desarrollan patrones debido a la influencia tectónica, como el de tipo angular que se observa en los ríos Chalma y Tlalpujahualilla y el de tipo paralelo con orientación E-W. En este bloque se reconocieron principalmente cuatro subzonas, con características de drenaje muy diferente (Figura 5), estas son:

Subzona SI. Se localiza en el extremo occidental del volcán San Miguel, donde aflora parte de la estructura principal del volcán San Miguel (Romero-Terán, 2001), y está caracterizada por domos, derrames de lava, conos de escoria y derrames de lava del campo volcánico de Chichinautzin.

La textura del drenaje es gruesa, espaciada y se caracteriza por un patrón de drenaje dendrítico, principalmente, y generalmente angular. La dirección de las corrientes muestra una tendencia E-W.

Subzona SII. En esta subzona se encuentra parte de la estructura del volcán San Miguel y el volcán La Corona. Tiene mayor densidad de drenaje y éste es menos espaciado, con predominio de los patrones dendrítico y radial. La direcciones obtenidas fueron E-W, NE-SW y N-S.

Subzona SIII. Existe un gran variedad de patrones de drenaje en esta región debido a dos razones principales: el afloramiento de una gran variedad de rocas (García-Palomo *et al.*, 2000) y la presencia de bloques delimitados por fallas con dirección E-W y basculamiento hacia el sur. En la región donde afloran derrames de lava jóvenes del campo volcánico de Chichinautzin, el drenaje no está integrado, es corto y de textura gruesa, mientras que en regiones donde afloran rocas volcánicas miocénicas (García-Palomo *et al.*, 2000), el patrón de drenaje varía de dendrítico y paralelo a radial, con una textura gruesa y más integrada. La dirección preferencial obtenida es N-S, debido al basculamiento de los bloques, delimitados por las fallas E-W.

Subzona SIV. Este bloque no presenta un drenaje integrado, ya que generalmente es de trayectoria corta debido a que las rocas que afloran son predominantemente derrames de basalto altamente permeables, pertenecientes al campo volcánico de Chichinautzin; en la región donde se encuentran los conos de escoria llegan a presentarse patrones de drenaje subparalelo y asimétrico. Las corrientes tienen una dirección predominantemente N-S y están controladas por el pilar de Chichinautzin, con orientación E-W y delimitado por las fallas Xochimilco y La Pera. Este bloque es asimétrico y está basculado hacia el sur, debido a que el drenaje y los derrames de lava emplazados sobre este pilar tienen trayectorias más largas hacia la parte sur que hacia la porción norte.

El análisis del drenaje y las direcciones que presenta indica que las tendencias principales en las tres zonas es compatible con las direcciones de fallas N-S, NE-SW y E-W, por lo tanto tiene un fuerte control estructural (Figura 5). Resultados similares fueron obtenidos para la parte norte de la Sierra de Las Cruces (Ortiz-Pérez y Bocco, 1989).

Análisis del mapa de morfolineamientos

Para la identificación de los morfolineamientos se utilizaron fotografías aéreas, filtros direccionales en imágenes de satélite y diferentes modelos de relieve iluminados con diferente trayectoria para resaltar los morfolineamientos perpendiculares a dicha dirección de iluminación. Además se utilizaron criterios geomorfológicos, como redes lineares del drenaje, escarpes rectos, contraste en tonalidades, alineación de estructuras volcánicas, acantilados, cambios de pendientes, taludes y variaciones altimétricas. De este análisis se reconocieron un total de 972 morfolineamientos.



Éstos se analizaron en diagramas de rosas, a partir de lo cual se lograron identificar tres orientaciones principales: N-S, NE-SW y E-W, mostradas en el recuadro de la Figura 6a, las cuales posteriormente fueron corroboradas en trabajo de campo (Figura 6 a, Tabla 1).

La orientación N-S varía entre los $N15^{\circ}$ W a $N20^{\circ}$ E y representa el 35% del total de morfolineamientos, sin embargo, es importante resaltar que las tendencias $N20^{\circ}$ E, corresponden con estructuras secundarias asociadas a los morfolineamientos principales; el sistema NE-SW varía entre los $N45^{\circ}$ E a $N65^{\circ}$ E y abarca un 24%; y por último la orientación E-W, que se encuentran entre $N75^{\circ}$ E a $S80^{\circ}$ W, con un 41% del total. Del mapa de morfolineamientos

se desprende que los tres sistemas de morfolineamientos (N-S, NE-SW y E-W) están presentes tanto en el bloque norte como en el centro, mientras que en el bloque sur son predominantes los morfolineamientos con dirección E-W (Figura 6a, recuadro). Por otro lado, se realizó un inventario de los morfolineamientos que sirvió como base para generar el "mapa de densidad", el cual muestra la longitud de morfolineamientos que existen por unidad de área (Figura 6b). Se obtuvieron los valores y se establecieron ocho rangos para la densidad de morfolineamientos, los cuales son (en $km/25km^2$): 0-3; 3-9; 9-14; 14-20; 20-26; 26-32; 32-38 >38. En la Figura 6b se muestra que la mayor densidad de morfolineamientos corresponde con el bloque norte, donde



se alcanzan valores con más de 38 km/25 km² debido a que se encuentran los tres principales sistemas de morfolineamientos; le sigue el bloque centro que alcanza valores promedio de 26 a 32 km/25 km² y por último el bloque sur, donde se presentan los valores más bajos con promedios entre 14 y 20 km/25 km² y en el cual predominan los morfolineamientos E-W (Figura 6b).

LAS ZONAS DE FALLAS EN LA SC

De acuerdo con la integración de la información se tiene que a la SC la caracterizan tres sistemas de fallas que son N-S, NE-SW y E-W. A continuación se dan algunas de las características generales.

El sistema N-S es el más antiguo y ha sido reactivado en diferentes tiempos, ya que se han determinado periodos de actividad durante el Eoceno tardío (Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005), reactivación y emplazamiento de la Sierra de Las Cruces durante el Plioceno, y posterior reactivación y afectación de la misma SC durante el Pleistoceno tardío, ya que las fallas cortan a flujos de bloques y cenizas con edades de 600000, 430000, y 270000 años (Mooser, 1975). La zona de fallas N-S en la SC presenta en general arreglos *en échelon* y ligeramente anastomosados. El análisis efectuado en el diagrama de rosas del conjunto indica rumbos que varían entre N15°W a N 20°E (Figura 6a, recuadro).

Otras características que permiten definir la presencia de este elemento estructural reactivado son: la alineación



local de estructuras volcánicas en dirección N-S, como los domos localizados en el volcán San Miguel (Romero-Terán, 2001); la alineación en general de la sierra volcánica de Las Cruces; la mayor cantidad de lavas piroclásticas hacia la cuenca de México que hacia la cuenca de Toluca debido al control y presencia de la fosa Tula-Mixhuca, localizada al este de la Sierra de Las Cruces (Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005; García-Palomo y Guerrero-Orozco, 2006); la afección de rocas volcánicas del Pleistoceno, como es el caso de los flujos piroclásticos de la región de Los Cipreses, donde existen estructuras sigmoidales y estrías con escalones incongruentes en posición vertical que indican una actividad normal; estructuras volcánicas a falladas como es el caso de la caldera de Atizapán, la cual es cortada por la falla del mismo nombre (Mooser, 1992; Flores-Moro, 2006) (Figura 7a); desnivel de calizas en los pozos profundos de PEMEX (Petróleos Mexicanos); anomalías gravimétricas; sismos (Pérez-Cruz, 1988; CIGSA, 2000); zonas de hundimiento; abundante fracturamiento; control de cuerpos de agua; control del vulcanismo; indicadores cinemáticos; y amplias zonas de brecha de falla (Servicio Geológico Metropolitano, 2005).

Una de las fallas importantes que pertenecen a este sistema es la denominada falla Tula-Mixhuca (Mooser, 1992; Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005; García-Palomo y Guerrero-Orozco, 2006) (Figura 8a). Esta es una amplia zona de deformación con dirección N-S a NNW-SSE localizada entre la ciudad de Tula, Estado de Hidalgo, y la porción sur de la cuenca de México, con una longitud aproximada de 80 km y un ancho de 30 km. Se define de acuerdo con la presencia, sobre los planos de falla, de brechas de hasta 3 metros de espesor, harina de falla, estrías verticales con escalones incongruentes en forma de media luna y estructuras RM (Petit, 1987), estructuras sigmoidales de diferente tamaño, separación de horizontes guía, truncamiento y alineación de estructuras volcánicas, basculamiento de capas y fuerte fracturamiento.

Otras fallas reconocidas dentro de este sistema son

las denominadas fallas Ayotuzco (Romero-Terán, 2001), que consisten en una serie de fallas NNW-SSE que buzcan hacia el SW y están basculadas hacia el NE; estas estructuras conforman una semifosa dentro de la Sierra de Las Cruces (Figura 8a).

La zona de fallas NE-SW es el segundo sistema de fallas que caracteriza a la Sierra de Las Cruces y pertenece a la zona de cizallamiento Tenochtitlan (de Cserna *et al.*, 1988), que se localiza entre Petatlán, Guerrero, y la porción norte de la cuenca de México. Se trata de una estructura reactivada para la cual se ha documentado que actuó como un sistema de fallas laterales izquierdas durante el Mioceno tardío en la región de Apan, Estado de Hidalgo (García-Palomo, 2002), y posteriormente como fallas normales durante el Pleistoceno, y que han controlado el vulcanismo y deformación desde las inmediaciones de Toluca (García-Palomo *et al.*, 2000; Aguirre-Díaz *et al.*, 2006b; Blatter y Carmichael, 1998) hasta la región de Apan (Lodezma-Guerrero, 1987; García-Palomo, 2002).

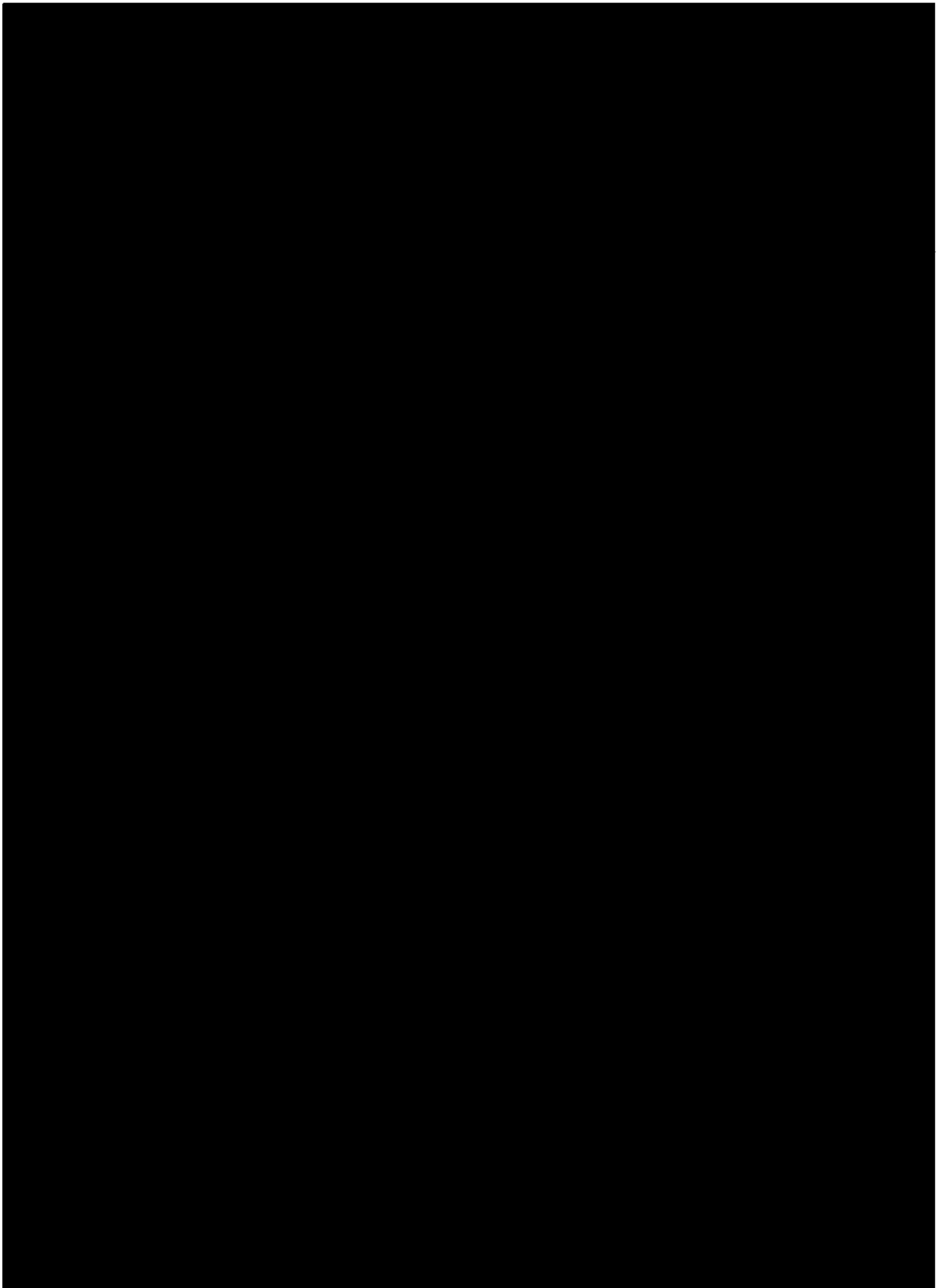
En la Sierra de Las Cruces este sistema de fallas presenta un rumbo general entre N45°E a N 65°E, y también son definidas tendencias N20°E con un arreglo geométrico paralelo y anastomosado. Dentro de este sistema se reconocen varias zonas de fallas importantes, como la que se localiza en la parte norte de la SC y se denomina zona de fallas de La Catedral, propuesta en este trabajo, la cual define zonas de más de 40 km de longitud, con dirección NNE-SSW y buzamiento hacia el NW, escalonándose en esa misma dirección y formando una geometría de semifosa. Estas fallas cortan a flujos piroclásticos provenientes del volcán La Catedral con una edad de 3.71 ± 0.40 y 2.7 Ma (Osset *et al.*, 2000; Aguirre-Díaz *et al.*, 2006a). También se reconoce la zona de fallas de la Sierra de Guadalupe y Barrientos, que corta a rocas miocénicas (14 y 16 Ma) y del Plioceno (Lozano-Barrera, 1968; Jacobo-Albarrán, 1985), las cuales conforman la fosa de Cuauhtepac y San Martín Obispo, formando en esta última una geometría de falla listrica (García-Palomo *et al.*, 2005) (Figura 7b).

La fosa de las Lomas (Mooser, 1992) es una estructura que se localiza en la parte central de la Sierra de Las Cruces, tiene un rumbo general de N55°E y está delimitada por la falla Satélite y la falla Contreras, que buzcan al SE y NE, respectivamente. Esta fosa es una de las causantes del hundimiento regional del bloque central de la Sierra de Las Cruces.

La fosa de Cuernavaca (Macías, 2006) es una estructura de 45 km de largo y 25 de ancho, con un rumbo general NE-SW. Estructuralmente está delimitada por la falla Malinalco y la falla de Cañon de Lobos al oeste y este, respectivamente. Sobre ella se han emplazado grandes volúmenes de productos volcánicos y volcanoclásticos provenientes del volcán Zempoala y de los conos de escoria del campo volcánico de Chichinautzin.

El tercer y último sistema reconocido dentro de la SC es el sistema activo de fallas E-W, el cual está regionalmente asociado a la zona de fallas Chapala-Tula (Johnson







La falla Otomí, propuesta en este trabajo (Figura 7c), es una falla normal con un desplazamiento vertical mínimo estimado de 100 metros; presenta un arreglo *en échelon* de fallas normales con buzamiento hacia el sur y bascula a depósitos vulcanoclásticos (Figura 7c).

La fosa de Barrientos está delimitada al norte por el

pilar de Chilpan, que a su vez es delimitado por las fallas de Chilpan y La Quebrada que buzcan hacia el sur, mientras que al sur lo delimita el Pilar de Tlayacampa, definido por las fallas Tlayacampa y Buenavista que buzcan hacia el norte (Flores-Moro, 2006). En general, la estructura tienen una dirección E-W y afecta a rocas del Mioceno y Pleistoceno (Flores-Moro, 2006) (Figura 8a).

DISCUSIÓN

La morfoestructura de la Sierra de Las Cruces es compleja. En primer lugar, su división en tres bloques principales se hace patente debido a las diferencias en altitud, pendientes, densidad de fracturamiento, patrones de drenaje, energía del relieve, profundidad de disección y orientación, aunado al complejo arreglo de fallas que la afectan. Las



fallas en la Sierra de Las Cruces tienen la misma edad y movimiento normal a partir del Pleistoceno, formando una serie de pilares y fosas tectónicas. Las fallas fueron identificadas de acuerdo con el reconocimiento de geoformas como escarpes, líneas de falla, facetas triangulares, corrientes desplazadas, corrientes desviadas, basculamientos del terreno y valles longitudinales, así como verificación de trabajo en campo.

La influencia de las fallas y fracturas se refleja claramente en la topografía actual, y el grado de evolución alcanzado se ve determinado en los escarpes que se generan. El control estructural en ríos y arroyos es patente, interpretándose que la mayoría de los ríos de gran longitud corresponden a una falla o zona de fractura. Asimismo, la interrelación de estos sistemas de fallas y su carácter de tipo normal a partir del Pleistoceno provoca levantamiento, hundimiento, escalonamiento y basculamiento de los blo-

ques. Estos arreglos morfoestructurales que caracterizan a la SC están principalmente controlados en la parte sur por las fallas E-W, mientras que en la parte centro y norte de la sierra el control se manifiesta principalmente a través de las fallas N-S y NE-SW (Figuras 8a y 8b).

El resultado del análisis morfoestructural de la Sierra de Las Cruces es de gran importancia para entender aspectos geológicos y estructurales en la cuenca de México. En primer lugar se adquiere un mejor conocimiento de la evolución de la cuenca de México, dejando a un lado modelos simplistas. Además, el análisis realizado permite proponer a la Sierra de Las Cruces y a las fallas que le dieron origen y posteriormente la deformaron como un límite estructural de la cuenca de México, el cual ha sido reactivado y ha controlado el vulcanismo y morfoestructura de la misma y, por lo tanto, no sólo ha actuado como un límite geográfico o hidrológico de la cuenca de México.



Por otro lado, si la sierra de las Cruces tiene un arreglo morfoestructural complejo, es posible que éste pueda extrapolarse al subsuelo de la cuenca de México, el cual podría presentar una configuración similar, al menos hacia su parte poniente donde también deben de coexistir los tres sistemas de fallas, por lo que el basamento podría estar conformado por fosas, pilares y bloques basculados, a diferentes profundidades y altitudes. Lo anterior tendría como consecuencia que el relleno vulcano-sedimentario de la cuenca de México no sea uniforme tanto en distribución, espesor, granulometría y comportamiento mecánico e hidráulico. Si asumimos que esto es cierto, las implicaciones para el peligro geológico serían importantes: en el caso del hundimiento, se tendrían problemas de asentamientos diferenciales del terreno, asociados entre otros factores a la diferencia de espesores de los estratos arcillosos; para el caso del agrietamiento, posiblemente exista un control estructural que origine la presencia de grietas en los bordes de los bloques que conforman el basamento; y en el caso de la sismicidad se han detectado dos zonas de mayor peligro sísmico orientadas N-S y E-W (Servicio Geológico Metropolitano, 2005) que podrían deberse a la presencia de fosas delimitadas por fallas con la misma dirección y que controlarían las aceleraciones del terreno, así como los efectos de sitio.

que la conforman, o aplicar técnicas geofísicas en la parte plana de la cuenca de México para definir la geometría del basamento.

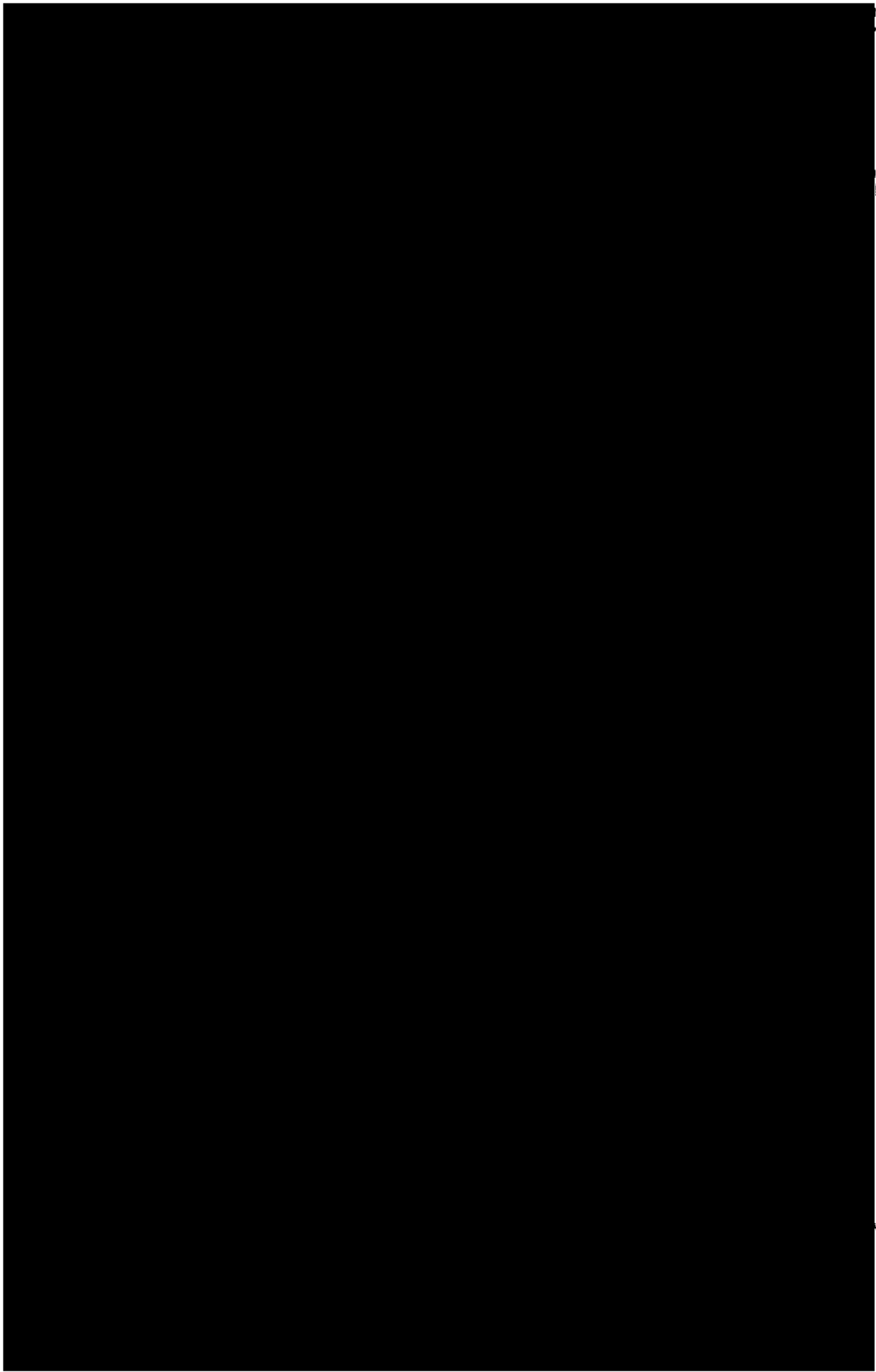
CONCLUSIONES

La sierra de las Cruces está definida por ocho estratovolcanes traslapados con un actividad del Plioceno al Pleistoceno. Morfológicamente está conformada por tres grandes bloques denominados bloque norte, centro y sur, definidos de acuerdo con las características morfotectónicas, diferencias en patrones de drenaje, vulcanismo, edad y deformación, así como con la presencia de fallas. Las tres principales direcciones de fallas son N-S, NE-SW y E-W, cuya interacción, al menos desde el Pleistoceno, provocaron levantamientos, hundimientos, escalonamiento y basculamiento de bloques. En la parte sur de la SC, la morfoestructura está fuertemente controlada por las fallas E-W, mientras que, en el centro y norte de la misma, las direcciones N-S y NE-SW son las que ejercen el control. Si este arreglo se extrapola al basamento granular de la cuenca de México, al menos en su parte oeste estaría conformado de igual forma por una serie de bloques levantados, hundidos y basculados y por lo tanto el relleno tendría diferentes espesores desempeñando un papel importante en la distribución y control de los peligros geológicos de la cuenca de México, como el hundimiento y agrietamiento, sismicidad, así como en el comportamiento del acuífero de la cuenca de México. Por último, aunque el presente trabajo define las características morfoestructurales de la Sierra de Las Cruces, aún quedan muchos aspectos por resolver, ya que es necesario realizar un análisis más detallado para solucionar problemas específicos, como el cambio de rumbo de los tres bloques

Ciudad La Paz.

363









805



2. ASPECTOS GENERALES DE LA ZMVM



████████████████████

00028



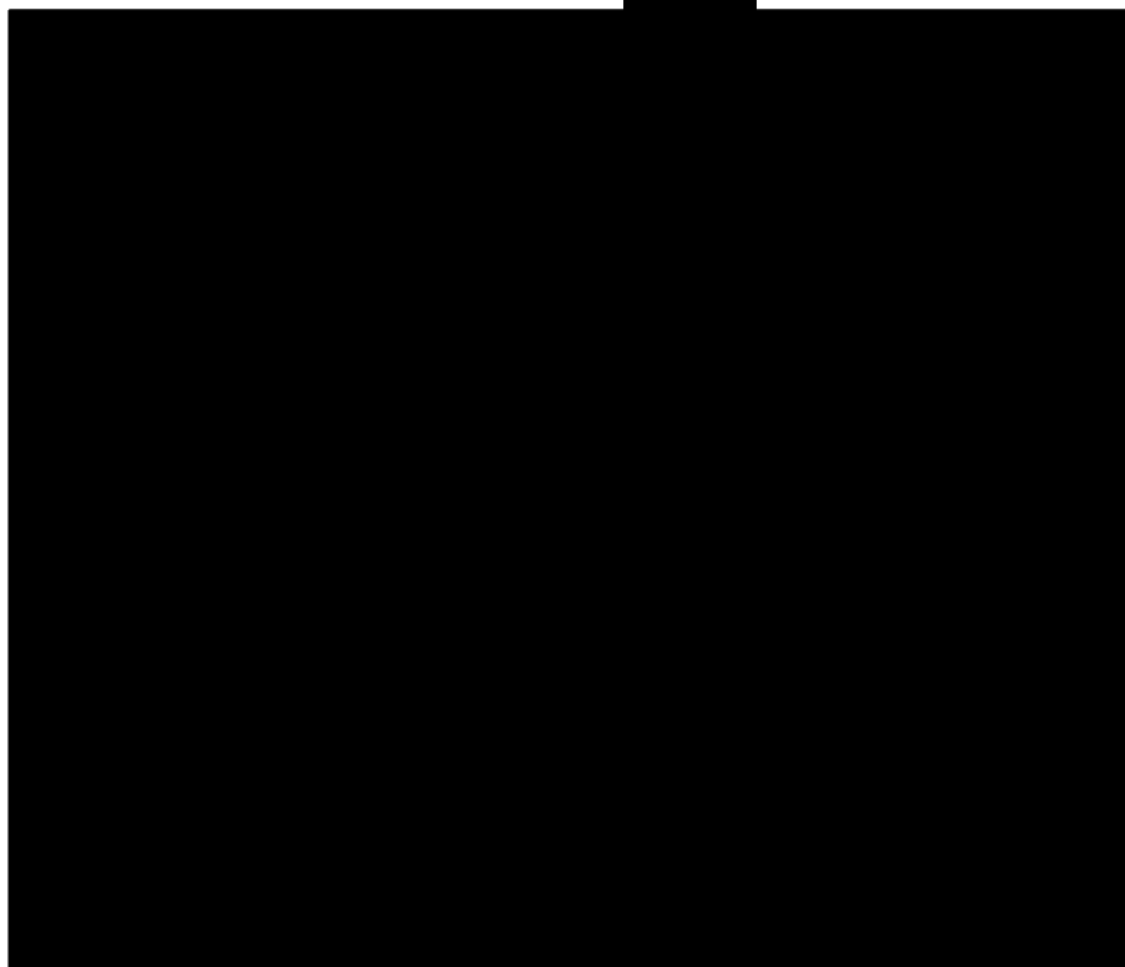
2.1 ASPECTOS FISIográficos

00029

2.1.1 Zona de estudio

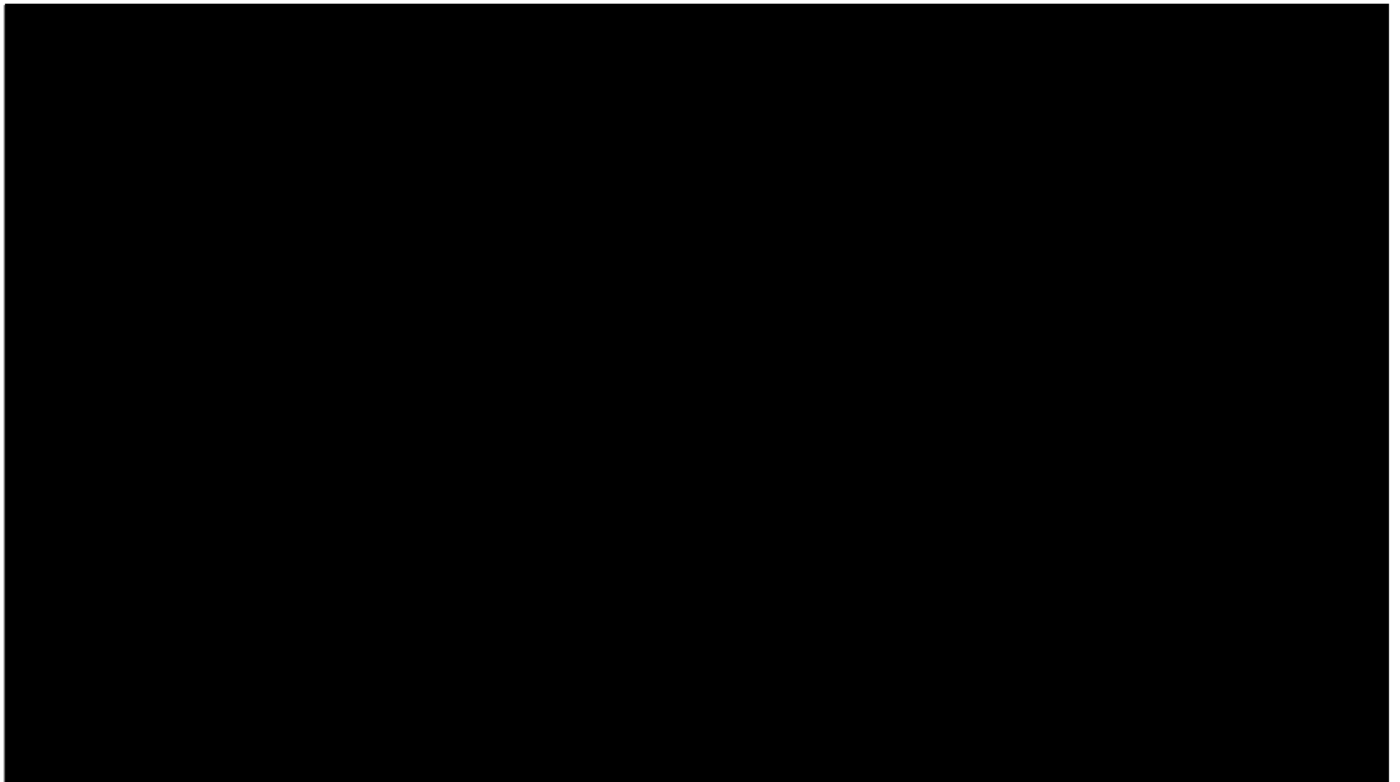
La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) forma parte de una cuenca endorreica¹, con una altitud promedio de 2,240 msnm², abarca la totalidad del Distrito Federal y parte del Estado de México. En el contexto geográfico, la zona de estudio, se ubica en la parte Este de la región conocida como Sistema Neovolcánico Transversal, formando parte del ecosistema de Bosque Templado y de la región fisiográfica del Eje Neovolcánico. Se sitúa entre los 19° 03'-19° 54' de latitud Norte, y los 98° 38'-99° 31' de longitud Oeste.

Por las características de crecimiento, dinámica social, económica y ambiental, en el año 2006, se publicó el decreto mediante el cual se amplía la ZMVM, quedando integrada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 59 municipios del Estado de México³; ésta nueva superficie representa 0.25% de la superficie total⁴ del país.





[REDACTED]



La cuenca donde se ubica la ZMVM, presenta valles intermontañosos, mesetas y cañadas, así como terrenos semiplanos, en lo que alguna vez fueron los lagos de Texcoco, Xochimilco y Chalco. También se encuentran prominencias topográficas aisladas, como el Cerro de la Estrella y algunas sierras (ver Figura 2.1.1).





La gran altitud a la que se encuentra la ZMVM, ocasiona que los procesos de combustión operen deficientemente y emitan una mayor cantidad de contaminantes a la atmósfera; esto como consecuencia del bajo contenido de oxígeno del aire, el cual es aproximadamente 23%⁵ menor que al nivel del mar, así mismo, la cadena montañosa que la rodea, propicia el estancamiento de los contaminantes.

Asociado a esto, su posición latitudinal ocasiona que reciba una radiación solar intensa que acelera la formación fotoquímica de contaminantes atmosféricos como el ozono y las partículas secundarias. Aunado a esto, su ubicación en el centro del país permite que a lo largo del año, la ZMVM resulte afectada por sistemas anticiclónicos, los cuales mantienen el cielo despejado y aumentan la capacidad fotoquímica de la atmósfera; además, estos sistemas también inducen a que la velocidad de los vientos disminuya cerca de la superficie del suelo, situación que inhibe el movimiento vertical y horizontal del aire, dificultando la dispersión de los contaminantes.

2.1.2 Rasgos geoclimáticos

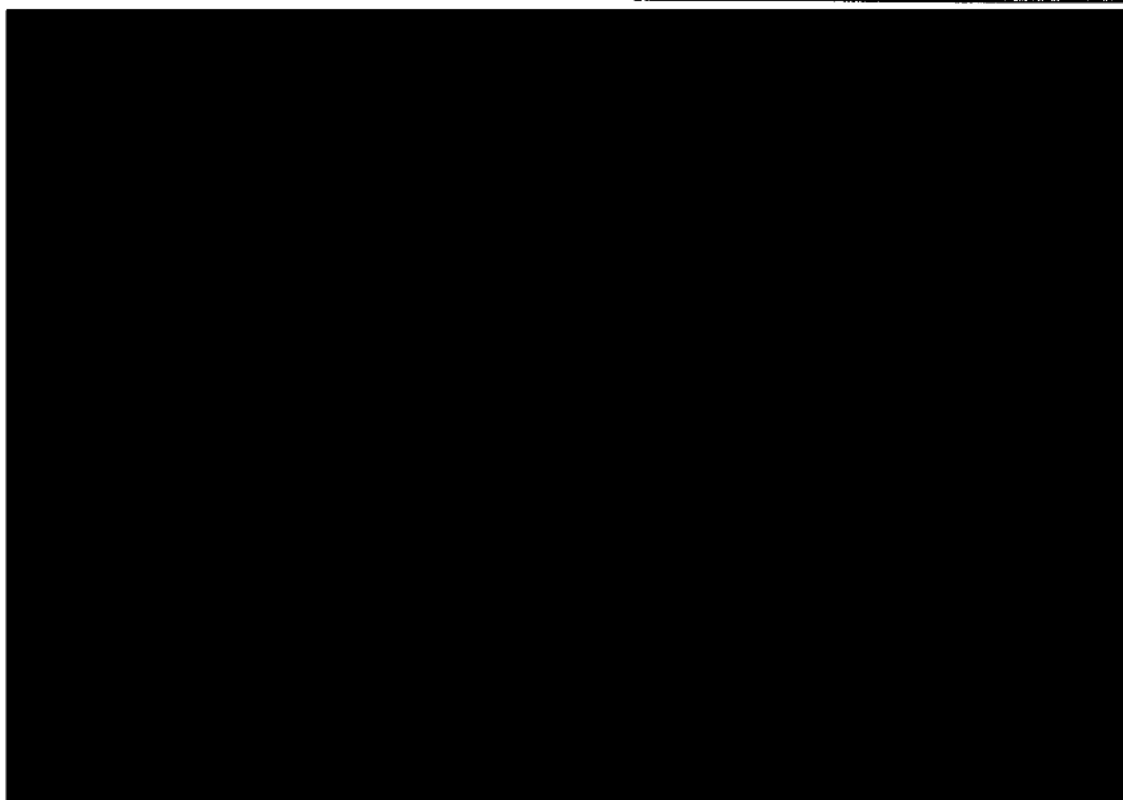
Las características geográficas y climáticas de la ZMVM se consideran como unos de los principales factores que condicionan la acumulación o dispersión de los contaminantes, generados fundamentalmente por procesos antropogénicos. Así mismo, el clima y el estado del tiempo en pequeña escala o microclima de la ZMVM, tiene considerables influencias que afectan el aire y el comportamiento de los contaminantes.

De acuerdo con datos climatológicos del área de estudio, se presentan tres subtipos de climas, como resultado de las diferencias de elevación y relieve del terreno; y cabe mencionar que estos subclimas, influyen significativamente en las condiciones meteorológicas de áreas específicas. En la ZMVM, se presenta un clima templado con lluvias en verano, templado húmedo y subhúmedo con lluvias en verano y un clima seco (ver Figura 2.1.2.).

En los últimos años las condiciones meteorológicas y climáticas del Valle de México han cambiado, provocando que casi no se distingan los cambios estacionales, aún se puede reconocer una estación húmeda (lluvias) y una estación seca que se caracteriza por presentar contenidos de humedad baja; sin embargo, las variaciones de temperatura de hasta 15 °C que se presentan en esta última estación, permiten dividirla en dos estaciones: Seca-Caliente y Seca-Fría. La primera comprende de marzo a mayo y la segunda de noviembre a febrero.

Por otro lado la temporada de lluvias y humedad relativa alta, se presenta desde mediados de mayo, pero se vuelve más evidente entre junio y octubre, ocasionando que descieran los niveles de algunos contaminantes por la inestabilidad atmosférica. Los niveles más altos de precipitación se registran en las zonas montañosas y los más bajos en la zona oriente (nororiental principalmente) (INEGI, 2007)⁶.





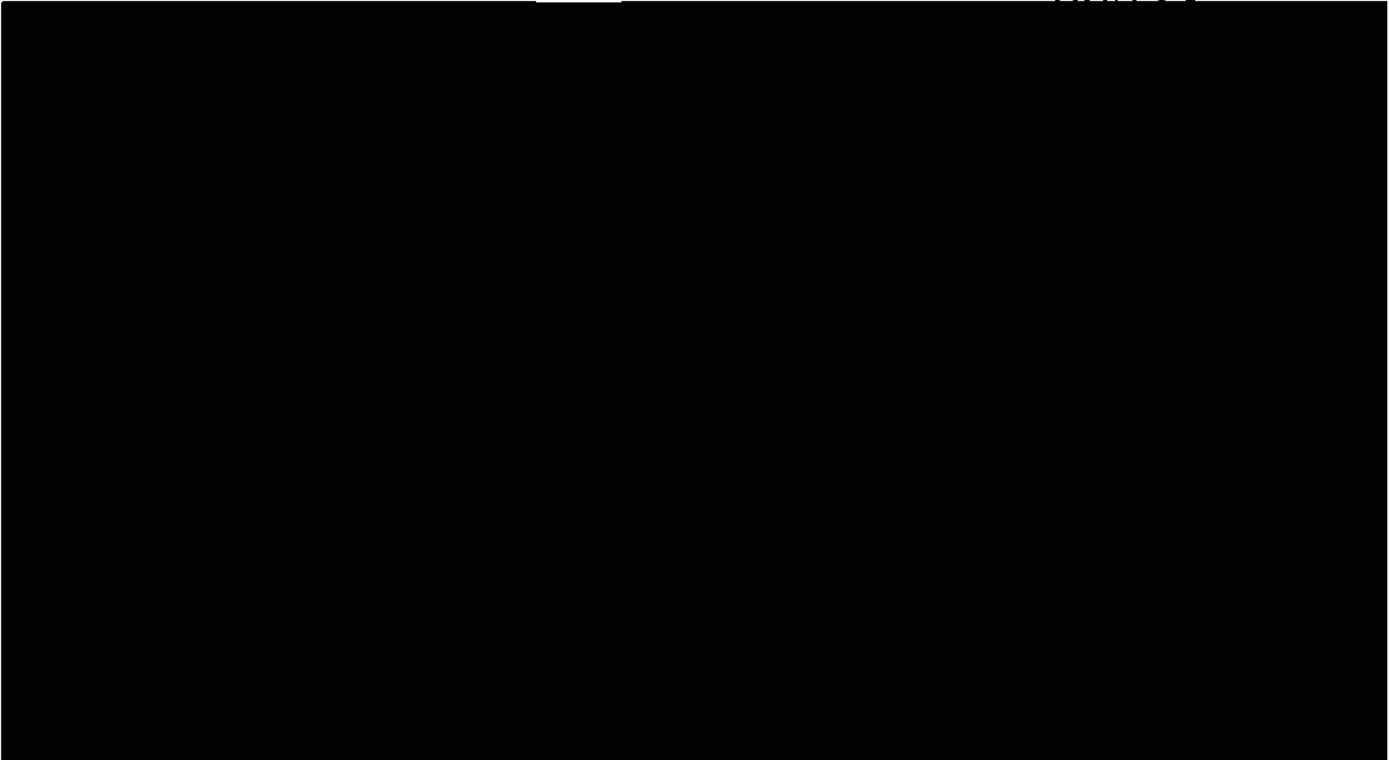
Precipitación pluvial y humedad relativa

El promedio de precipitación pluvial, indica que la mayor cantidad de lluvia se presenta en la parte occidental del Distrito Federal, al pie de la sierra Ajusco-Chichinautzin. Esta situación se presenta por el flujo de viento de verano, durante las lluvias más intensas y reforzada por el levantamiento mecánico del aire que golpea una montaña, rebota y asciende. Debido a la humedad suficiente, ésta se condensa formando nubes y produce la precipitación. El incremento de la precipitación pluvial propicia un efecto de "lavado troposférico", lo cual favorece una mejor calidad del aire de la zona, puesto que mitiga la generación de partículas.

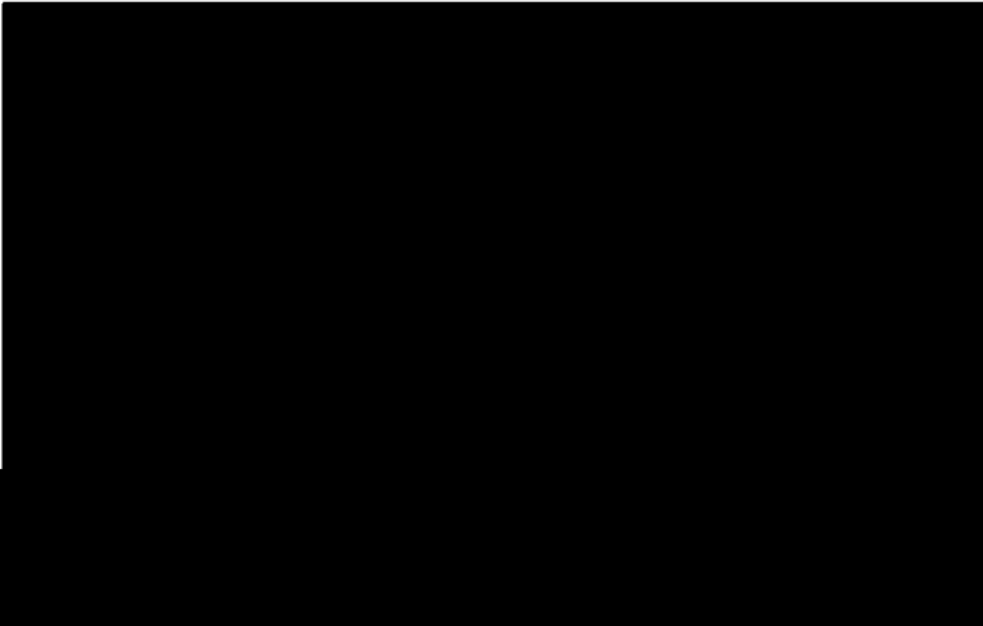
El aumento de las lluvias en la ZMVM de junio a septiembre, se asocia a la entrada de aire tropical, con alto contenido de humedad procedente del Océano Pacífico, Mar Caribe y Golfo de México. Durante estos meses se registra un periodo conocido como canícula donde hay un intenso calor, con lluvias escasas y normalmente se da en agosto (aunque no siempre se presenta).

Es importante mencionar que dentro de la ZMVM se presentan diferentes patrones de intensidad de lluvias; debido a lo anterior y para fines del presente Inventario de Emisiones, la ZMVM se caracterizó en tres regiones con base en la intensidad de la precipitación pluvial; cabe mencionar que la región 3 es la que recibe la mayor cantidad de precipitación y la región 1 es la más seca (ver Gráfica 2.1.1).





Con respecto a la humedad relativa, tenemos que en un mismo día pueden registrarse valores muy variados, sin que necesariamente tengan un patrón definido durante el día. La tendencia anual, es que el periodo de mayor humedad se enmarque durante la temporada de lluvias. Para el año 2006, los valores altos se presentan durante los meses de julio a septiembre.



Los promedios mensuales indican una diferencia aproximada del 24% entre el mes más húmedo (agosto) y el mes más seco (marzo); esto está influenciado fundamentalmente por las masas de aire que afectan el interior del país y Valle de México durante la temporada mencionada, ya que al ser de tipo marítimo y cálidas, es decir, de tipo tropical, presentan un alto contenido de humedad, lo que propicia la formación de nubes, reduce la insolación y a su vez contribuye a disminuir la formación de ozono. Además de provocar las lluvias que dan lugar al "lavado atmosférico".

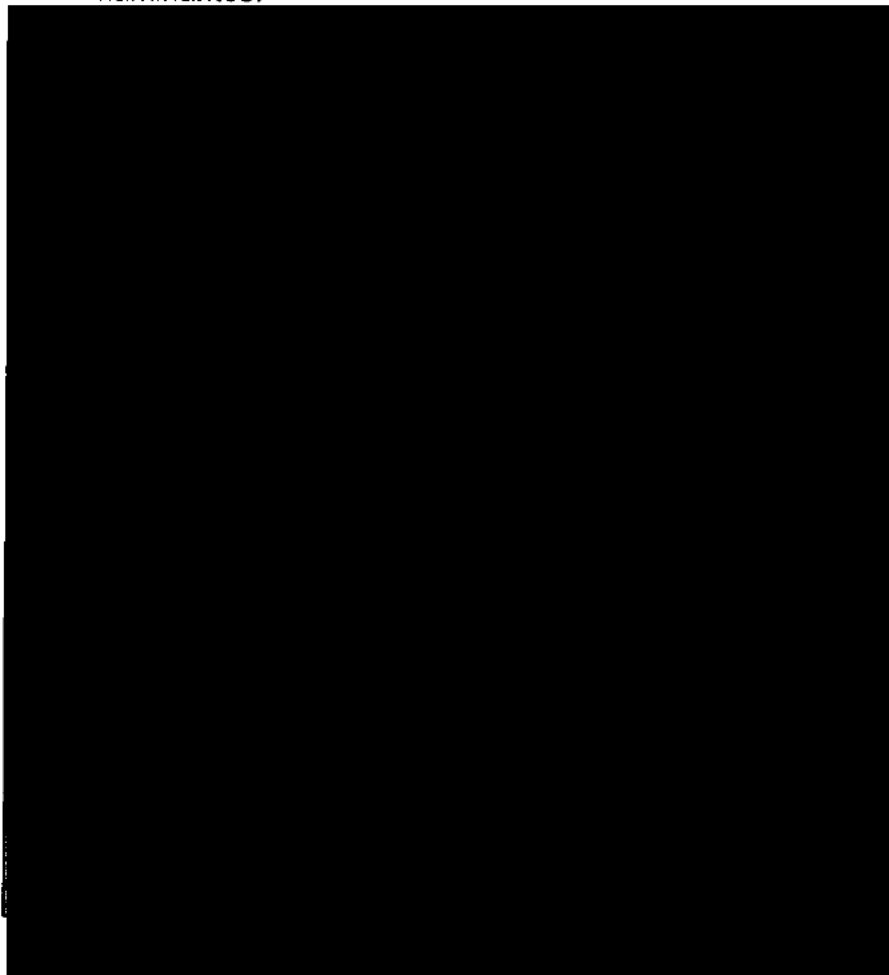


Viento

Desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, el viento es uno de los factores más importantes, ya que a partir de su *dirección*, se identifican los sistemas meteorológicos que afectan a determinado lugar. Así mismo, la *intensidad* es una de las variables que determina, si los contaminantes en capas cercanas a la superficie, se acumulan o se dispersan. Cabe mencionar que la dispersión vertical de los gases contaminantes en la atmósfera, dependen en gran manera de la estabilidad y turbulencia de la zona, así como del calor y la fricción producida por los vientos y la superficie del suelo.

En el Valle de México, la entrada principal del viento se ubica en la zona norte, región donde el terreno es más plano. Dependiendo de la época del año, la influencia de sistemas meteorológicos hacen que exista una segunda entrada del viento por la región noreste del Valle; incluso, puede darse que el flujo del viento sea de sur a norte, cuando el viento en capas medias de la troposfera es suficientemente intenso como para que, a pesar de la barrera montañosa, se imponga esa dirección, sobre todo en los meses invernales. Es necesario remarcar que las dos últimas direcciones descritas normalmente se presentan en un porcentaje bajo, de tal forma que estos comportamientos no siempre se detectan (INEGI, 2007).

Adicional, y en conjunto con los rasgos orográficos del Valle, se forman remolinos, líneas de confluencia y zonas de convergencia del viento, mismos que tienden a incrementar la acumulación de los contaminantes.





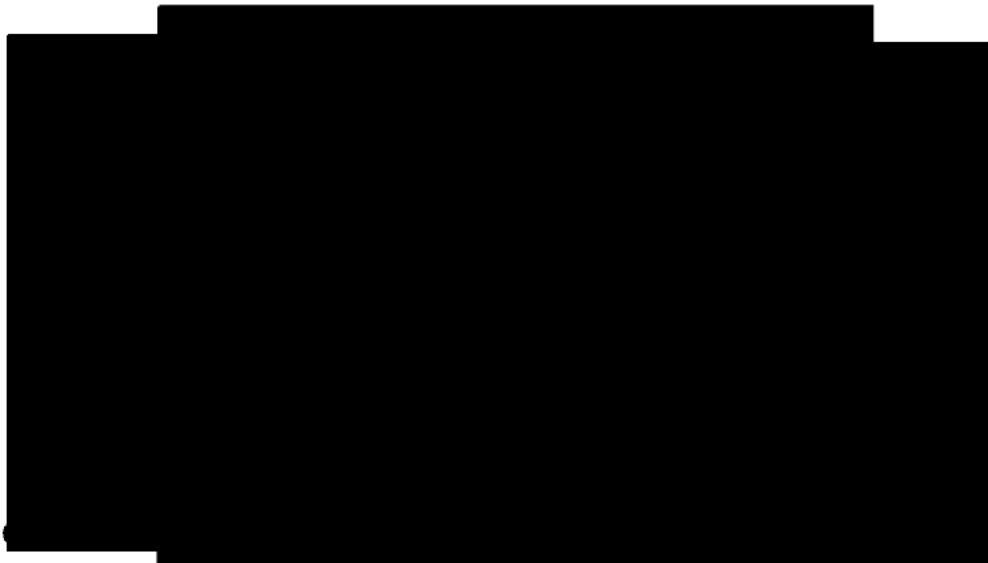
La Figura 2.1.3 muestra las rosas de viento con datos promedio de 5 estaciones meteorológicas de la Red Meteorológica en el año 2006. Al centro de la ZMVM (Tlalnepantla-TLA, Xalostoc-XAL, Merced-MER), se observa una dirección de viento variable, sin embargo, la componente principal es del norte. Así mismo, las velocidades de viento en esta zona, llegan a alcanzar los 6 m/s en su componente principal. En las estaciones del sur, como la del Cerro de la Estrella (CES), los vientos dominantes provienen del sureste y en el caso del Pedregal (PED), la dirección predominante es del suroeste. La velocidad del viento de dichas estaciones, se mantuvieron en el rango de 1-4 m/s.

En cuanto a la dispersión vertical del viento a través del día, prevalece la dirección del norte en las horas de la mañana, con baja velocidad; se va incrementando a lo largo del día y presenta los máximos en la tarde. Después de medio día y durante las siguientes tres horas, la dirección del viento comienza a ser más variable, coincidiendo con la máxima altura de la capa de mezclado, dicha mezcla es producida por el calor almacenado en las capas inferiores.

Temperaturas e inversiones térmicas en el Valle de México

Normalmente en la ZMVM, la temperatura máxima, mínima y promedio mensual tienden a presentar un patrón estacional como reflejo de la época del año; de esta manera, los valores más bajos se registran en la época seca-fría y los más altos en la seca-caliente, así mismo, los valores moderados se presentan durante la época de lluvias, cuando la formación de nubes es significativamente mayor y la insolación es interceptada por éstas.


La gráfica de temperaturas muestra la variación mensual de la temperatura máxima, promedio y mínima mensual, durante el año 2006. Y como se mencionó anteriormente, se observa un patrón estacional a lo largo del año, en particular con las temperaturas mínimas en la época fría y con las máximas para la época seca.



Las inversiones térmicas se presentan con el aumento de la temperatura en ciertas capas de la atmósfera que frenan los movimientos del aire, puesto que el aire frío y denso de las capas bajas, no puede elevarse. Son sinónimo de estabilidad atmosférica de tipo temporal y por lo tanto, favorecen el estancamiento de las emisiones contaminantes.



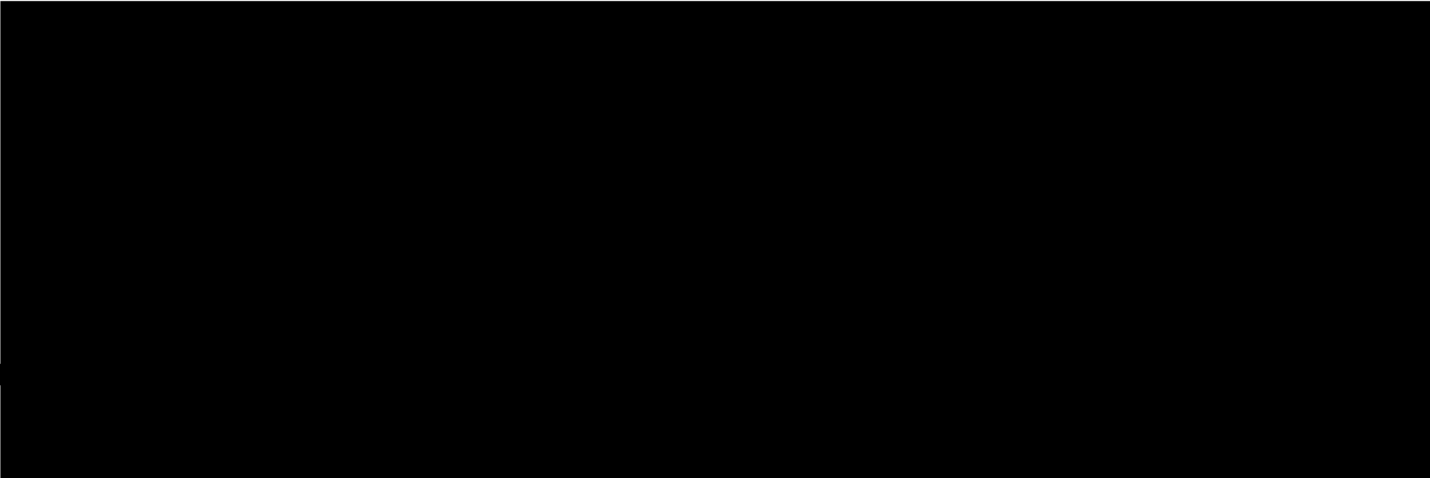
En la ZMVM son de tipo radiativas, ocasionadas por la presencia de sistemas de alta presión, provocando cielo despejado durante la noche y la fuga de calor del suelo. Debido a esta fuga de calor durante la noche, las capas inferiores registrarán temperaturas más bajas y estancamiento de aire. En el año 2006, las inversiones térmicas se presentaron con mayor frecuencia en el mes de enero. Su origen, es el resultado de la posición geográfica y morfológica del Valle, asociado a los sistemas de alta presión, cuando se ubican hacia el norte del territorio en la época de invierno, ya que desplazan aire frío hacia el centro del país.



Capa de mezclado

La capa de mezclado, por definición, es la región de la atmósfera en la cual se dispersan los contaminantes; su altura varía constantemente dependiendo de las condiciones de calentamiento del aire y de la velocidad del viento, por lo tanto, está en función de la estabilidad de la atmósfera. Al igual que muchas variables meteorológicas, la capa de mezclado presenta una evolución a través del día y a lo largo del año. El valor de este parámetro es muy importante, ya que nos da una idea del volumen de aire en el que se está llevando a cabo la mezcla de contaminantes, a causa de la turbulencia atmosférica en las capas bajas.

La Gráfica 2.1.5 muestra la altura promedio mensual de la capa de mezclado para el año 2006; se puede observar que desde marzo, hasta finales de mayo se alcanzan las alturas de mezclado más elevadas, presentando un máximo en el mes de abril; a partir de agosto se tienen las más bajas y cabe mencionar que la mínima se presentó en el mes de noviembre.





En cuanto a la dispersión vertical a través del día, se menciona que la capa de mezclado de la ZMVM no presenta un comportamiento típico como en otros lugares, donde la altura máxima ocurre pocas horas después de la salida del sol (Arya, 2001 en E. Velasco, C. Márquez, *et al*, 2007), sino que el máximo ocurre tres o cuatro horas después del mediodía (A. Soler, 2007⁷).

2.2 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.2.1 Población

En las últimas dos décadas, el país ha experimentado un importante proceso de reestructuración, el cual ha modificado las tendencias tanto de la distribución territorial de las actividades económicas como de la población. No obstante a dichas tendencias, el patrón de distribución territorial de la población continúa siendo polarizado: se mantiene una alta concentración de población en un número reducido de ciudades, y presenta una gran dispersión de la población en miles de localidades pequeñas (CONAPO, 2001⁸).

La ZMVM es el principal escenario económico y social del país y lo será al menos, por unos años más, pues cabe mencionar que el Estado de México es la entidad más poblada, seguida por el Distrito Federal. Así mismo, la alta densidad de población y concentración de actividades productivas, implica la presencia de factores de presión ambiental y es, por tanto, un ecosistema crucial para la sustentabilidad.

Según datos del II Censo de Población y Vivienda 2005, la ZMVM registró para este año, alrededor de 20 millones de habitantes, cifra que representa el 19% del total nacional. De ellos, el 44% vive en las 16 delegaciones del DF, el 56% en los 59 municipios del Estado de México. Además, cabe mencionar que más de la mitad de la población de la ZMVM, vive aglutinada en 5 delegaciones del Distrito Federal y 5 municipios del Estado de México.

La población del Estado de México presentó una tasa de crecimiento media anual del 1.19% durante el período 2000-2005⁹, en el quinquenio anterior la tasa fue del 2.66%. En lo que se refiere al Distrito Federal, dicha población creció a una tasa media anual de 0.24%, cuando cinco años antes fue de 0.32%.



2.2.2 Vivienda

La vivienda tiene un lugar relevante en el desarrollo urbano de la ciudad, constituye uno de los principales satisfactores sociales, capaz de promover el crecimiento económico, pero sobre todo, es uno de los bienes fundamentales del desarrollo social, no se entiende la vida de una persona si no tiene acceso a una vivienda digna. Según el II Censo de Población y Vivienda 2005, hay más de 24 millones de viviendas particulares a nivel nacional, de éstas, el 19% se concentra en la ZMVM. De las viviendas de la ZMVM, que son aproximadamente cinco millones, el 52% se ubica en los municipios conurbados del Estado de México.

En promedio, de las viviendas ubicadas en la ZMVM, aproximadamente el 98% cuenta con electricidad, el 96% tiene agua entubada y un 94% con drenaje. En general las condiciones de vivienda de las ZMVM son mejores a los promedios nacionales y en particular, el Distrito Federal presenta mayor nivel de equipamiento que las viviendas del Estado de México. Ver Figura 2.2.4.

2.2.3 Industria

De acuerdo al Censo Económico 2004 realizado por el INEGI¹⁰, existen más de 328 mil industrias manufactureras a nivel nacional, y el 16% se encuentra ubicado en la ZMVM, principalmente en grandes parques industriales.

En el Distrito Federal existen 28,025 establecimientos del sector manufacturero, por lo cual, ocupa el segundo lugar a nivel nacional. El subsector correspondiente a la producción de alimentos, bebidas y tabaco, es el giro de mayor representación con un 36%, le siguen las manufacturas de productos metálicos con el 23% y la producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales con el 15%.



El comportamiento que tiene la industria manufacturera a nivel delegacional, es que sólo cuatro delegaciones concentran el 53% de las manufacturas (Iztapalapa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero e Iztacalco).

Estadísticamente en 13 de las 16 delegaciones predomina la manufactura de productos alimenticios, bebidas y tabaco. Para el caso de las delegaciones Cuauhtémoc y Benito Juárez predomina la producción de productos de papel, imprentas y editoriales, y para la delegación Azcapotzalco la fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo. En las delegaciones Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza, la producción de alimentos, bebidas y tabaco. Finalmente de acuerdo con el tamaño de la industria, los establecimientos manufactureros ubicados en el Distrito Federal se distribuyen de la siguiente manera: el 92% corresponde a la industria micro, el 5 % a la pequeña, el 2.6% a la mediana y sólo el 0.4% a la industria grande.¹¹

En el caso del Estado de México, la actividad industrial se concentra en los municipios de Tlalnepantla, Naucalpan y Ecatepec; los principales subsectores son: productos alimenticios, bebidas y tabaco, seguido de los productos metálicos, maquinaria y equipo. Además, en esta entidad se encuentran ubicadas las plantas generadoras de energía eléctrica.

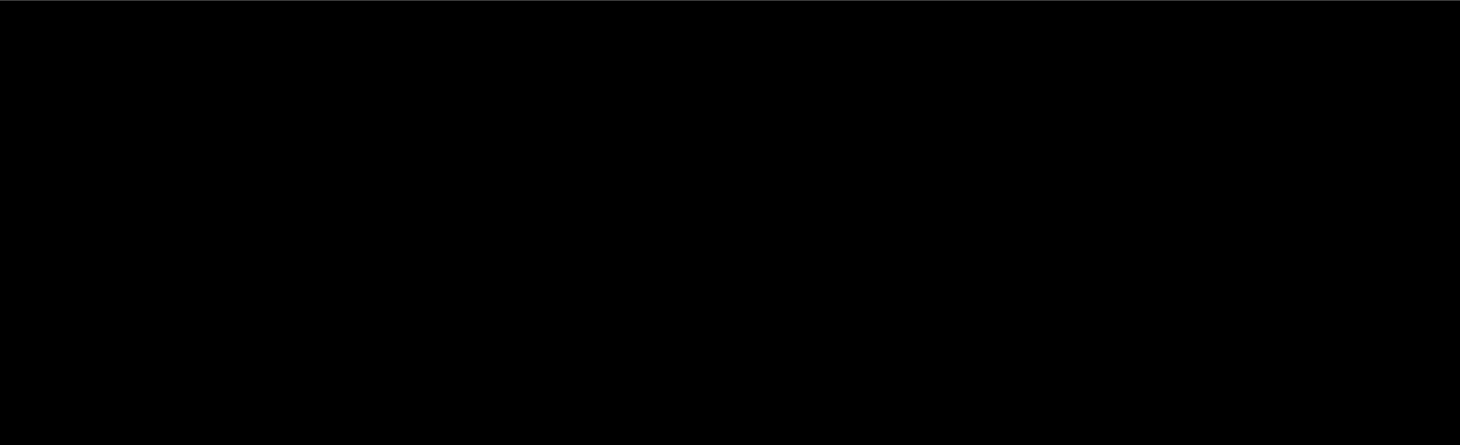
2.2.4 Transporte

Debido al crecimiento poblacional de la ZMVM, la mancha urbana ha seguido creciendo en forma horizontal sin un ordenamiento y planeación, haciendo que las distancias y tiempos de traslado dentro de la misma hayan aumentado. Asimismo, la falta de un transporte público metropolitano masivo y eficiente, ha ocasionado que continúe creciendo la flota vehicular de uso particular principalmente (ver Gráfica 2.2.1).

Por otro lado, los autos particulares en el año 2006, representan el 80% de las unidades destinadas al transporte de personas y sólo captan cerca del 20% de los viajes por persona



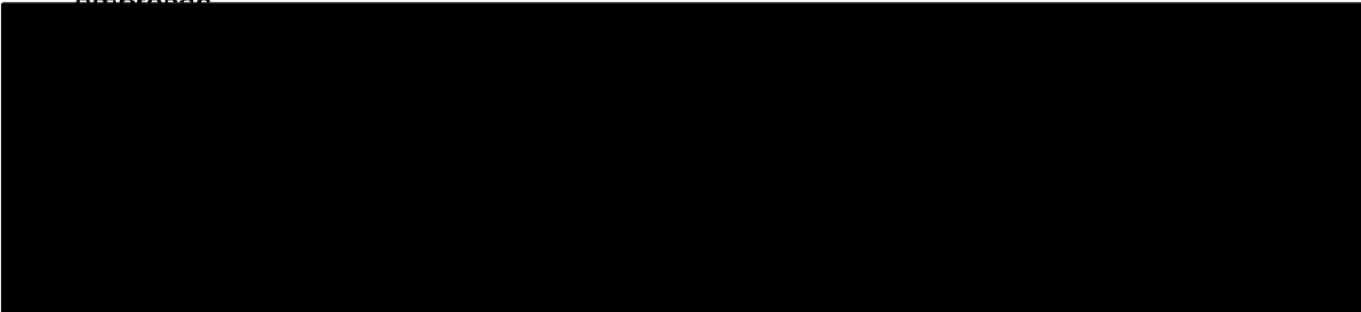
por día que se realizan en la ZMVM, en contraste con las combis y microbuses que representan menos del 2% y en ellos se realizan cerca del 60% de los viajes por persona por día. Ver Tabla 2.2.1.



2.2.5 Servicios

Las actividades de servicios tienen una participación cada vez mayor en la economía nacional y se han concentrado en regiones, como en la Zona Metropolitana del Valle de México. Parte de su explicación proviene de los flujos migratorios campo-ciudad y ciudad-ciudad, entre cuyos destinos está el de la ZMVM que continúa siendo un polo de atracción, aunque con menos fuerza que en décadas anteriores. Asimismo, debe destacarse la débil capacidad de respuesta de las actividades industriales para absorber la sobreoferta de mano de obra. El resultado entonces, viene siendo la terciarización de esta economía urbana y con un gran sector informal en constante crecimiento, en el cual no hay prestaciones salariales, ni contribuciones fiscales.

A diferencia de los procesos industriales, en el caso específico de la ZMVM, la importancia de los servicios radica no sólo en su dimensión y lo caprichoso de la diversificación de su oferta, sino también en los impactos ambientales que pueden derivarse de dichas actividades. Los patrones de consumo, en su caso, están determinando la intensidad a la que se somete el aprovechamiento de los recursos naturales y los volúmenes y grado de contaminación. Con base en información del SIEM (Sistema Empresarial Mexicano¹², 2007), la ZMVM concentra aproximadamente 200 mil establecimientos registrados, de los cuales el 94% se dedica al comercio y servicios; además, el 93% de ellos se ubican como micro empresas.



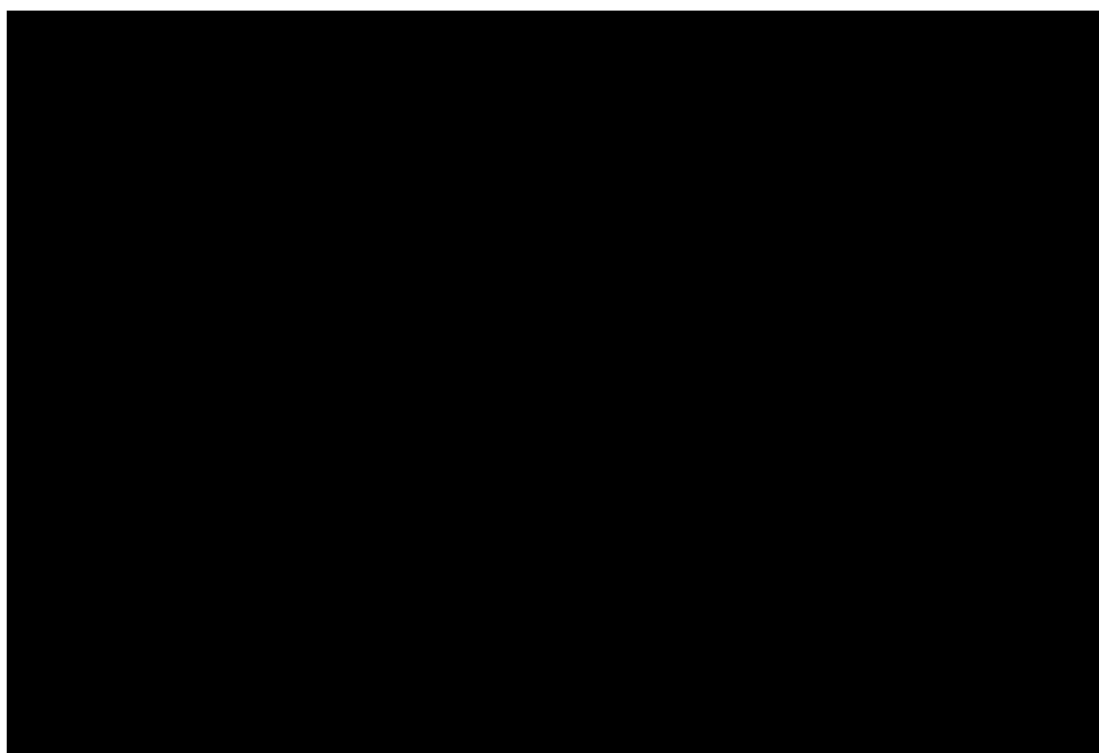


2.2.6 Uso de suelo y vegetación

Estudios importantes respecto a la flora en la ZMVM, revelan que se identificaron 1,500 especies de plantas vasculares aproximadamente. Actualmente se presentan 7 tipos de vegetación que responden a los climas templado frío y semiárido, estos tipos de vegetación forman parte, principalmente, de las zonas de conservación y son: bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, asociaciones de matorral, asociaciones de pastizal, agrupaciones halófilas y vegetación acuática. Mientras que en la zona urbana, la vegetación original se encuentra modificada o incluso ha desaparecido.

Los usos del suelo que predominan en la ZMVM, se pueden clasificar en: bosques, pastizales, matorrales, agricultura y zona urbana. En particular, con respecto a la agricultura, las tierras de temporal son las que ocupan mayor superficie y se localizan desde las llanuras hasta las altas sierras.

El Suelo de Conservación Ecológica del Distrito Federal está definido y caracterizado en el Programa General de Desarrollo Urbano y los Programas Delegacionales; la Declaratoria determina la línea limítrofe entre el área de desarrollo urbano y el área de conservación ecológica, el destino de su zona de protección y los usos y destinos para el área de conservación ecológica y para los poblados del Distrito Federal. De acuerdo con éstos, cubre una superficie de 88,442 hectáreas. (INEGI, 2002).



La superficie del suelo de conservación constituye poco más del 59% de la superficie total del Distrito Federal, limitando al norte, este y oeste con el Estado de México y al sur con Morelos. Lo compone principalmente el área rural del Distrito Federal en su región sur y surponiente; se localiza en las delegaciones de Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco, así como una pequeña área al norte de la Ciudad de México en la delegación Gustavo A. Madero.



2.2.7 Actividad Agropecuaria

Dentro del Distrito Federal esta actividad se concentra principalmente en las delegaciones Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco y Tláhuac, aunque abarca extensiones menores en las delegaciones de Álvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos y La Magdalena Contreras. Existen poco más de 30,000 hectáreas de uso agrícola y 8,000 hectáreas de pastizales. En dicha superficie, laboran alrededor de 40,000 campesinos dedicados a actividades agrícolas, pecuarias y agroindustria (INEGI, 2002).

La Zona Metropolitana del Valle de México cuenta con 4,184¹⁴ km² de suelo destinado a la agricultura (430 km² en el Distrito Federal y 3,754 km² en el Estado de México), generalmente se producen bienes de consumo familiar, no obstante, algunos cultivos representan una fuente significativa de ingresos, como es el caso de Milpa Alta, en donde el volumen de producción de nopal tiene asegurado un mercado amplio y suficiente. En el suelo agrícola se siembran principalmente cultivos de temporal (avena forrajera y el maíz principalmente), así como cultivos permanentes, entre los que destaca el nopal y los frutales.

La obtención de los diferentes productos pecuarios se caracteriza por su proclividad hacia la explotación extensiva, así como el predominio de los animales de traspato, destinados preferentemente al autoconsumo. Esta actividad se observa especialmente en las delegaciones con mayor tradición agropecuaria como son Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta.

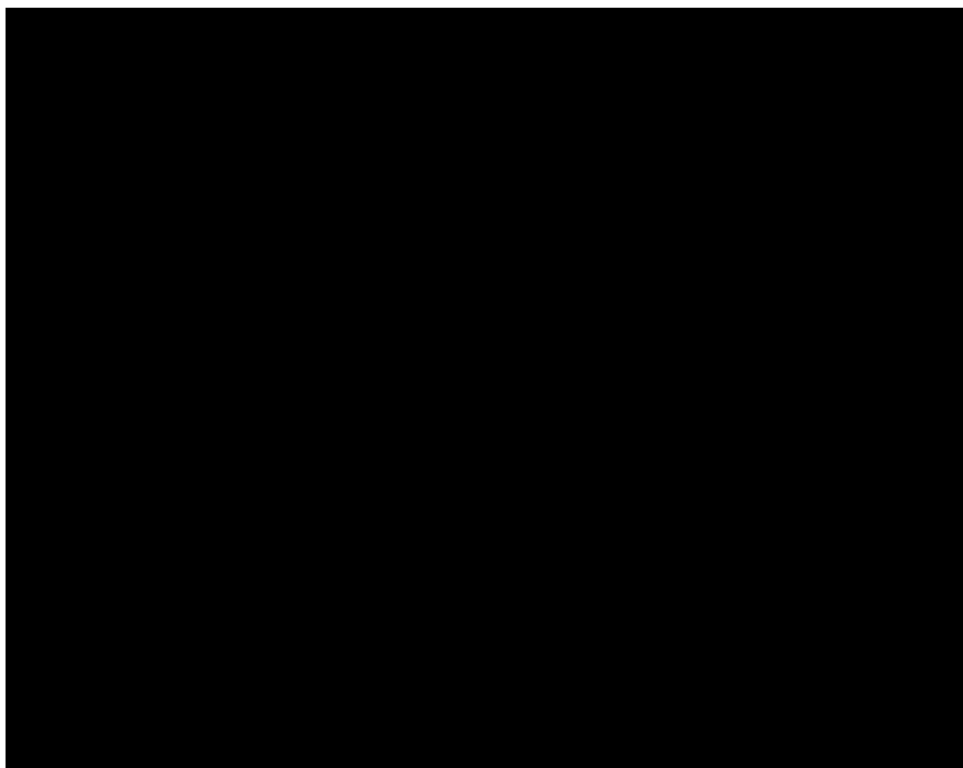
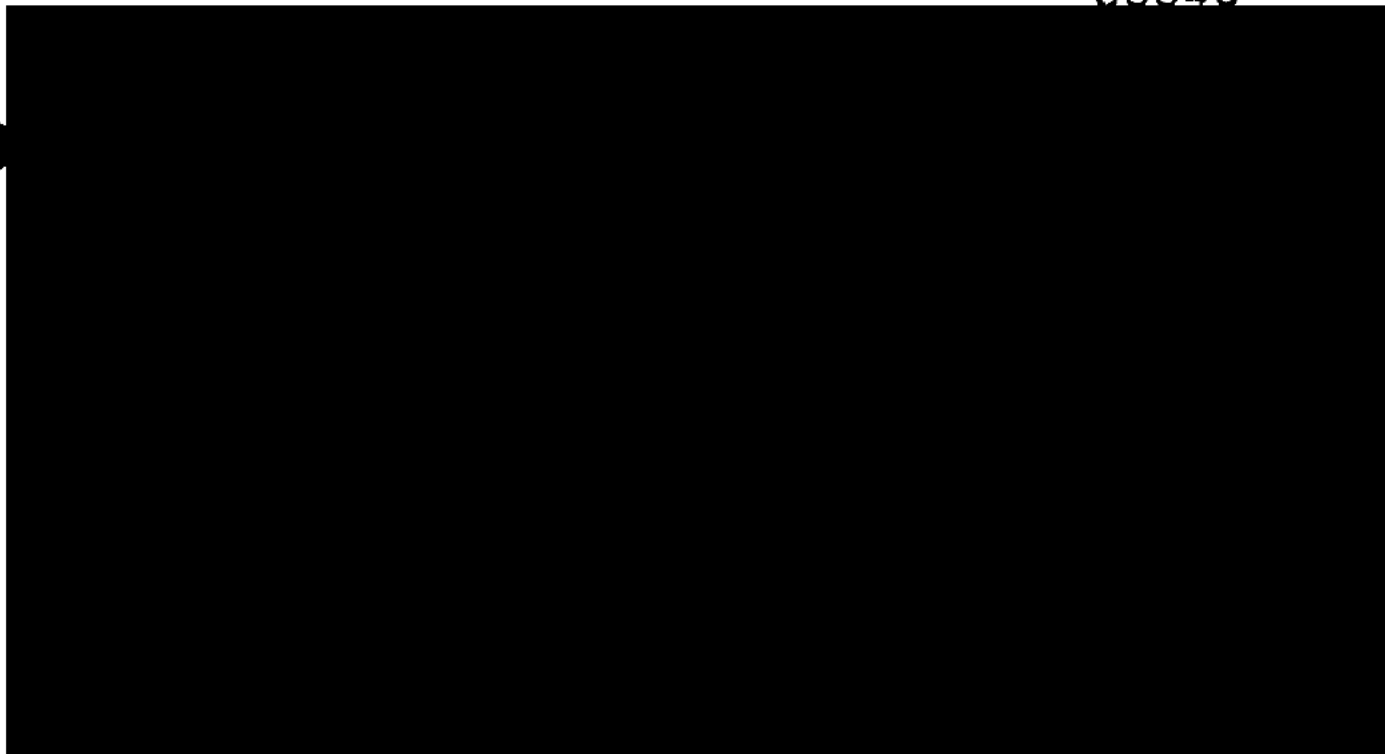
Así mismo, es importante destacar que en la ZMVM, la especie animal mayoritaria es el ave de corral, existiendo también la cría de cerdos, ovejas y borregos; debido a su capacidad de adaptación y desarrollo en espacios reducidos, la explotación de porcinos está presente en casi todas las áreas rurales mismas que se han convertido en las áreas habitacionales periféricas de bajos ingresos que no son ni urbanas ni rurales; se trata más bien de espacios degradados tanto para la producción agrícola como para un razonable uso habitacional.

2.3 CONSUMO ENERGÉTICO

A continuación, el consumo energético de la ZMVM presenta las estadísticas del destino de la energía primaria, es decir, nos da un panorama de la oferta y demanda de la energía, desde 1990 al año 2006. La energía destinada al consumo final de la ZMVM para el año 2006, se contabilizó en 545 PJ, con un ligero aumento del 1% con respecto al Inventario de Emisiones 2004.

Los sectores más importantes por su demanda de energía en el periodo, es el sector transporte, el cual ha tenido una participación promedio de 57% del consumo energético, así como el sector industrial con 27% (ver Tabla y Gráfica 2.3.1). El incremento en el consumo por parte del sector transporte es un reflejo del constante crecimiento de la flota vehicular, sin embargo, el resto de los sectores se han mantenido relativamente constantes, excepto el caso del sector residencial, el cual ha presentado una ligera disminución, atribuida esencialmente al uso de electrodomésticos, en particular calentadores y estufas de encendido electrónico.





El consumo promedio diario de los combustibles en la ZMVM para el año 2006, se estimó en 306 mil barriles equivalentes de gasolina; es decir 49 millones de litros por día.

En la Tabla 2.3.2 se presenta el consumo por tipo de combustible y se observa que la demanda energética de la ZMVM es cubierta principalmente por gasolina la cual representó el 43% de la demanda.



[REDACTED]

En segundo lugar se tiene al gas natural, el cual participó con el 24%, es importante mencionar que el consumo de gas natural es abundante, debido a que produce 6 MJ por barril, a diferencia de los demás combustibles, que generan alrededor de 5,000 MJ por barril de combustible.

[REDACTED]

Los sectores más importantes por su demanda de energía es: el sector transporte, el cual tuvo una participación del 57% del consumo energético total, teniendo a la gasolina como el principal combustible utilizado; mientras que el sector industrial consumió el 27%, utilizando en su mayoría gas natural.

Para satisfacer los requerimientos de cocción, iluminación, calentamiento, uso comercial y de servicios, la ZMVM utilizó gas licuado de petróleo y gas natural, sin embargo, los principales requerimientos los cubrió el GLP con una participación del 93% y 94% del consumo en el sector residencial y de servicios, respectivamente.

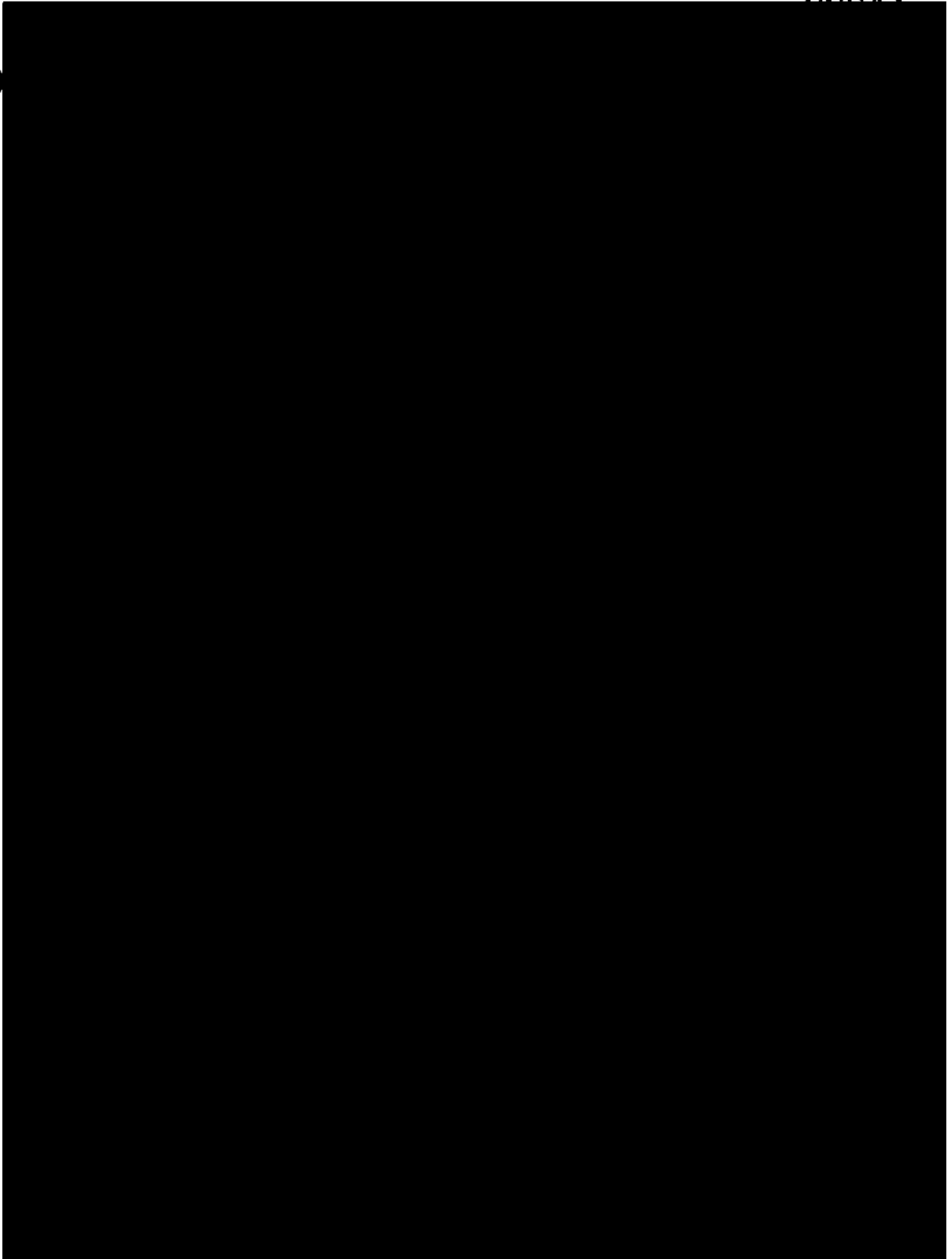
[REDACTED]



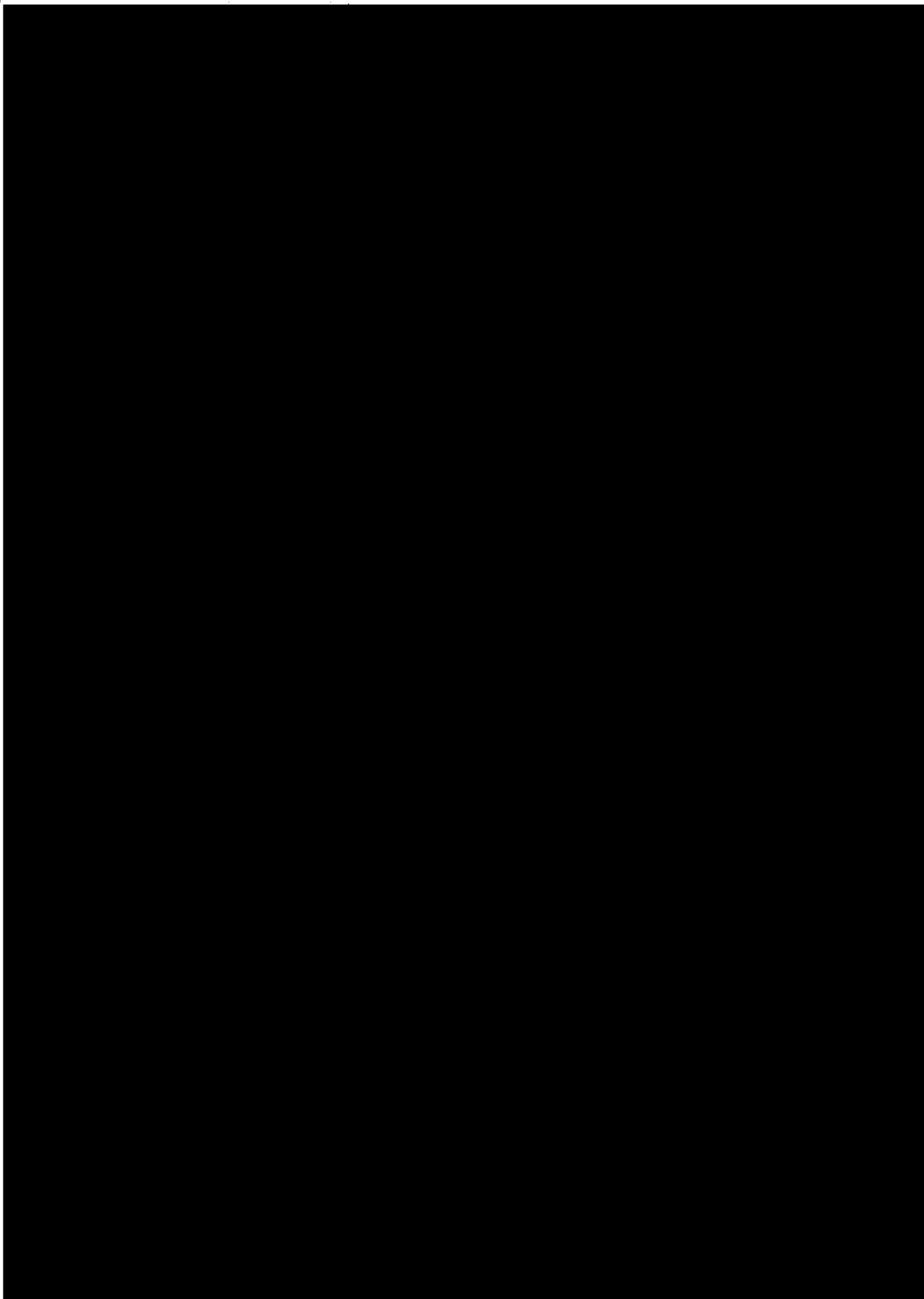




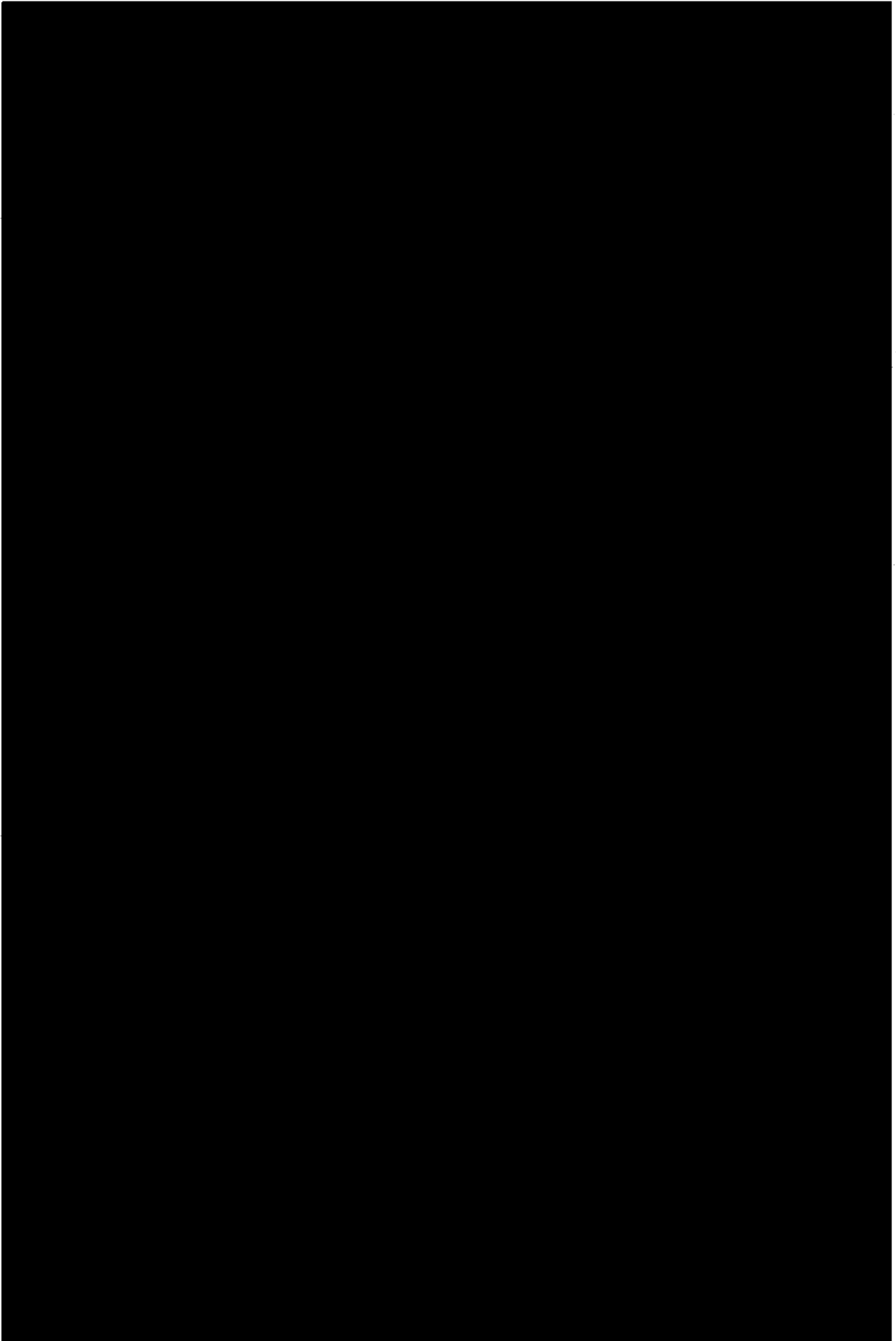




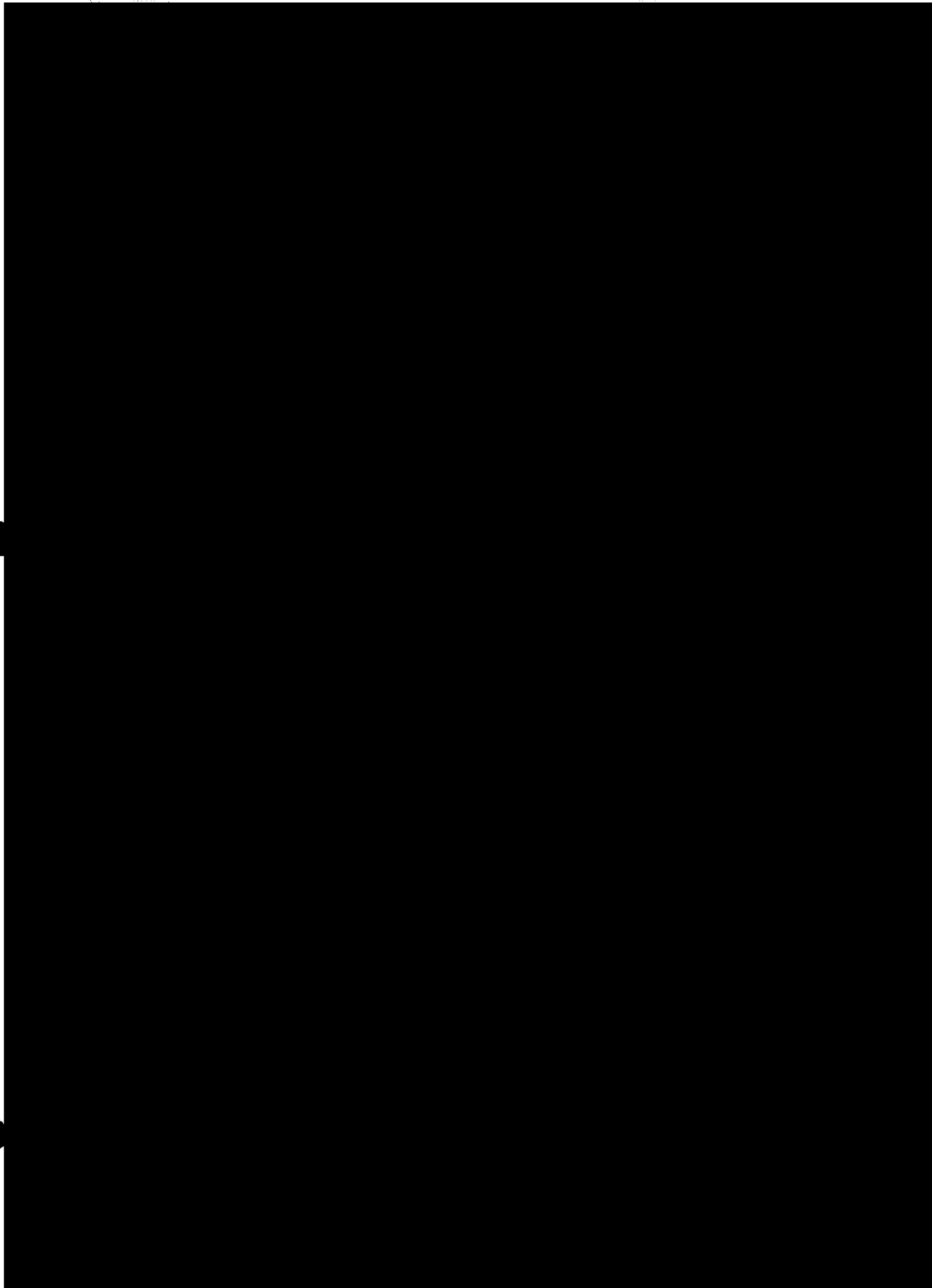










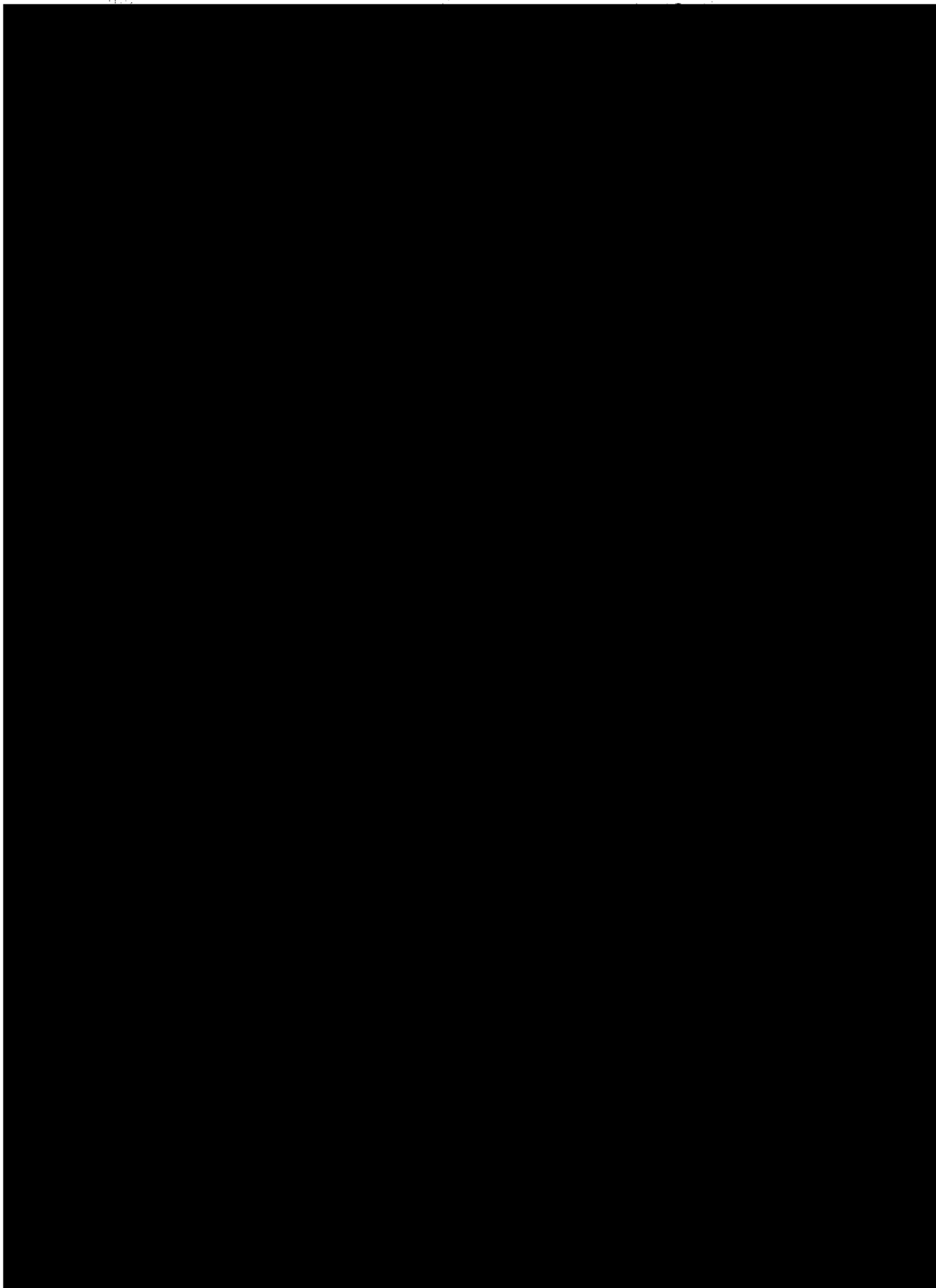




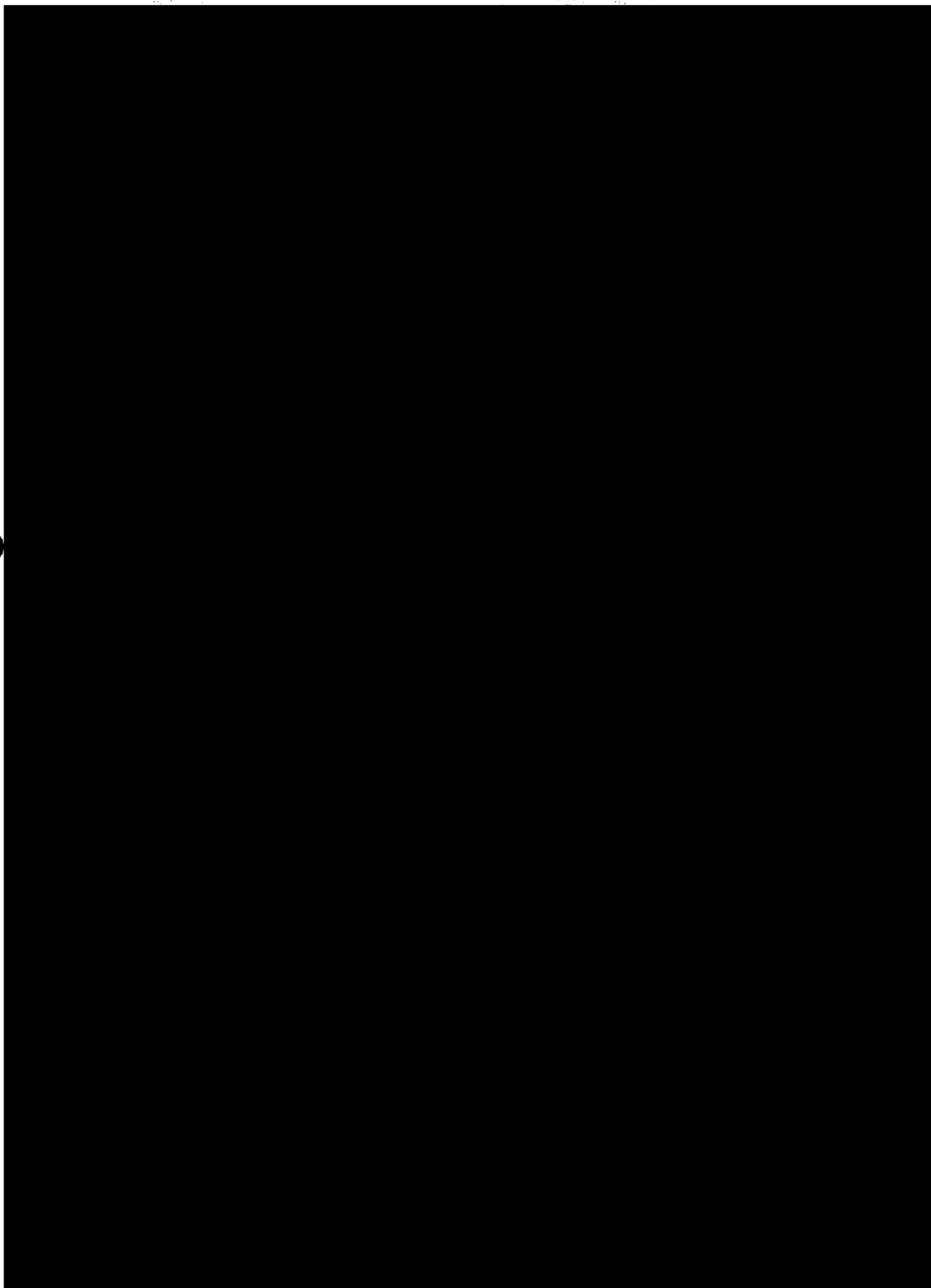
00051





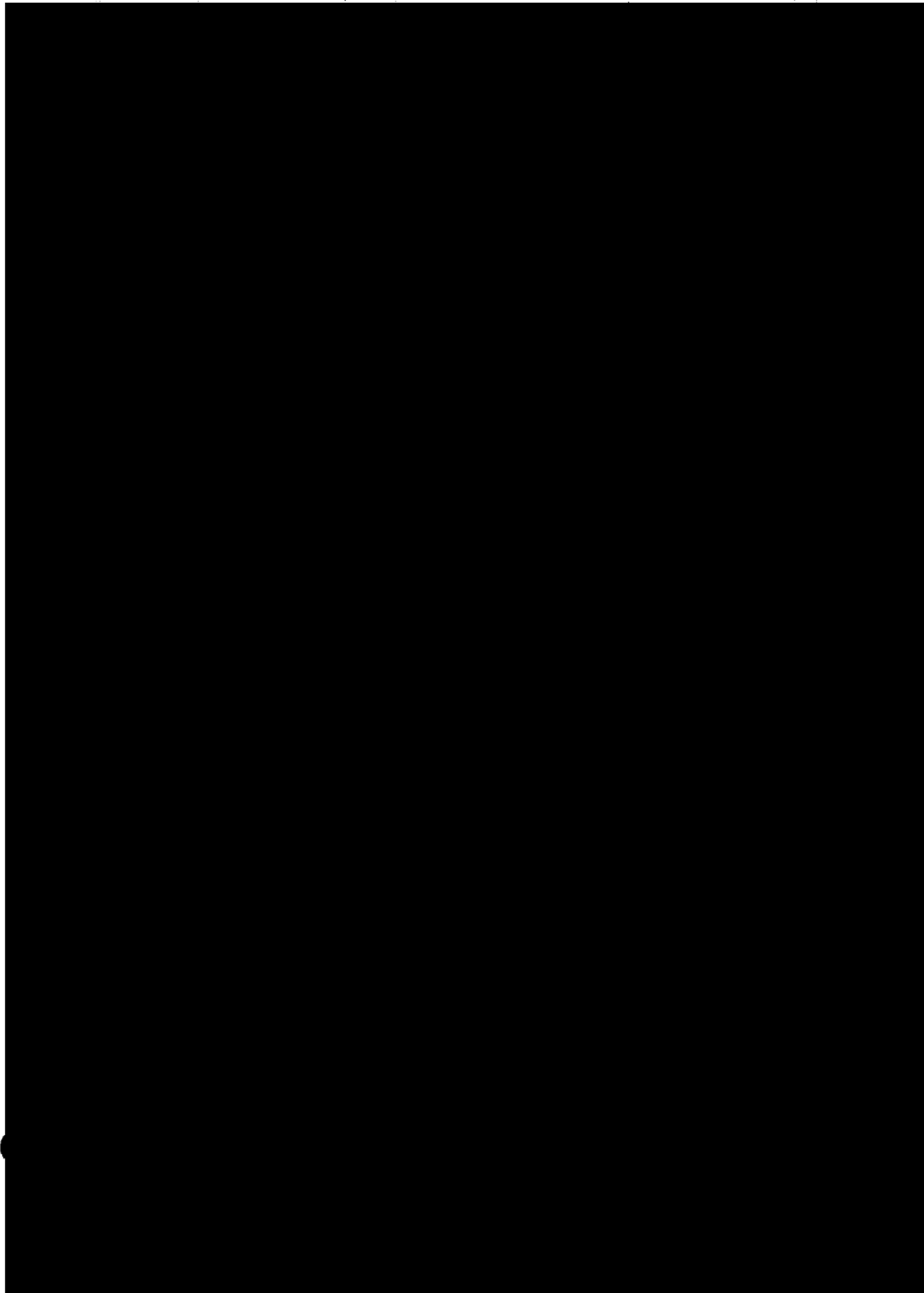








00054

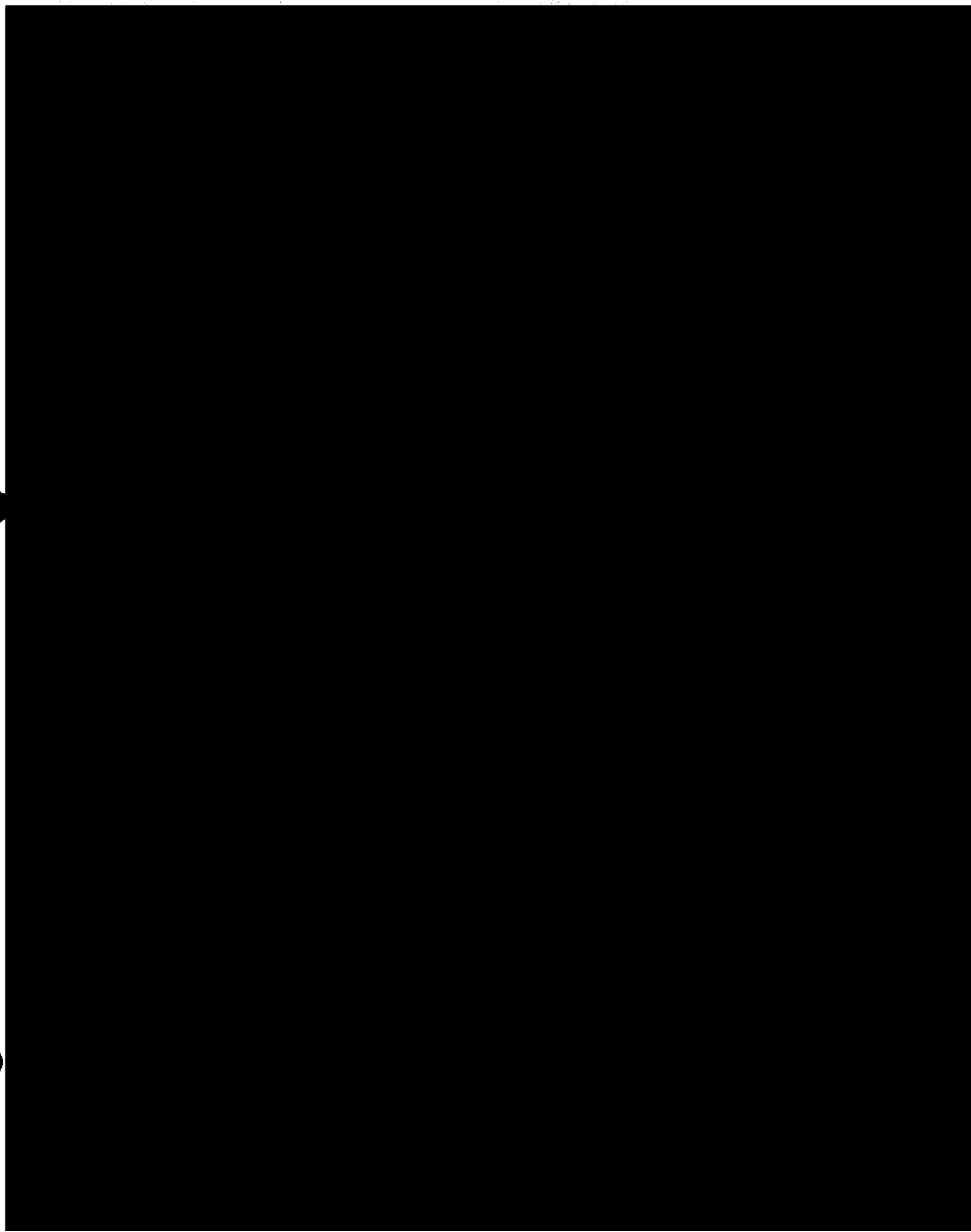




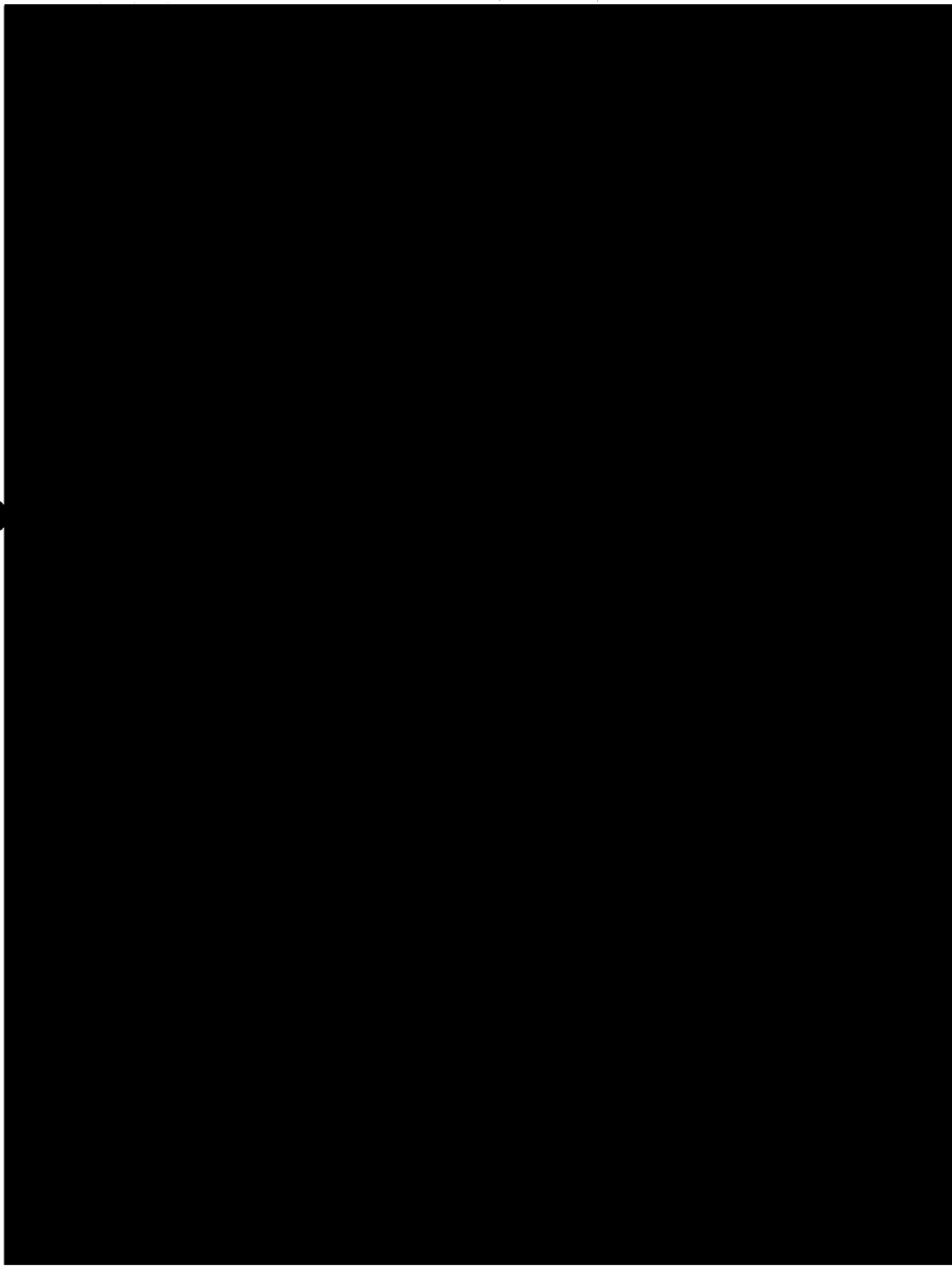
[REDACTED]

[REDACTED]

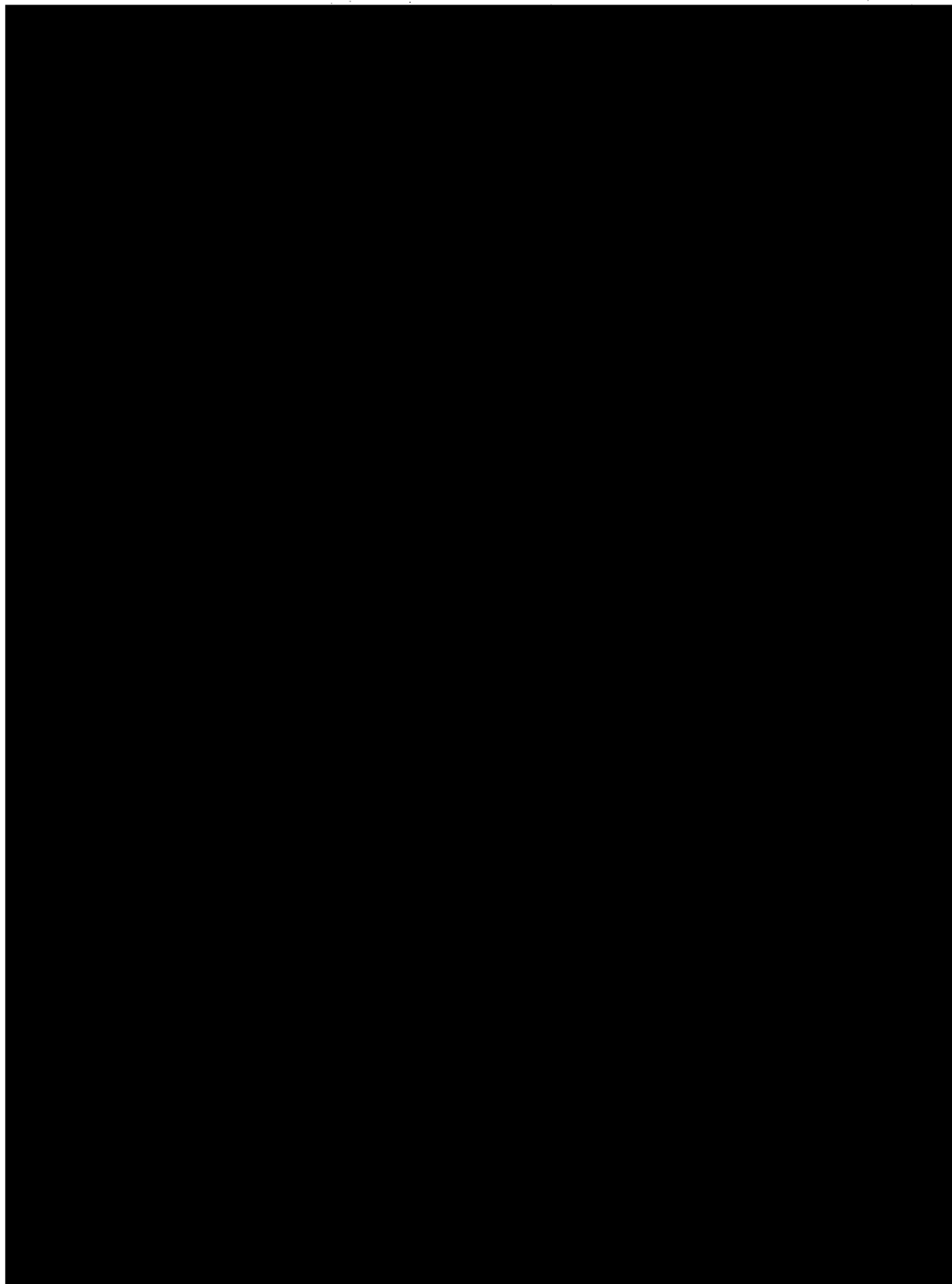








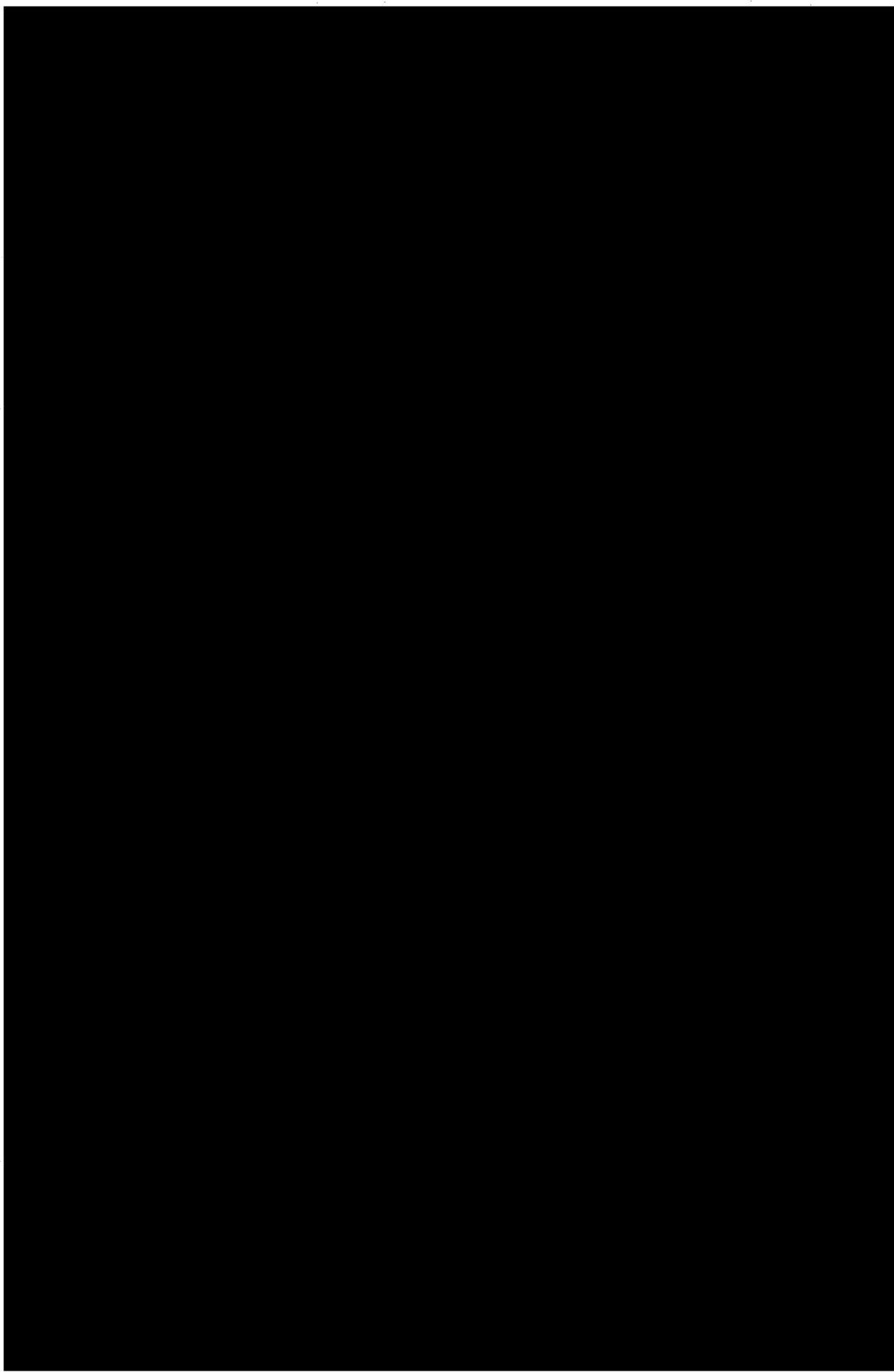






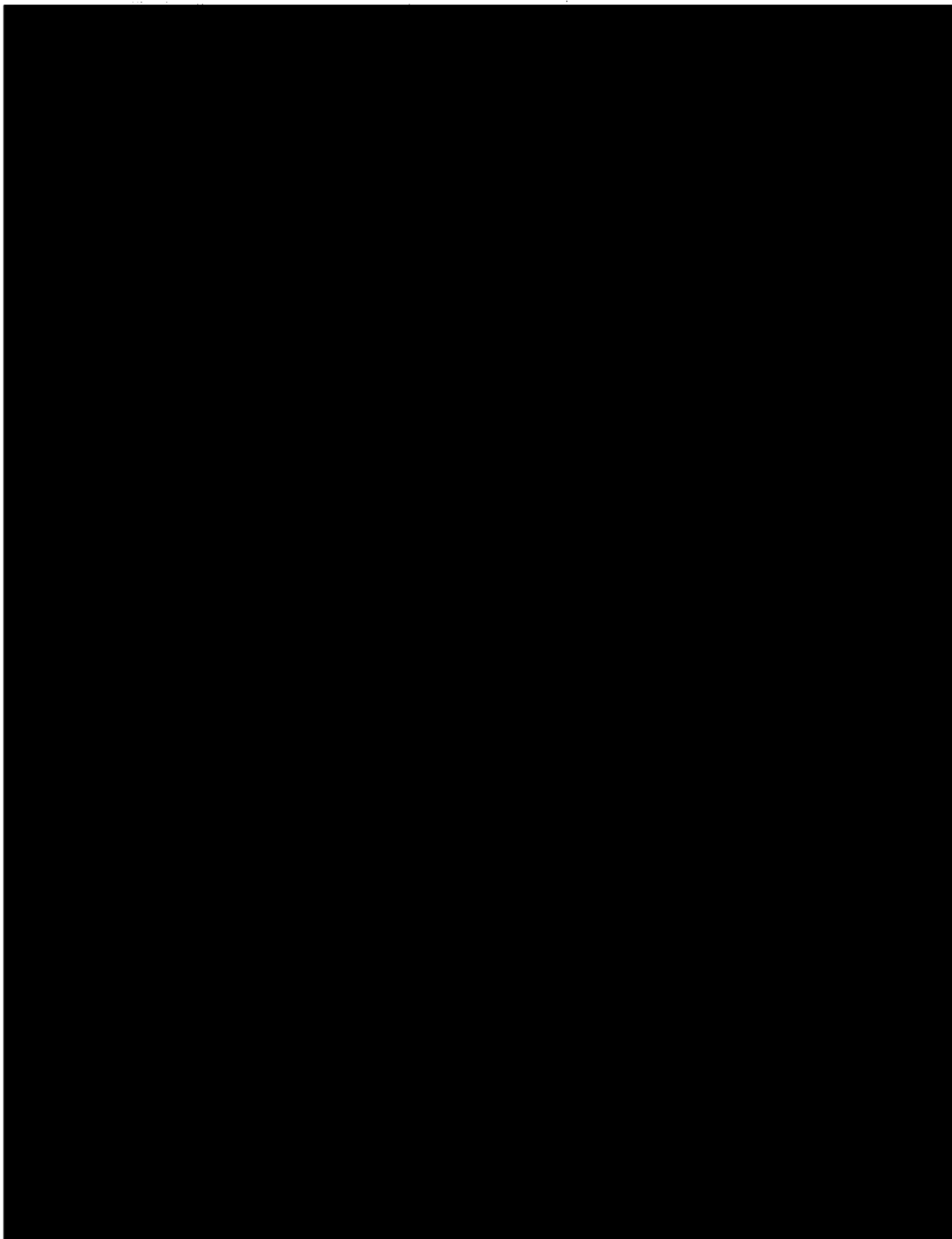




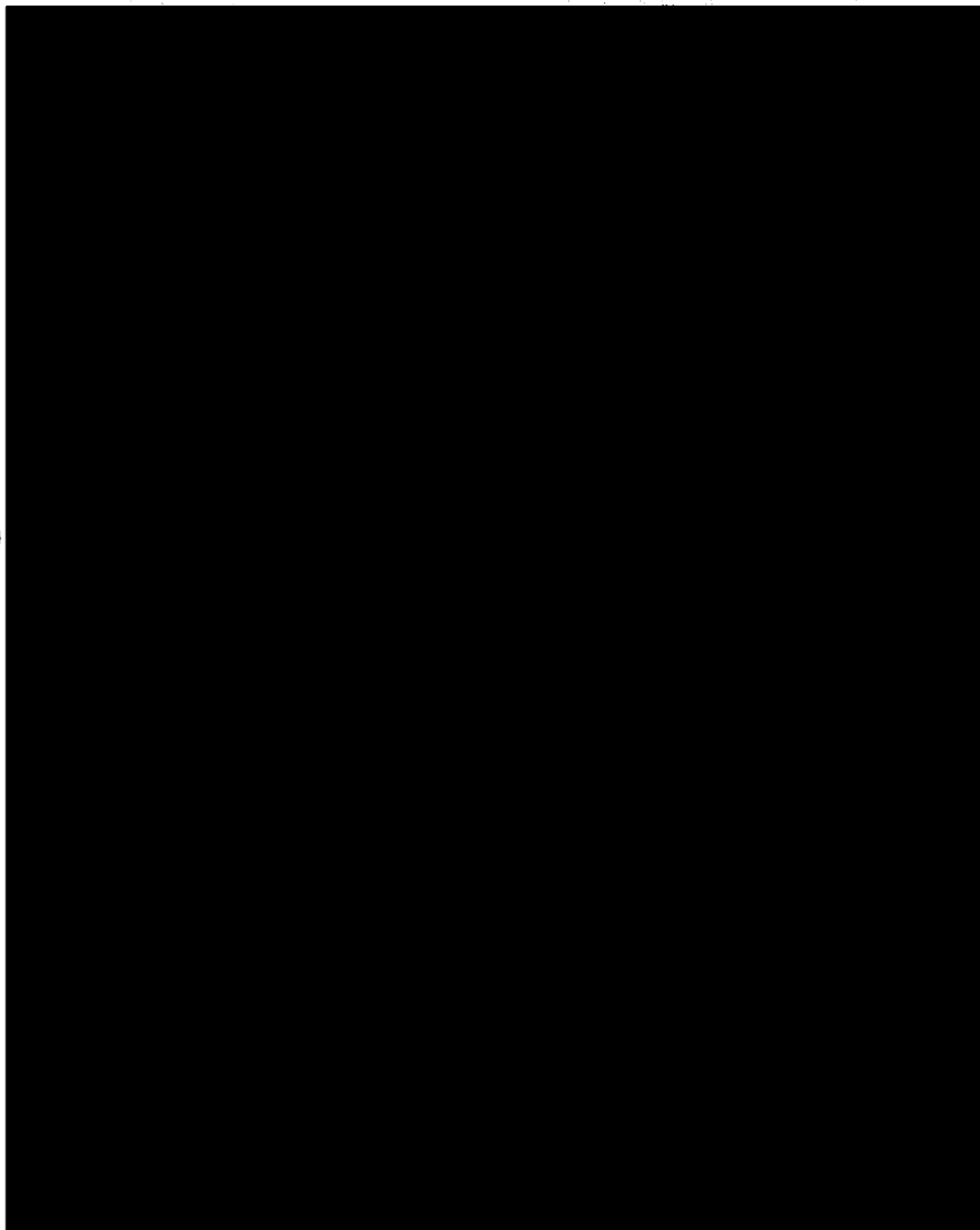




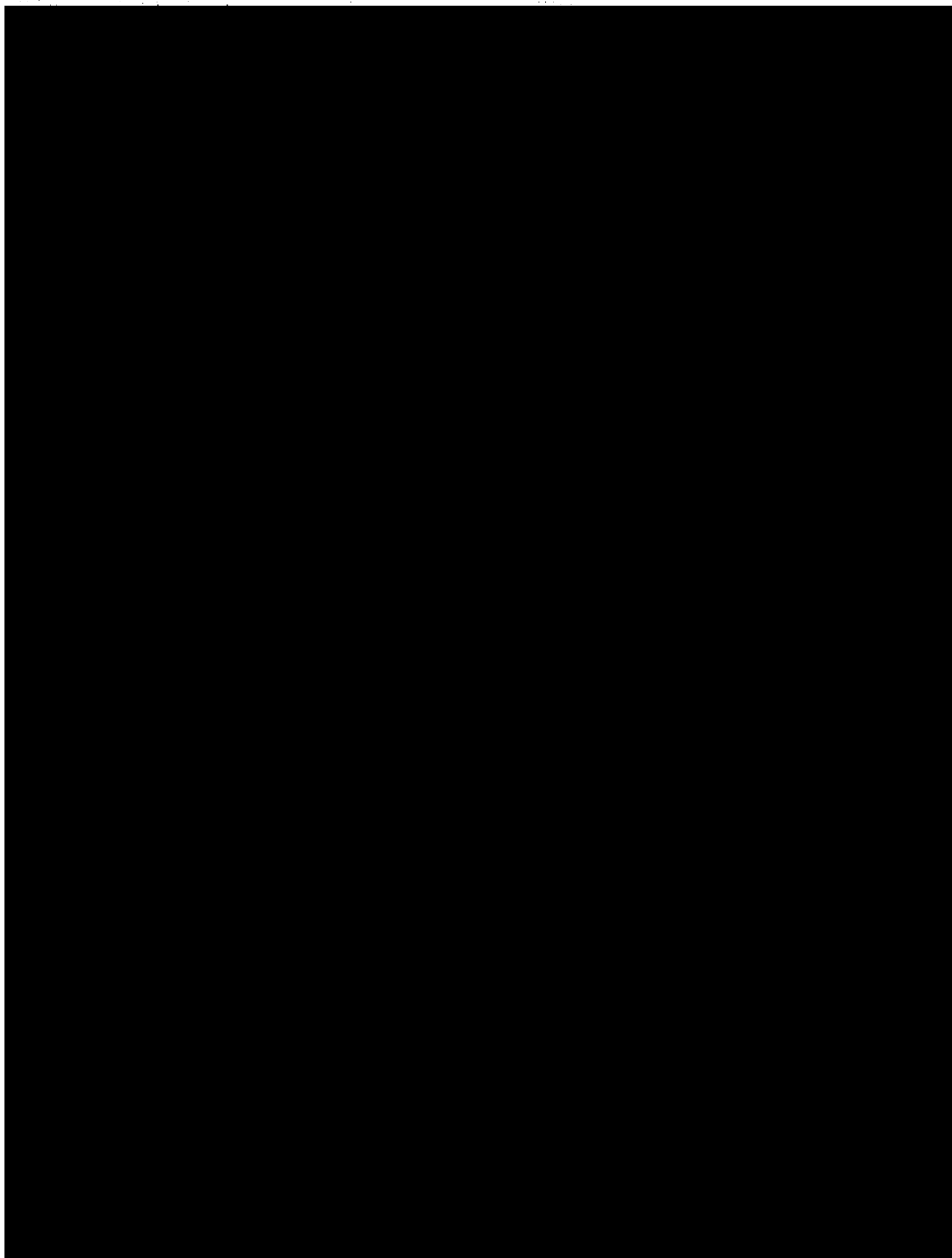
4-11-61



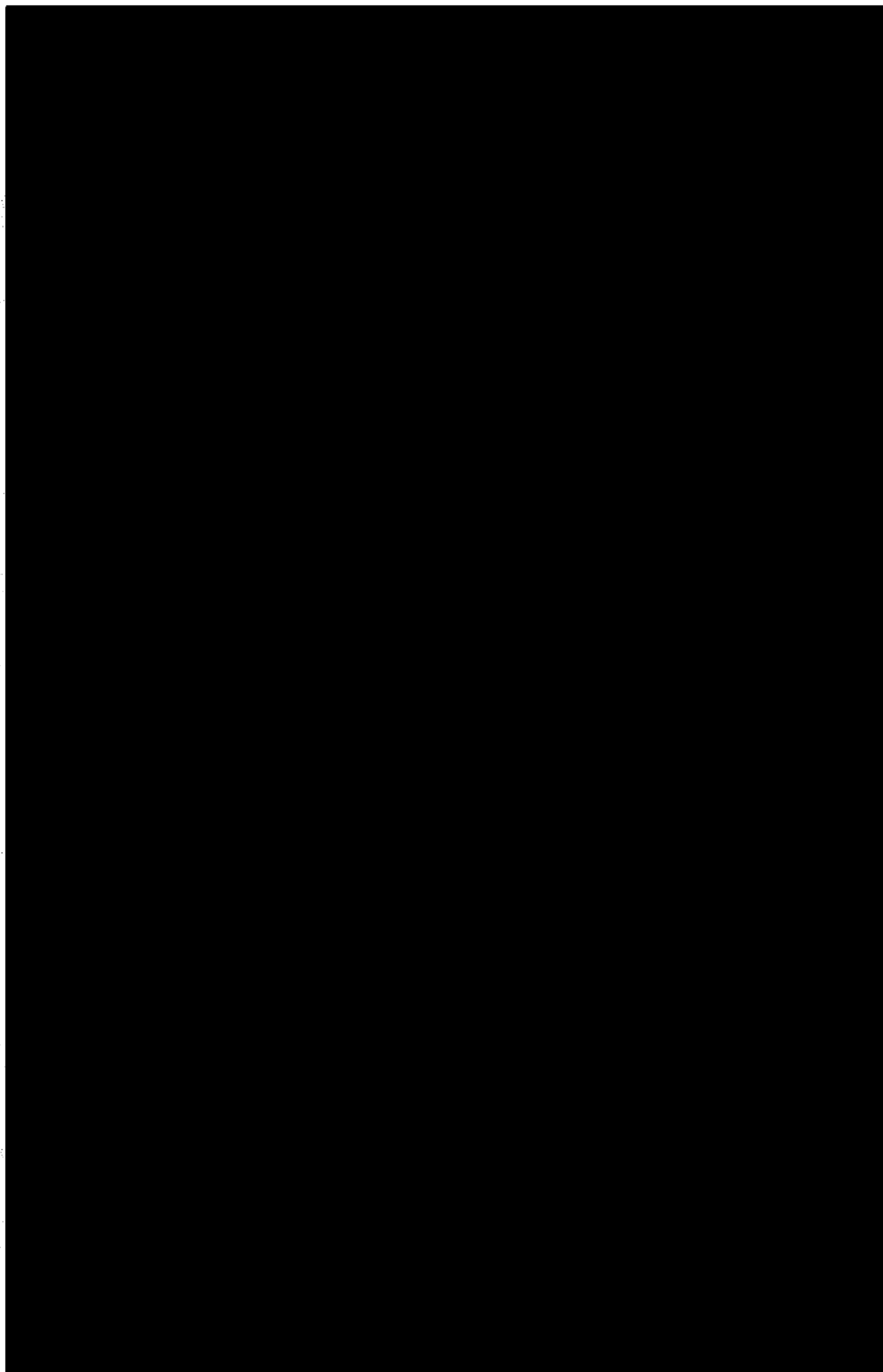














65

139

1

COPIES



0066

130

0002

RECEIVED
JUN 10 1964



0067

1

MS
SINTESIS

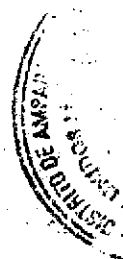


00068

192

100

OK
MIS



00069

193

STANDARD
MIS



00079

194

0006

187

SIN TEXTO




00071

195

0007

59

SIN TEXIO



00072

198

0008

RECEIVED
JUL 10 1960
FBI



00073

197

009

SINTERIO



00074

193

00010

SECRET

00075

199

011

SIN TEXTO

0076

200

012

SECRET

77

291

13

SIN TEXTO



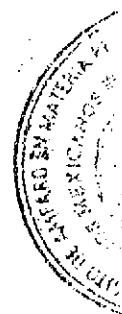
0078

202

14

22

1000



0079

203

015

SMITHSONIAN



00080

204

0016

SIN TEXTO



0081

205

017

103

SMITHS
STENO
GRAPHIC

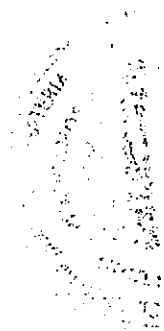


00082

206

0018

SIMTEXIS



00083

207

0019

SIN TEXTO



00084

203

0020

COPIES

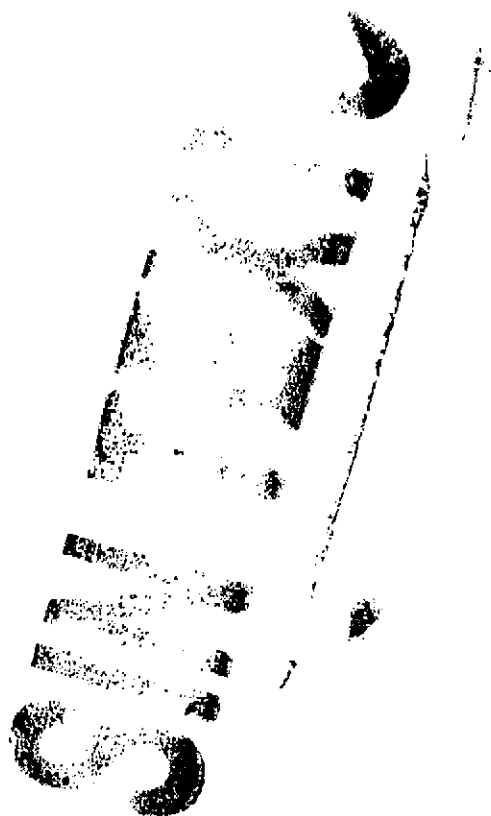


00085

209

00021

188



00086

210

00022

STILL
IN
S



00087

211

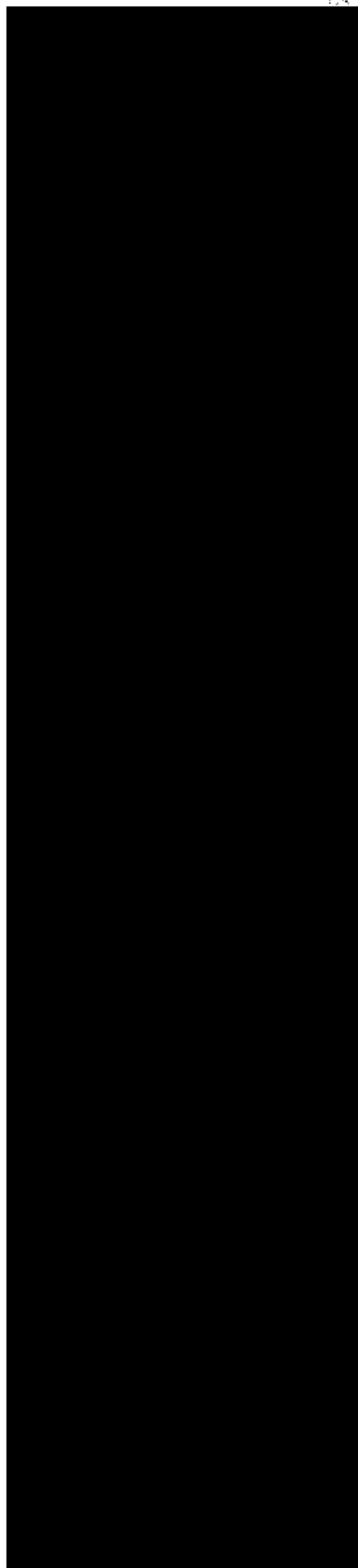
00023

SECRET



00088

212



00024

STUDY
MIS



00089

21

00025

SALE
ITEMS



90

21

6

MISSISSIPPI



091

215

0027

SECRET
11/15



0092

16

0028

SECRET



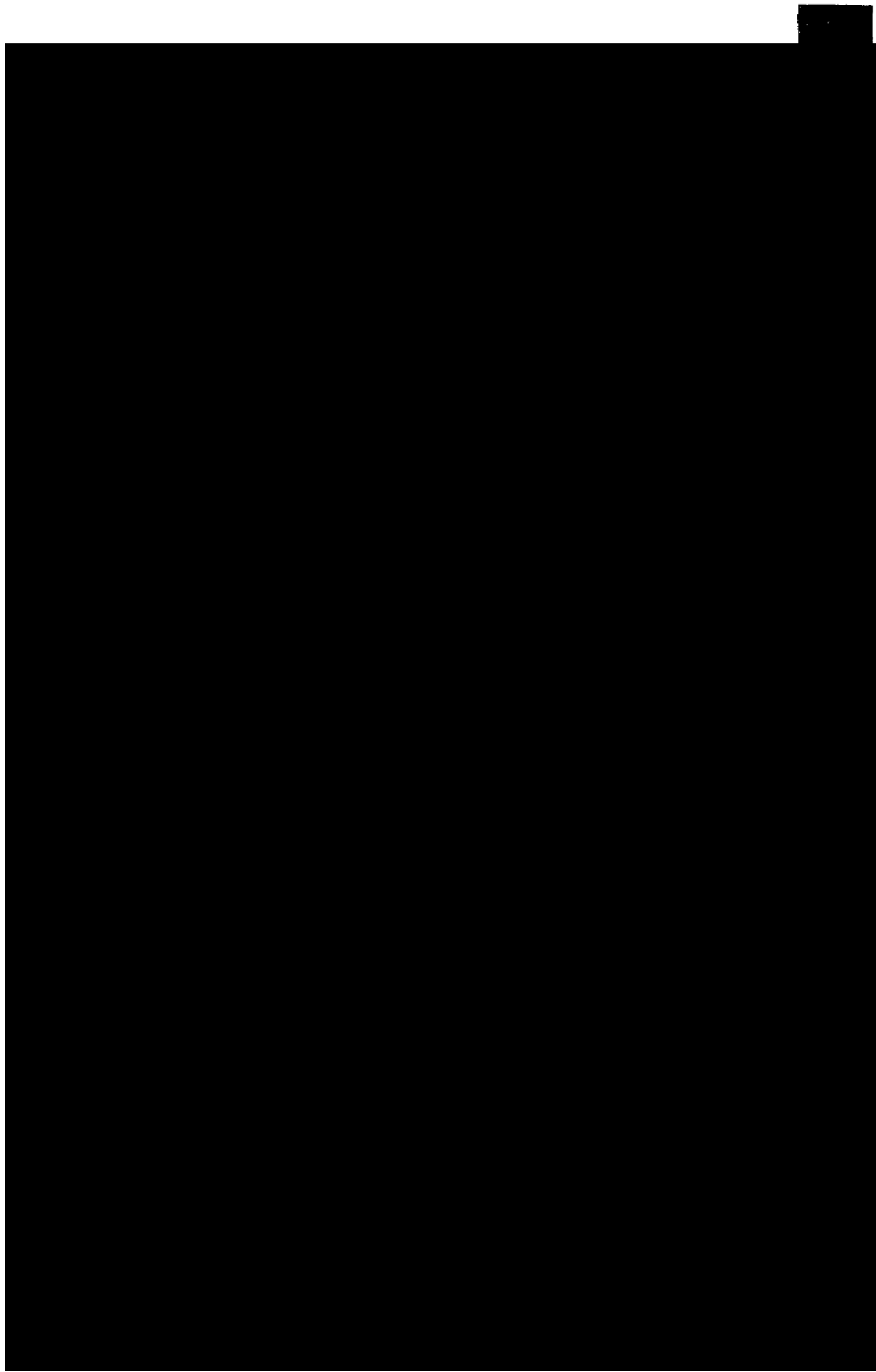
00093

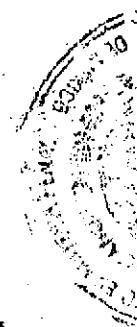
217

0029

3113







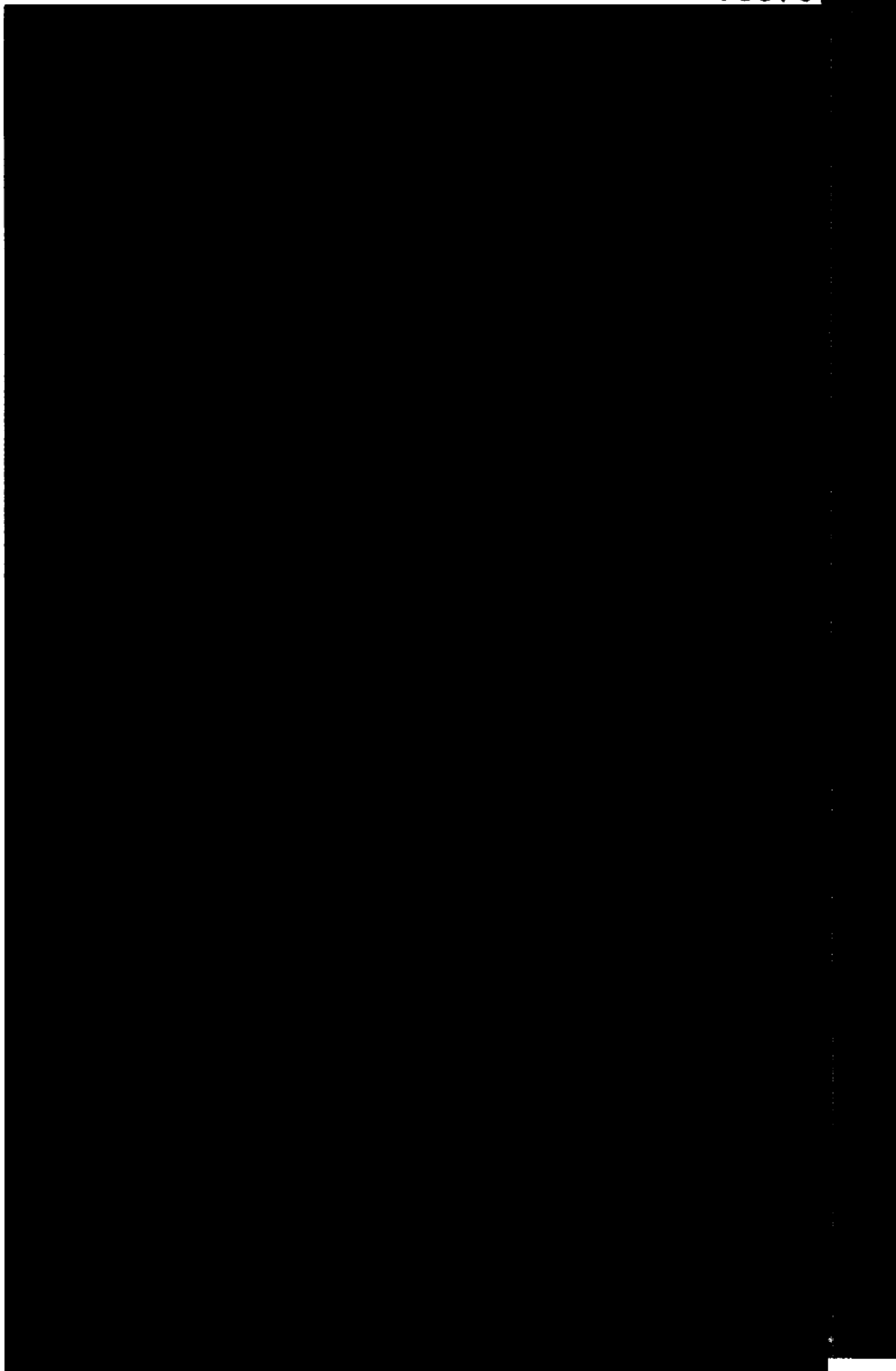
00095

219

031

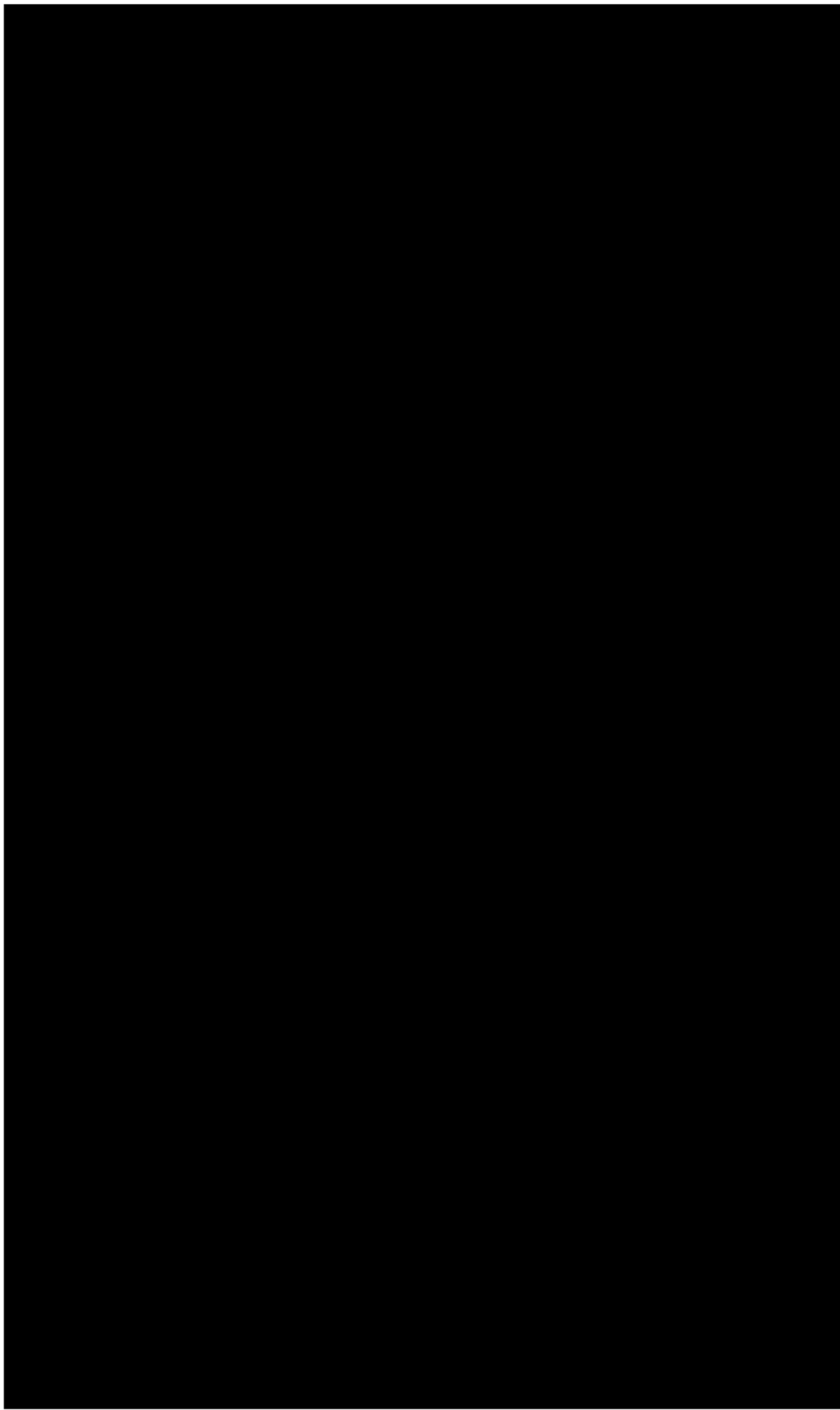
OLYMPIA





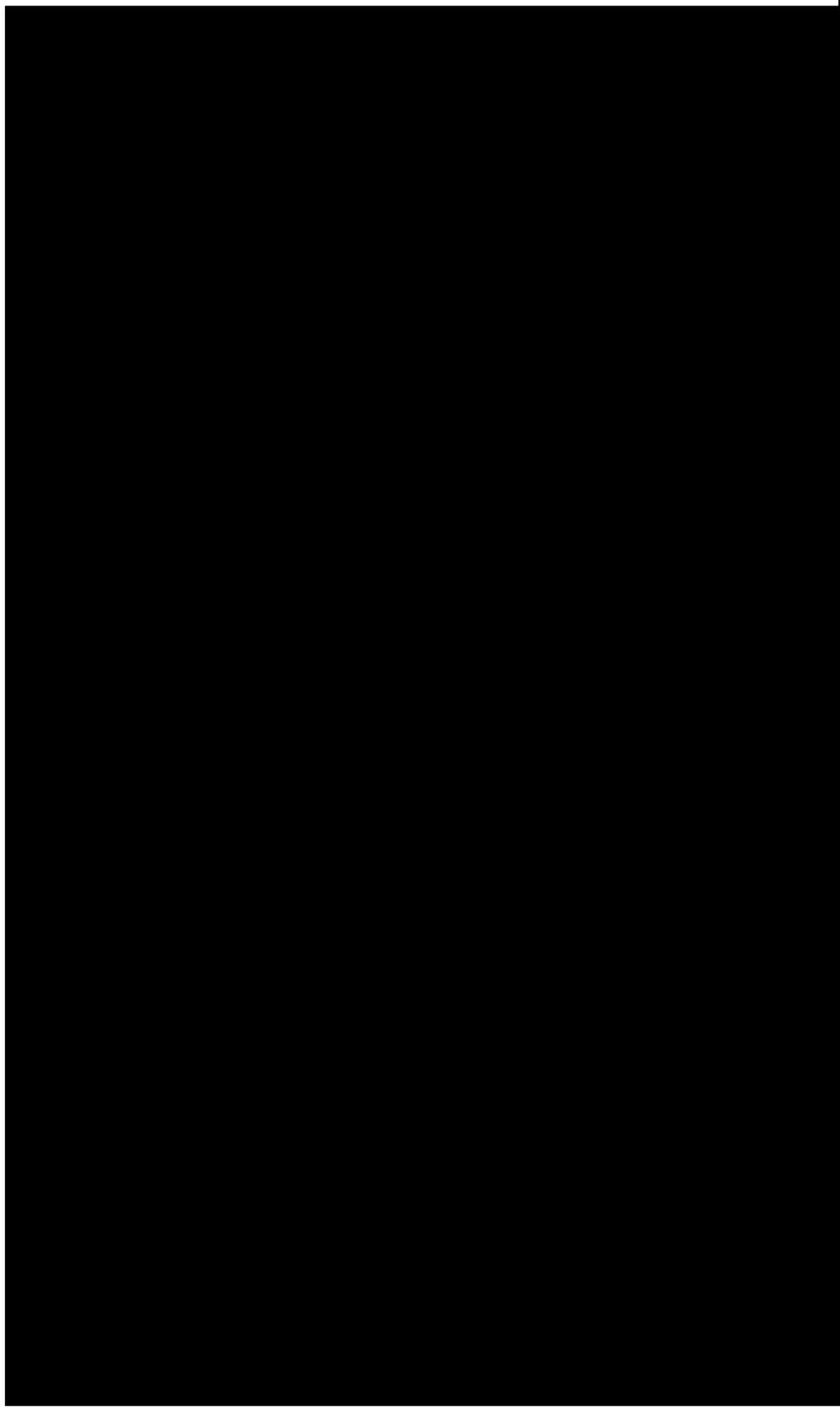
STUDENTS



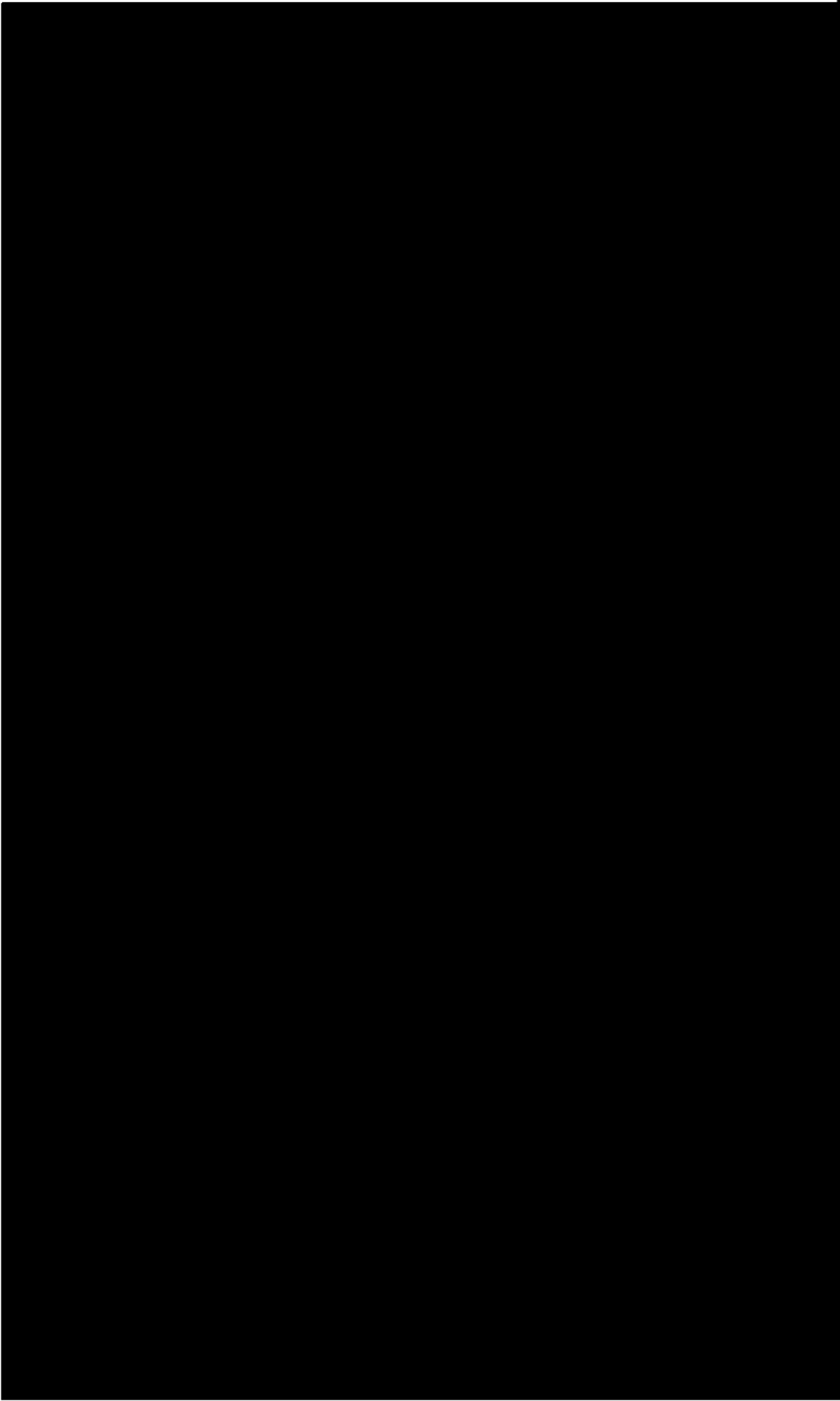


31 JUL 1951



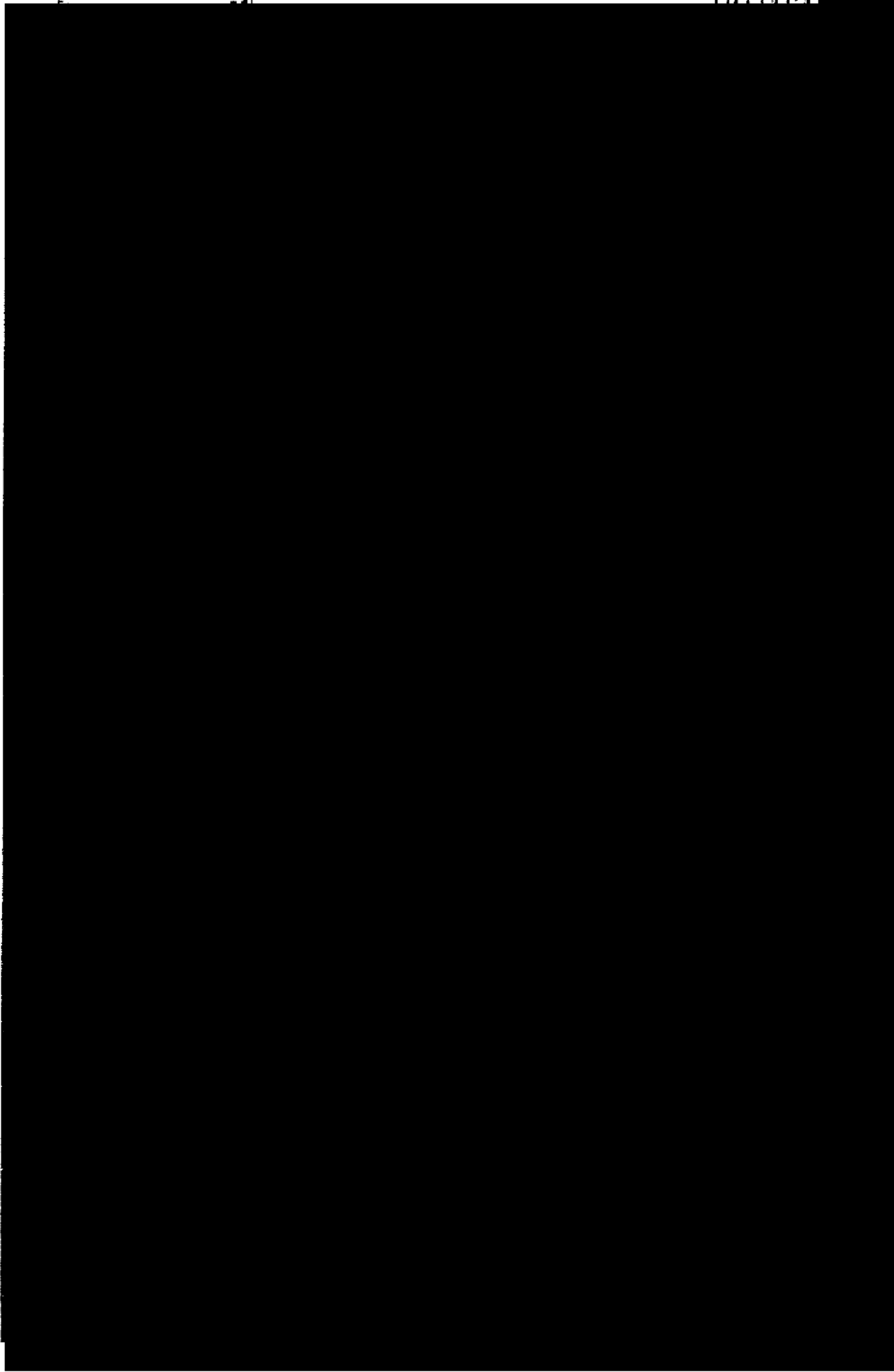


A high-contrast, black and white image of a document page, possibly a cover or endpaper. The image is rotated 90 degrees clockwise. It features a large, stylized, and heavily textured graphic element that resembles a large letter 'S' or a similar symbol. The texture is grainy and noisy, suggesting a low-quality scan or a specific artistic style. The background is mostly white with some dark, irregular shapes.



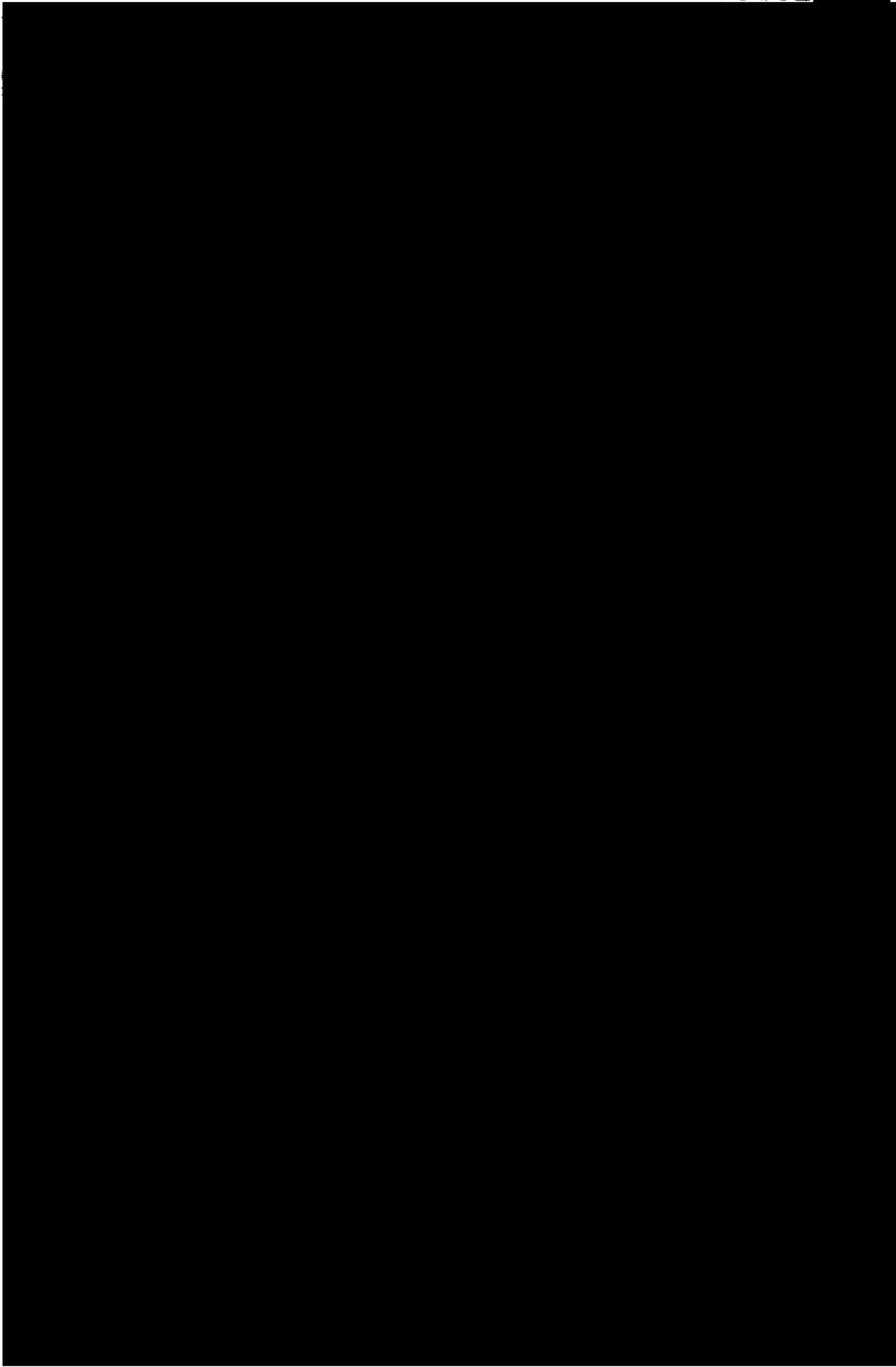
SECRET





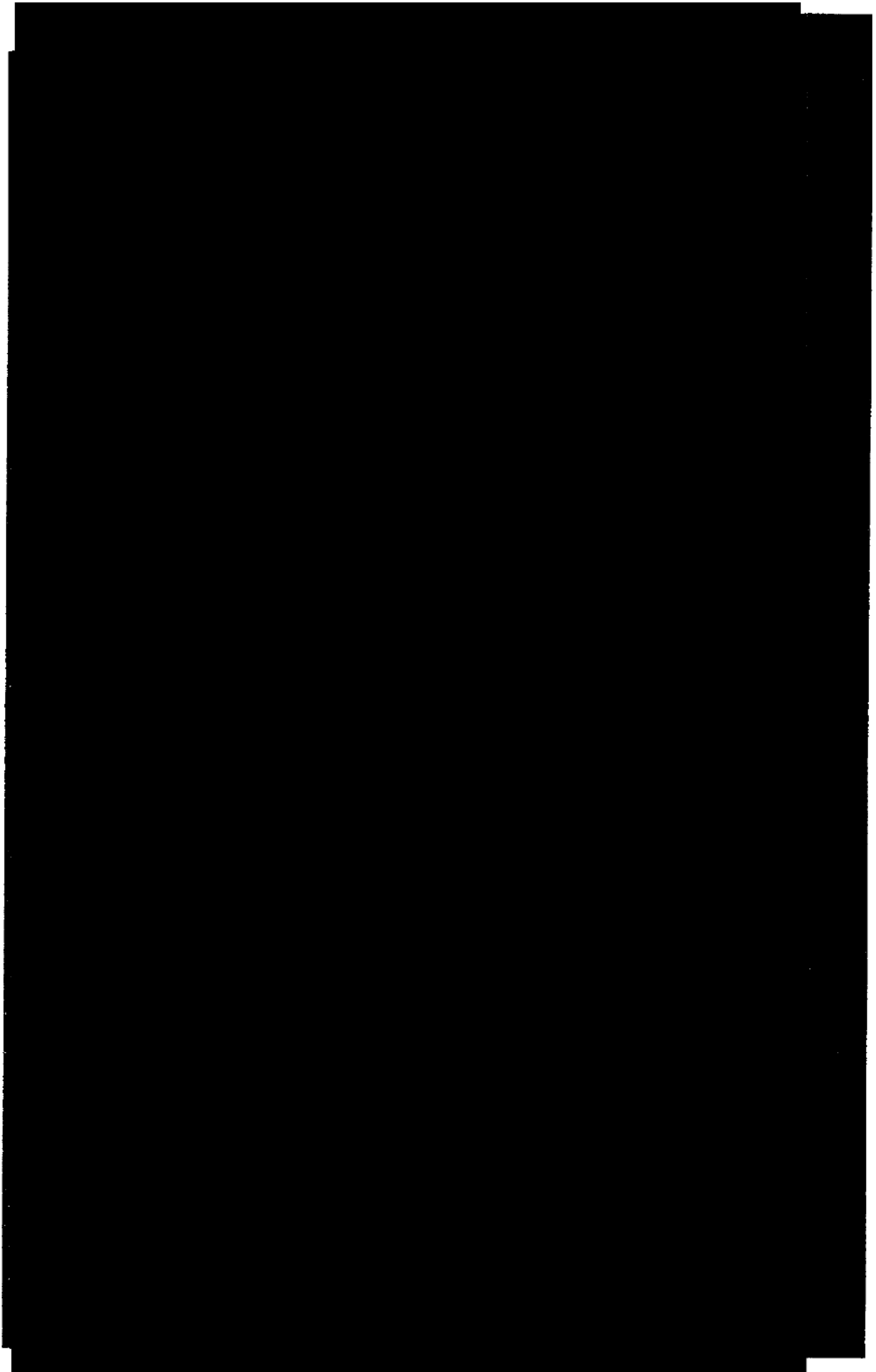
3
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100





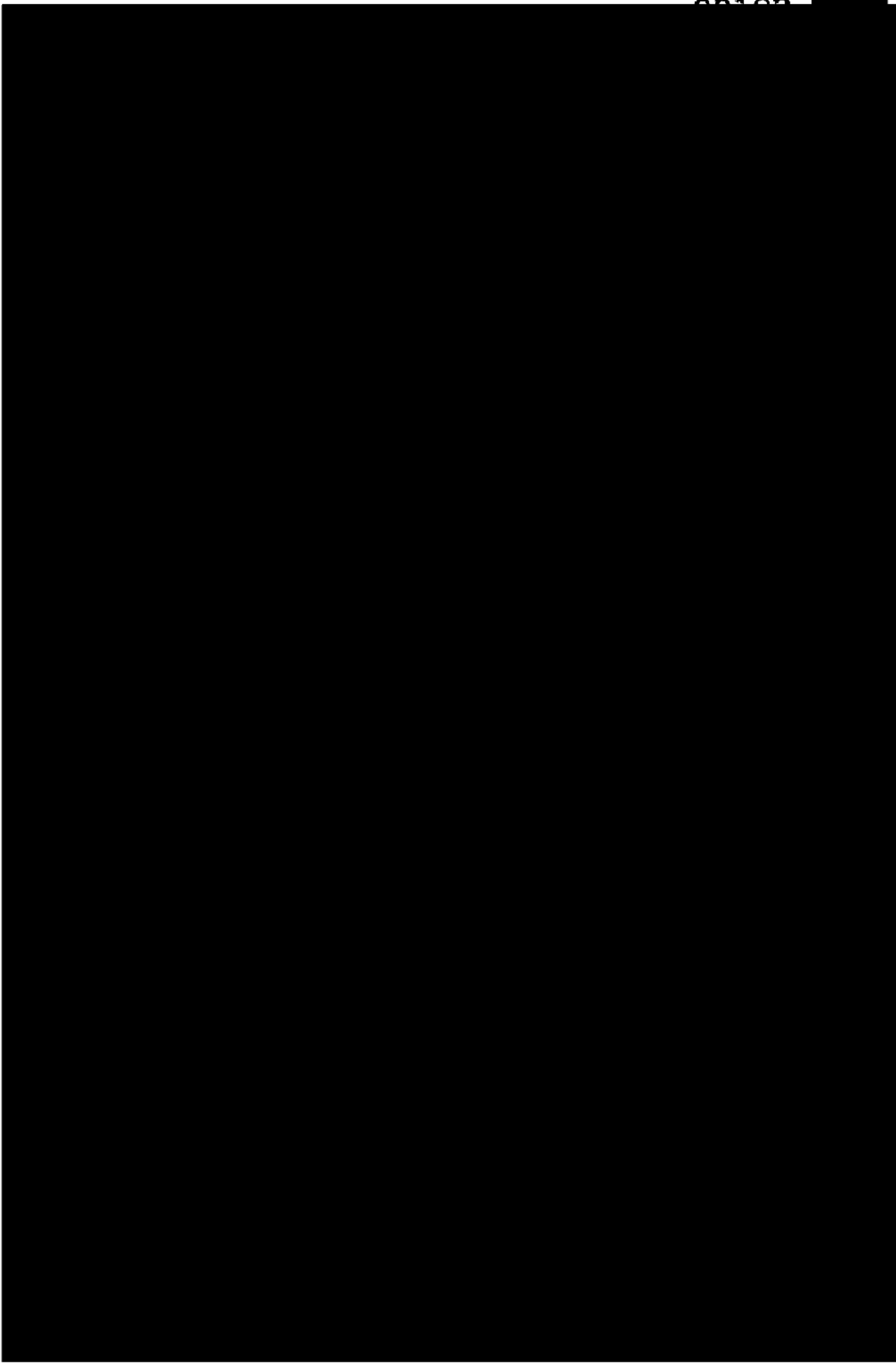
SECRET





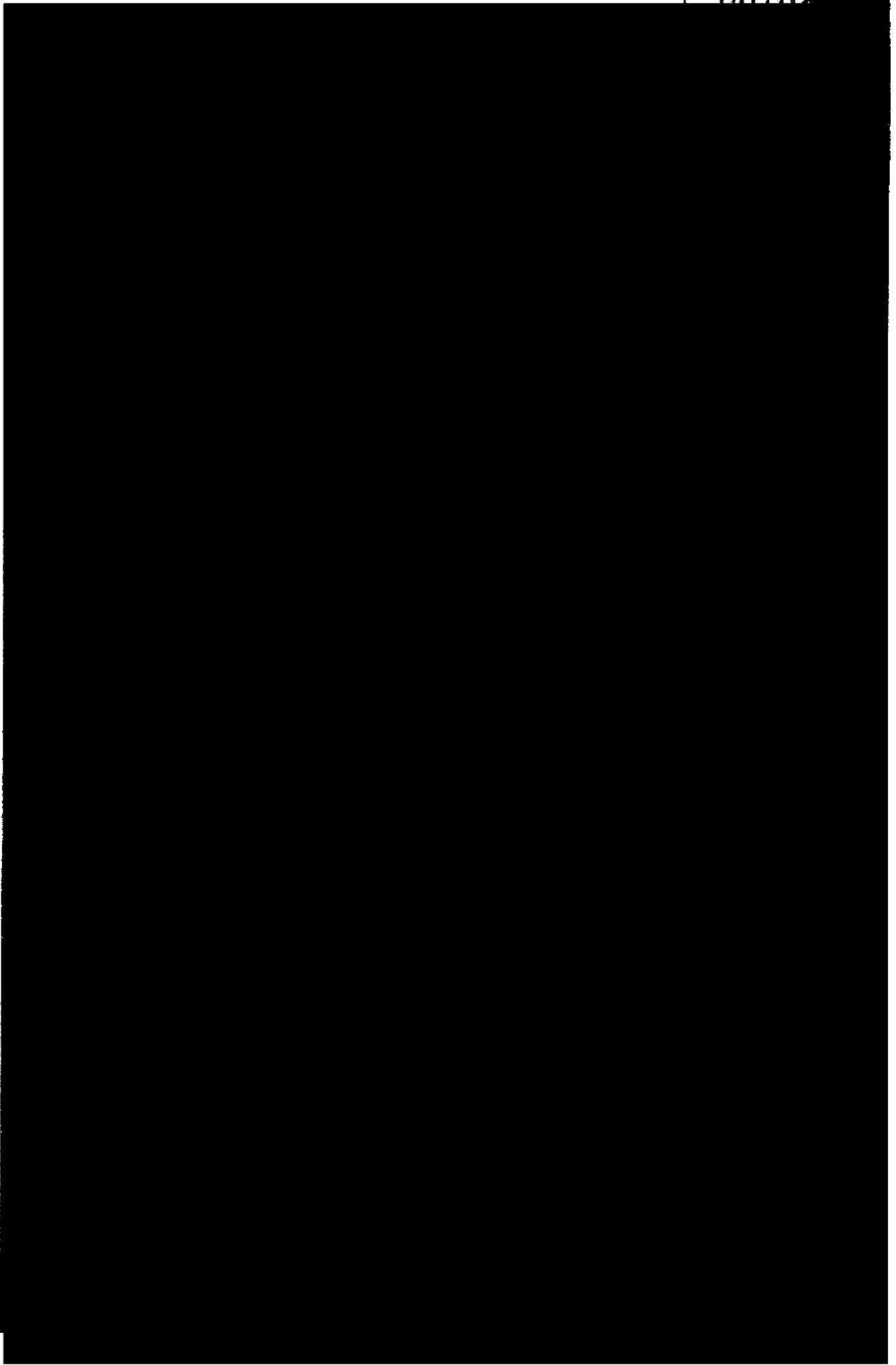
SECRET





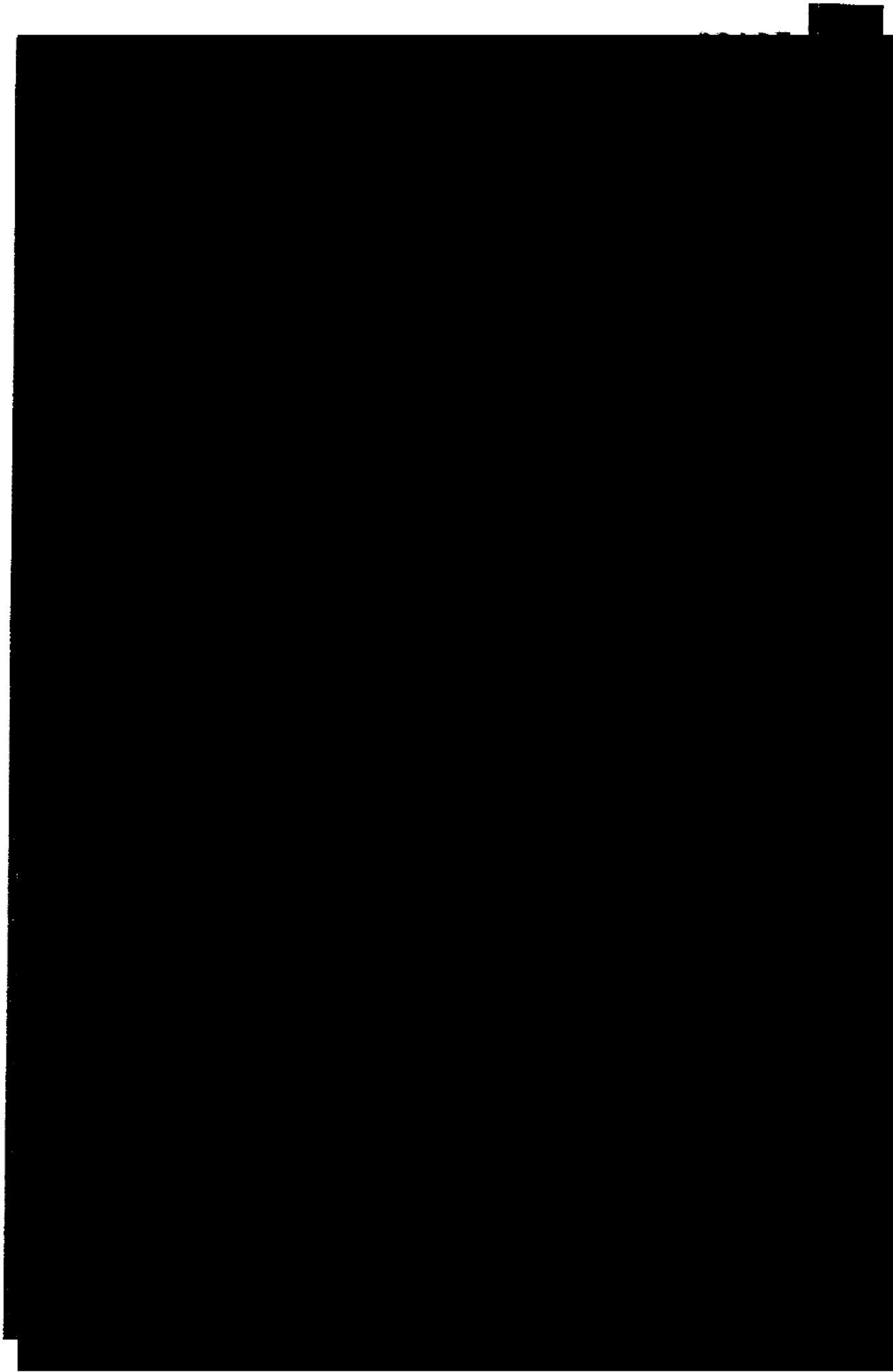
SIN FOLIO





RECEIVED
JUL 11 1964
FBI

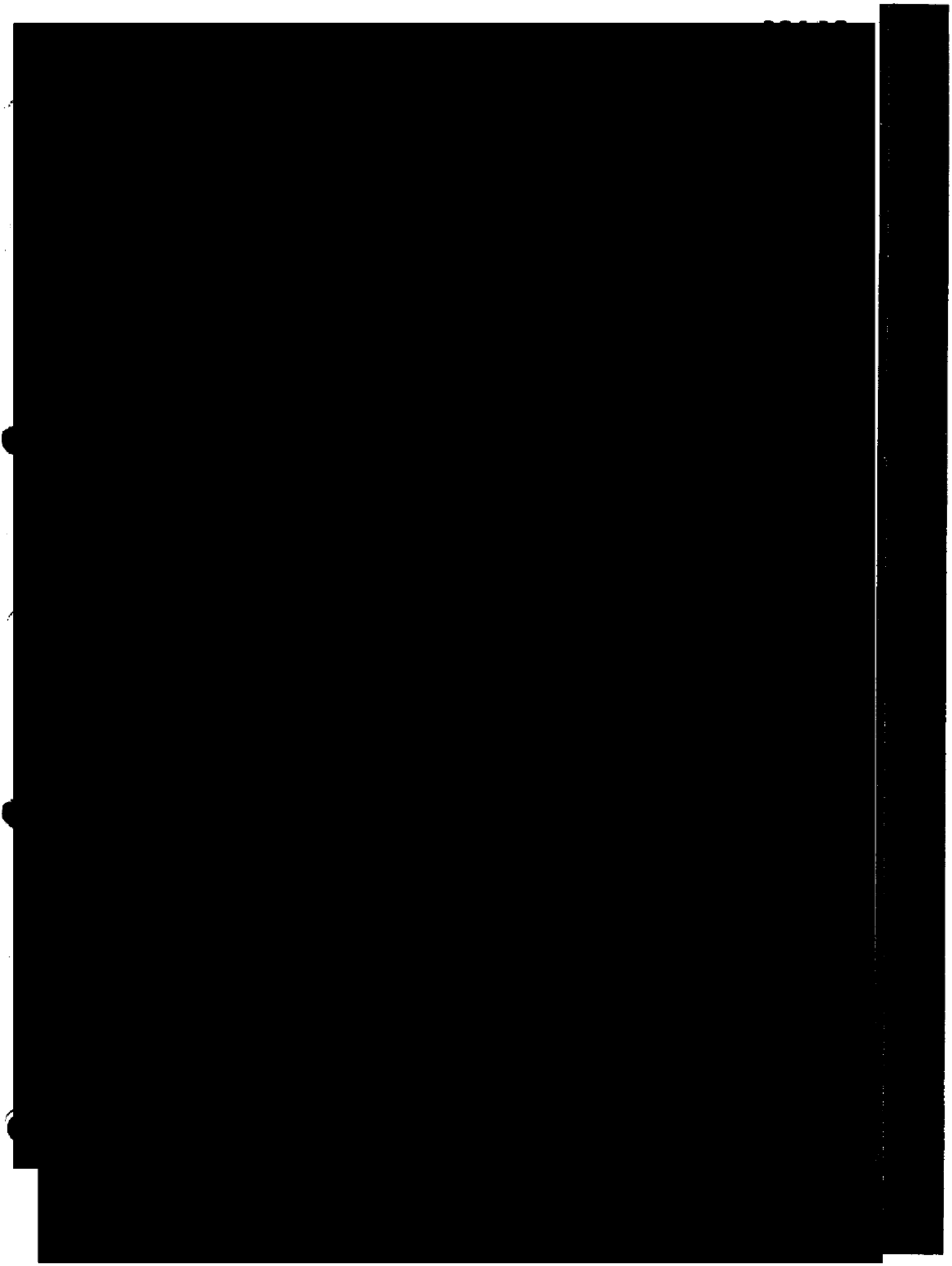




SECRET



SECRET



MISSISSIPPI



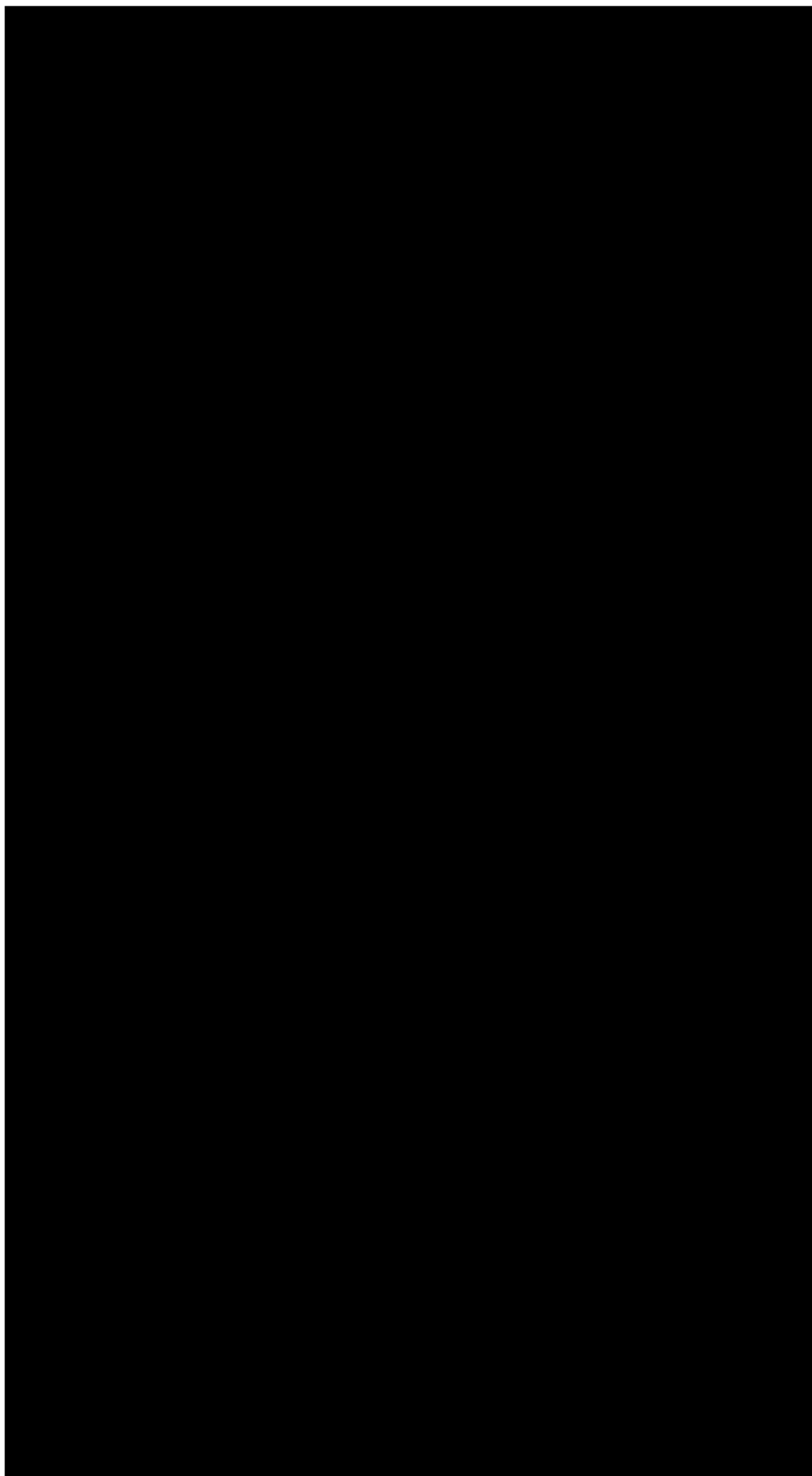
ANEXOS

MISSISSIPPI



00108

232



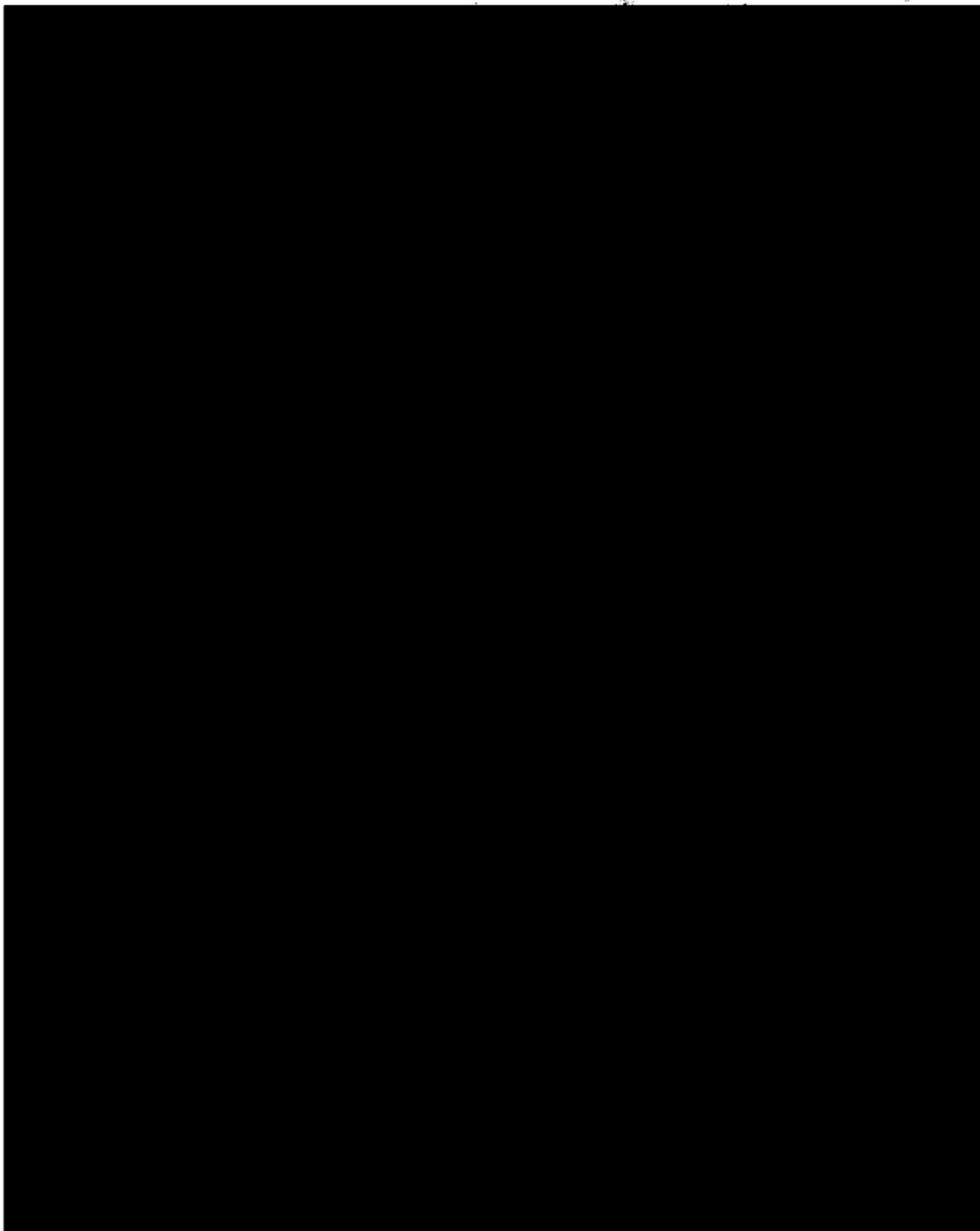
00044

SIN TENDIO



00109

233



RECEIVED
MAY 1964



00110

234

00046

MISSISSIPPI



00111

235

00047

SAN TEXAS

APR 10 1964
KNOX, TN

1

00112

236

00048

SECRET



00113

237

19

SECRET



00114

233

00050

NO. 100



00115

239

OK
SIN



00116

240

052

1950
1951
1952



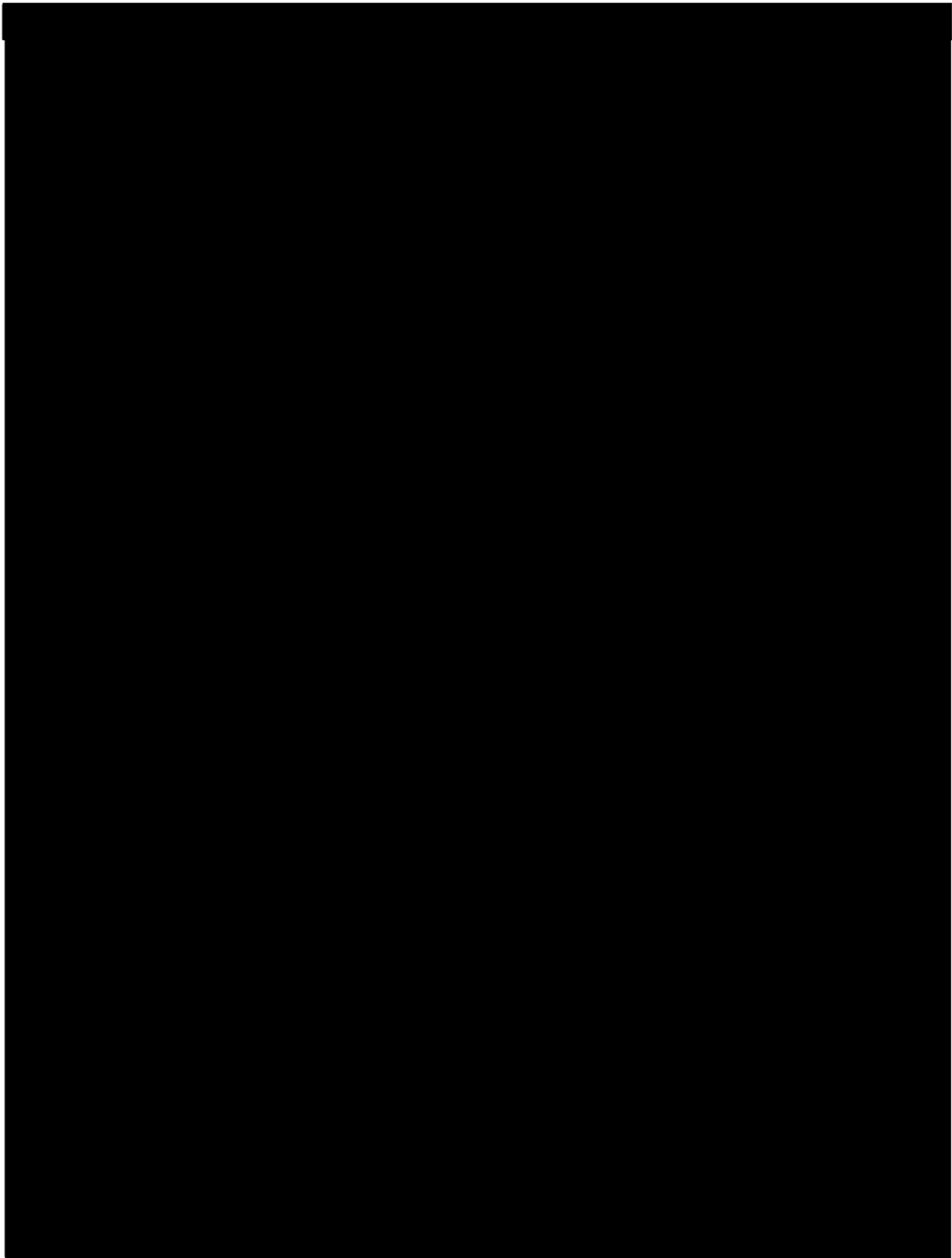
00117

241

0053

STANDARD





MISSISSIPPI



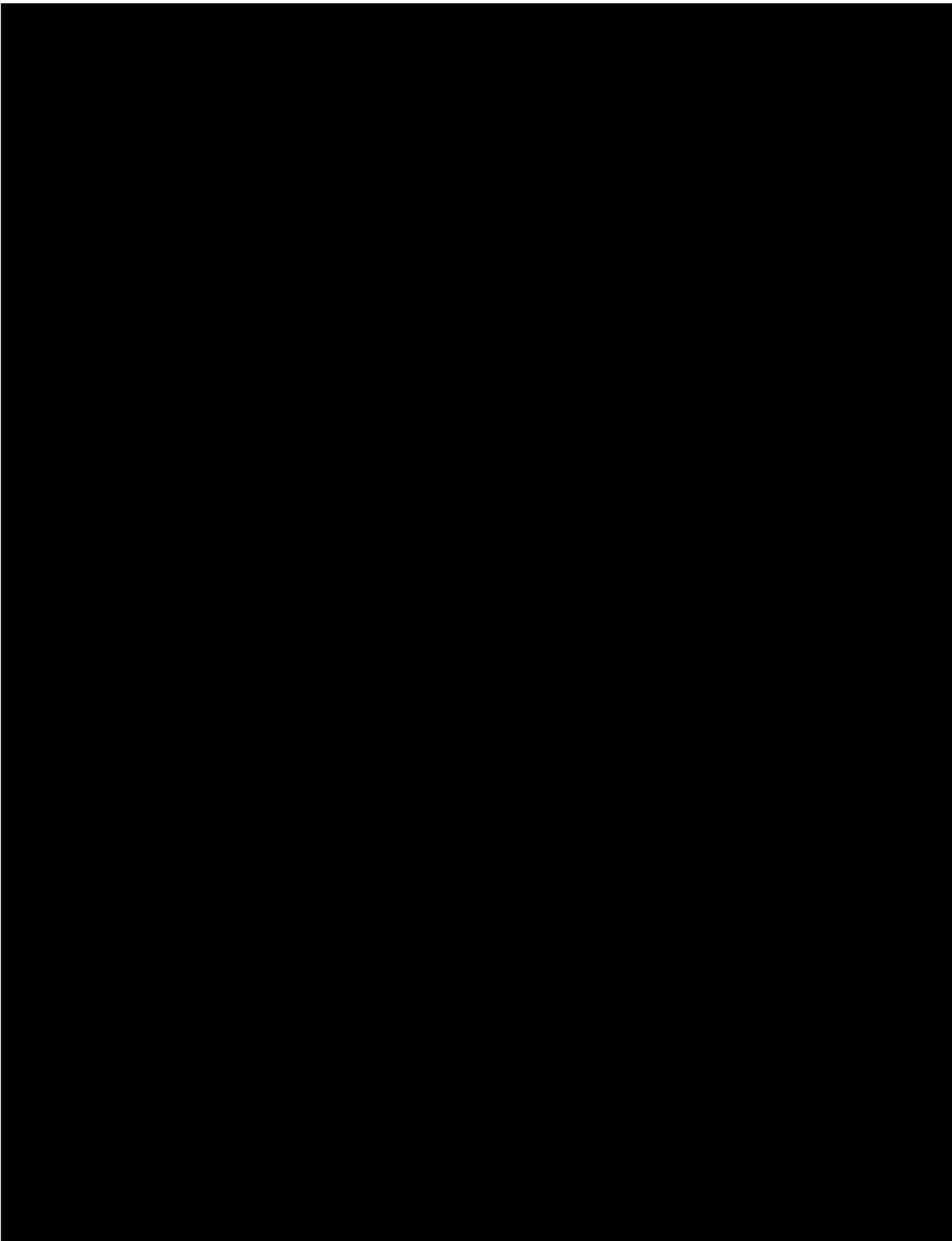
00119

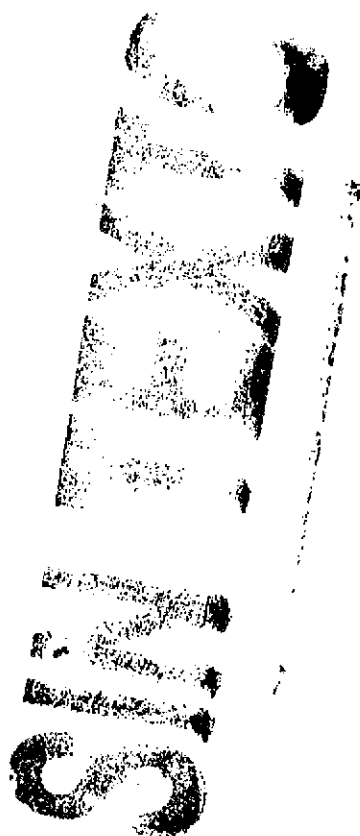
3

0055

MISSISSIPPI







0121

245

ORIGINALS

00122

100

00123

247

59

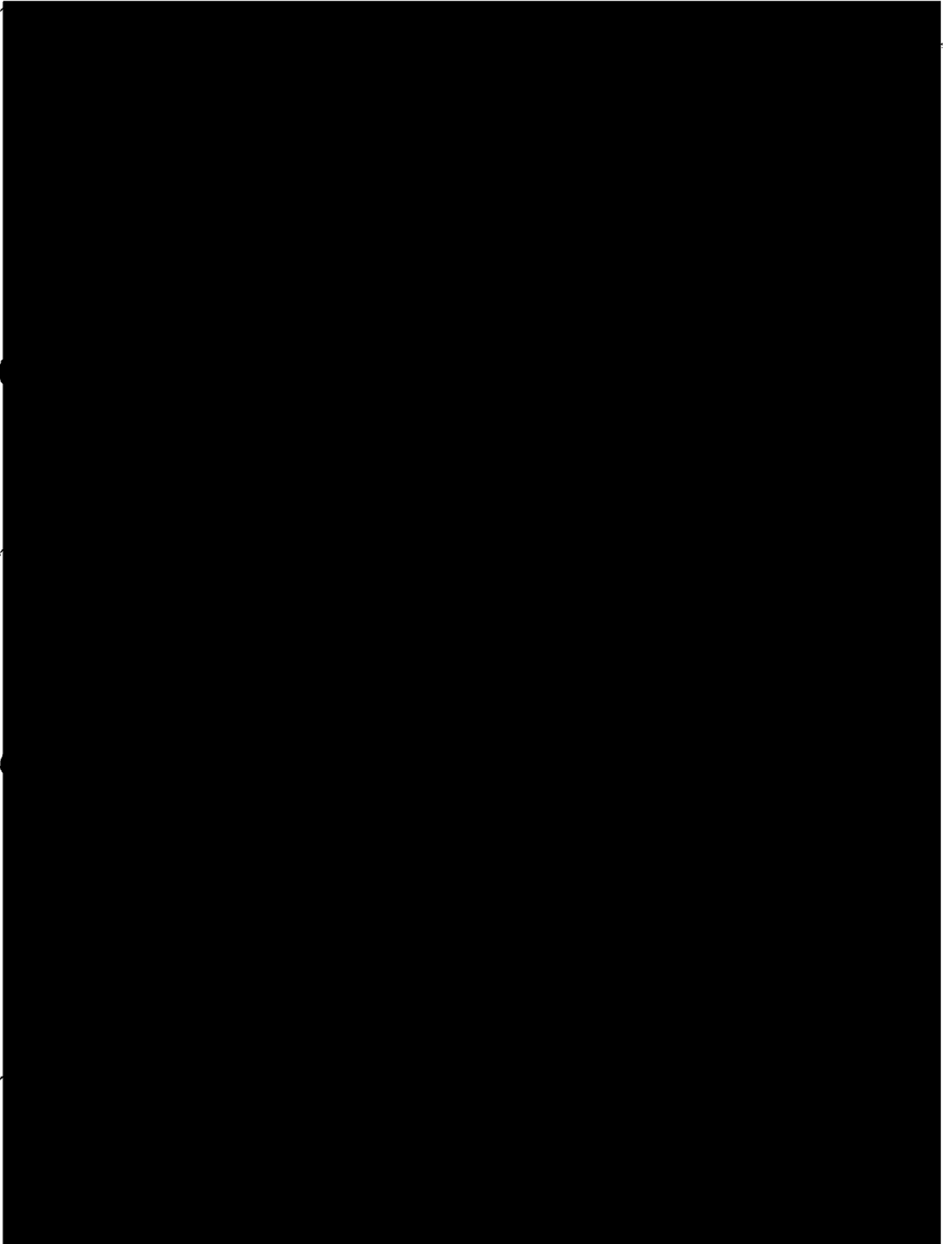
SIN TEXTO



00124

SIATEXIO





ORIGINALS

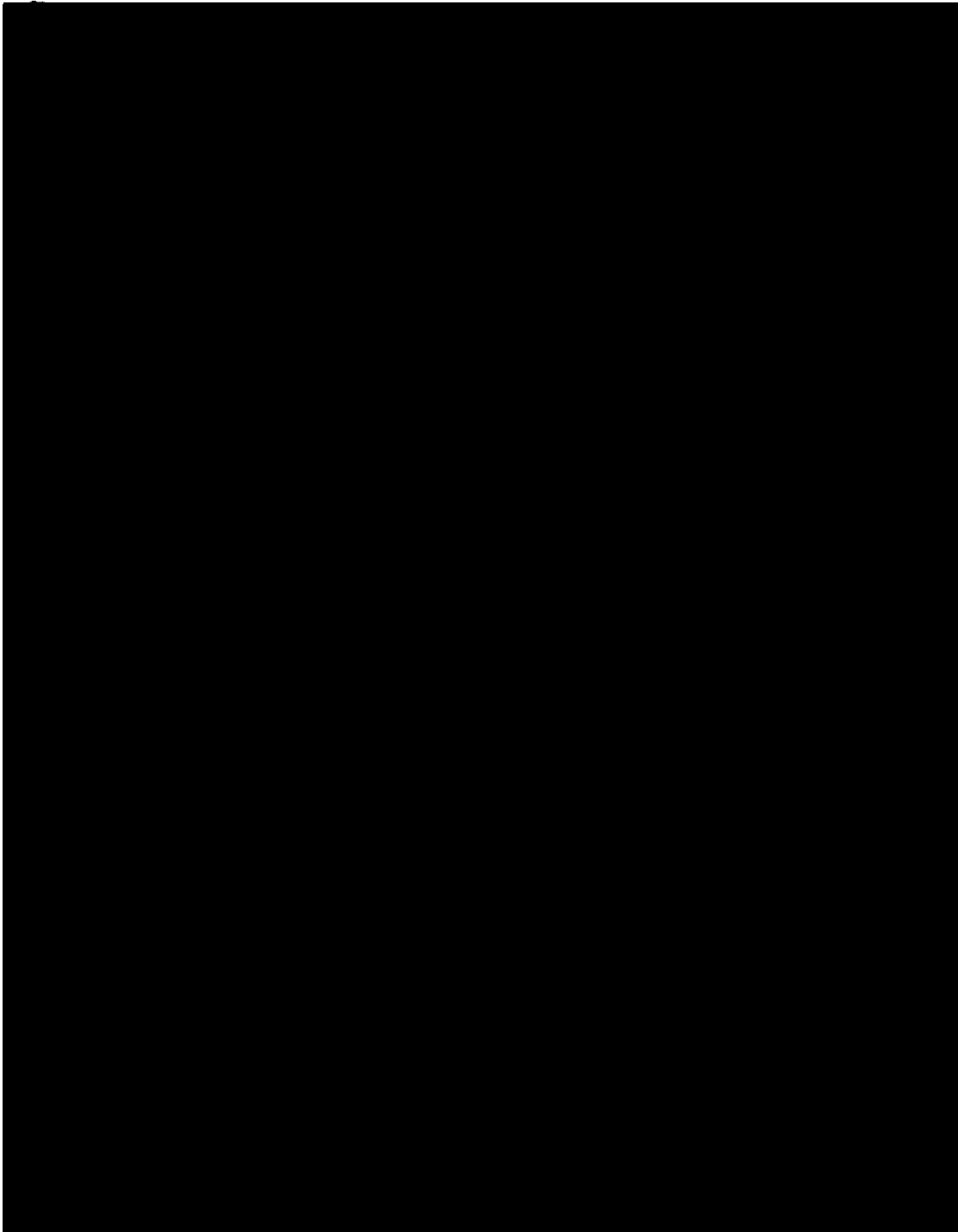


00126

250

SIN TEXID



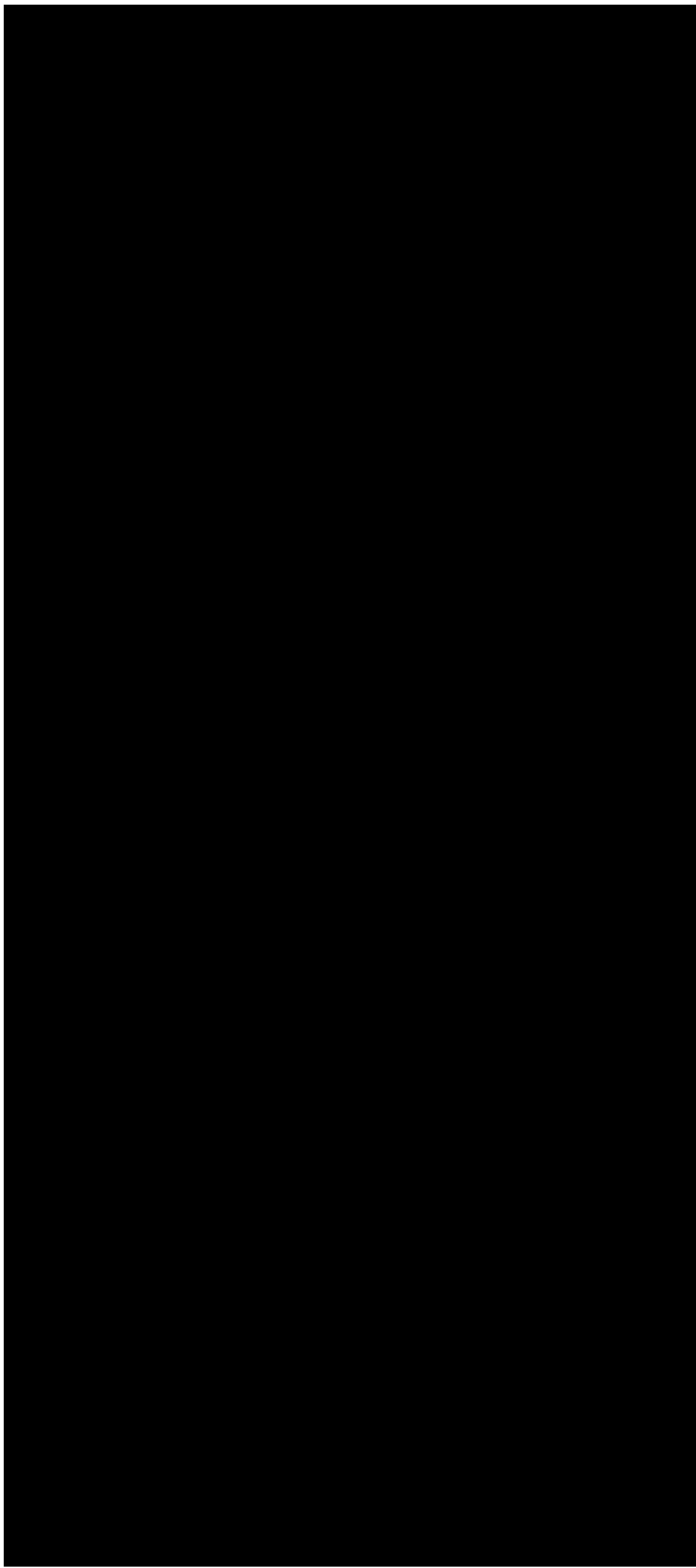


SIM TEXID



00128

.. 252



00064

SECRET



0129

01/09/2012

01/09/2012

SMITH
INDEX



139

254

066

SMITHS
STUDIO



00131

255

SIN TEXTO



00132

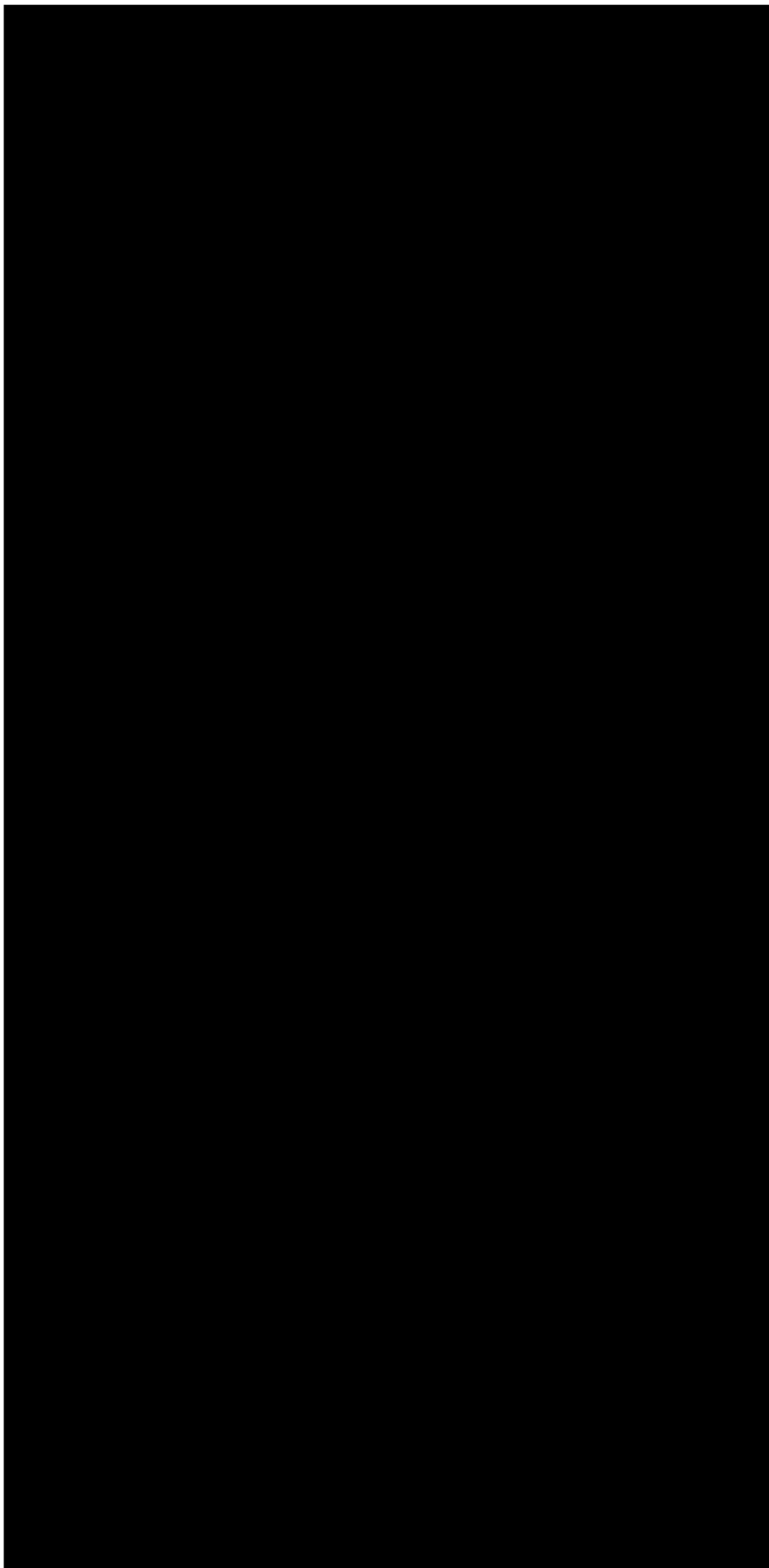
256

NO
TADO
MIS



00133

00 257

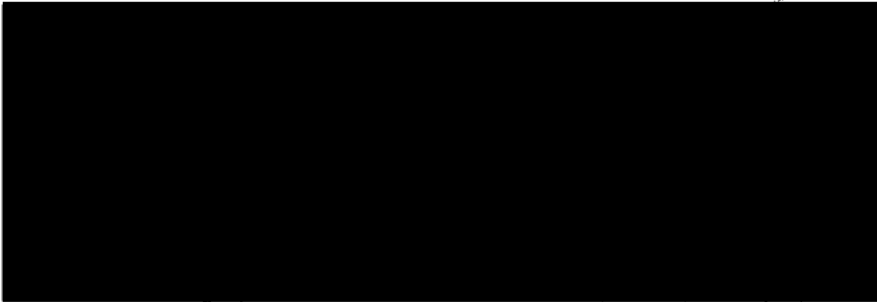


00069

78 40

SIN TEXTO





Anexo a la presente se entrega un informe de avance de los trabajos de implantación de un modelo hidrogeológico de simulación hidráulica en la Sierra de Las Cruces hasta el 31 de marzo de 2010, para comprobar las condiciones de recarga a las que está sujeto ese acuífero. Este modelo está basado en la información existente hasta ahora, tanto por la que hemos obtenido de la CONAGUA, como la que se ha procesado hasta la fecha. Como se indica en el informe, cuando se tenga información piezométrica del agua subterránea de la Sierra se podrá calibrar el modelo y principalmente, cuando las autoridades de la CONAGUA propongan un comportamiento conjunto de ese acuífero, acorde con el de las Unidades que comparten esa Sierra.

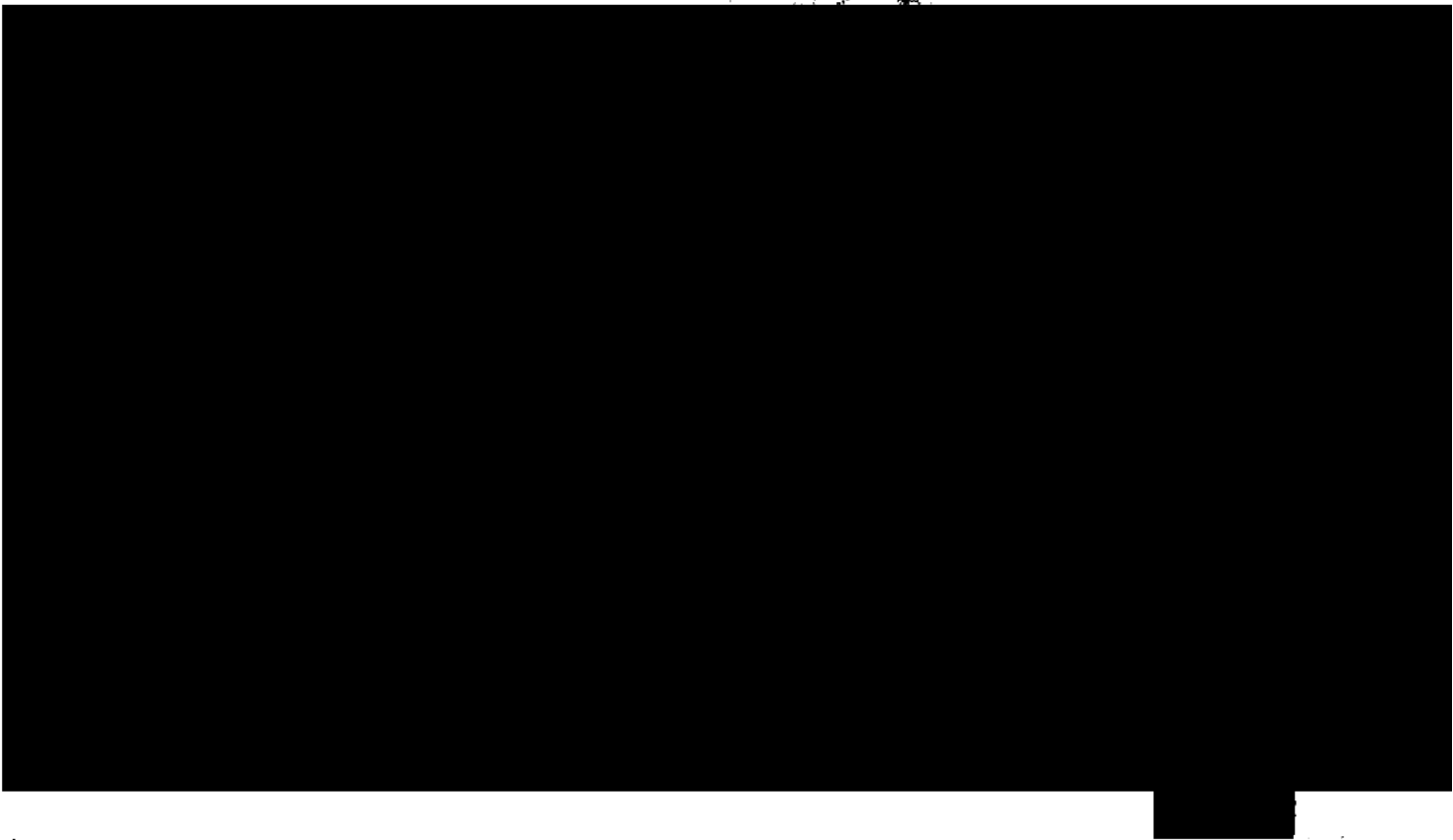


EXHIBIT
MIS



Los valores de la recarga media anual del cuadro anterior no están calibrados, pues se requiere tener una configuración directa de los niveles del agua subterránea dentro del acuífero de la Sierra. Sin embargo, estos volúmenes anuales proporcionan una imagen de las relaciones entre los valores de la recarga de cada Unidad.

2 Introducción

La Sierra de Las Cruces es una estructura geológica de origen volcánico, compuesta principalmente por rocas ácidas de edad Terciaria, donde destacan andesitas y dacitas altamente fracturadas. Esta estructura está cubierta por derrames básicos, principalmente compuestos por basaltos andesíticos de edad terciaria y reciente, y por lahares y tobas anteriores y de la misma edad. Por estar expuesta esa Sierra a una región con precipitaciones pluviales mayores de 1,000 mm/a, la alta permeabilidad secundana de las rocas volcánicas permite un alto grado de infiltración del agua que se precipita en su superficie y por lo tanto la Sierra se constituye como una fuente de recarga de cuando menos ocho acuíferos en sus alrededores. Estos acuíferos se conocen como las Unidades Hidrogeológicas Tepeji del Río, Valle del Mezquital, Cuautitlán - Pachuca, Ixtlahuaca - Atlacomulco, Valle de Toluca, Tenancingo, Valle de México y Cuernavaca, en los estados de Hidalgo, México, Distrito Federal y Morelos, respectivamente. De esos acuíferos no está publicada la información hidrogeológica de Tepeji del Río y de Tenancingo.

Algunos de los informes oficiales para la determinación de la disponibilidad hidráulica de las seis Unidades Hidrogeológicas mencionadas previamente, así como de sus recientes actualizaciones oficiales, mencionan implícita o explícitamente la recarga media anual que proviene de la parte de la Sierra de Las Cruces que les corresponde, como se indica en el Apéndice 1 de este informe. Estos cálculos en que se basa la información fueron hechos en diferentes épocas y con diferentes criterios y metodologías de análisis y no han sido verificados en forma conjunta para comprobar el funcionamiento hidráulico de dicha Sierra, por lo que en esta investigación se intenta utilizar toda la información disponible, aplicarla en un modelo de simulación hidráulica y verificar su congruencia con los resultados obtenidos individualmente.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo de investigación es implantar las condiciones hidrogeológicas de recarga y de funcionamiento hidráulico de cada una de las Unidades Hidrogeológicas en la parte que le corresponde de las Sierras de Las Cruces y comprobar que dicho funcionamiento individual es parte del funcionamiento integral de dicha Sierra mediante la simulación hidráulica de un modelo hidrogeológico.

El modelo utilizado es el Visual Modflow, versión 2009.1, con la información topográfica y geológica real [INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática] y SGM (Servicio Geológico Mexicano)], y con las características físicas y de funcionamiento hidráulico utilizadas en cada uno de los informes que dieron origen a

las publicaciones oficiales de las disponibilidades hidráulicas correspondientes. Con estos resultados se pretende demostrar que parte del volumen drenado por un túnel en proyecto entre el Valle de Toluca y el Valle de México, y a lo ancho de la Sierra de Las Cruces, no corresponde íntegramente a la recarga calculada en los informes oficiales mencionados de cualquiera de esos dos valles acuíferos. En consecuencia, esta información podría apoyar la existencia de una recarga por infiltración de lluvia en la Sierra de Las Cruces que no está incluida en la recarga calculada de ambos valles mencionados, bien sea por falta de información, ó porque no está cuantificado el movimiento del agua en direcciones diferentes a las componentes este y oeste desde la Sierra.

3 Antecedentes

En diciembre de 2009 la Empresa AHMSA hizo entrega a la CONAGUA de un ejemplar del estudio denominado Diagnóstico Geohidrológico de la Sierra de Las Cruces entre Ocoyoacac, Mex. y Estación Observatorio D. F., en el que se presenta como resultado general que la construcción de dicho túnel inducirá un drenaje natural del agua subterránea con un caudal del orden de 750 l/s y en forma inducida hasta 1 a 3 m³/s, al drenar el área vecina del túnel con barrenos en las paredes y techo del mismo. Después de una primera revisión del documento por parte de la CONAGUA, la Gerencia de Aguas Subterráneas de la Subdirección General Técnica, en su oficio No. BOO.05-0042, del 21 de enero de 2010, contestó en términos generales a través de seis conclusiones, de las que se hicieron las siguientes observaciones:

a) La CONAGUA acepta en este inciso que... "podría obtenerse un volumen de agua muy significativo, probablemente de magnitud similar a lo indicado en su proyecto." Aunque no menciona la magnitud del caudal indicado, es necesario establecer que se podrían estar refiriendo al caudal del orden de 3 m³/s, o bien solamente al caudal mencionado en el estudio elaborado por nosotros, el cual se indica en el título de la CONAGUA mencionado anteriormente. En cualquiera de los casos, es posible que el cálculo para demostrar ese caudal no sea necesario, pues la misma CONAGUA estableció, sin conceder oficialmente, que habría que concluir la obra para conocer dicho caudal. Esto significa que la dependencia podría esperar un tiempo razonable para tomar una decisión definitiva hasta que se muestre la piezometría de los acuíferos en la misma Sierra, en relación con la de los valles aledaños.

b) La segunda conclusión se refiere a que la recarga de la Sierra de Las Cruces forma parte sólo de la recarga de los acuíferos de los Valles de México y de Toluca y que su extracción en este proyecto aumentaría su sobreexplotación. Al

STUDIO



00136

260

00072

SWITZERLAND



Como modelo conceptual del funcionamiento hidrológico del acuífero de la Sierra de Las Cruces se puede establecer que al pie de dicha Sierra, en las Unidades Hidrogeológicas de Tepéj del Río, Cuautitlán - Pachuca y Valle de México se encuentran elevaciones del nivel de agua subterránea del orden de 2,300 msnm, lo cual puede también extenderse a la parte alta de la Sierra del Valle del Mezquital. Por lo que correspondiendo a la vertiente occidental, tanto en la Unidades de Ixtlahuaca - Atlacomulco, como en el Valle de Toluca, la elevación que bordea el pie de la Sierra es del orden de 2,600 msnm, con una transición en la parte norte entre ese valor y el de 2,300 msnm, considerándose que la curva de 2,600 msnm también llega a la parte correspondiente de la Unidad de Tenancingo. Finalmente, el sur de esa Sierra, frente a la Unidad de Cuernavaca, debe tener una transición entre 2,600 y 1,800 msnm. Estas elevaciones deben considerarse como fronteras laterales de la Sierra en todo su borde, por lo que en el modelo implantado se deben presentar como fronteras remotas.

Por lo que corresponde a la recarga de la Sierra de Las Cruces, así como de sus características físicas, además de los dos informes que no se tienen de Tepéj del Río y Tenancingo, en los informes de las Unidades Ixtlahuaca - Atlacomulco, Valle del Mezquital, Cuautitlán - Pachuca y Valle de México, no se hace mención de estos valores de recarga. En cambio, por lo que corresponde al Valle de Toluca, en el informe oficial se establece que las entradas procedentes de la Sierra de Las Cruces son de 63 millones de m³/a, sin mencionar ni el coeficiente de infiltración de la lluvia, ni las características físicas de porosidad y conductividad hidráulica de la Sierra. Así mismo, para la recarga del acuífero correspondiente al Valle de Cuernavaca, de acuerdo con los informes revisados de estudios existentes, se indica que la recarga es del orden de 304 millones de m³/a, que es el 34 % del volumen de lluvia precipitada principalmente en la Sierra de Chichinautzin, sin especificar lo que corresponde a la Sierra de Las Cruces. Tampoco se establecen en esos informes los valores de las características físicas de esa Sierra.

Dentro de ese modelo conceptual se tiene que establecer que el comportamiento hidrológico promedio es en régimen estable, pues al no existir extracciones de importancia, además de los caudales que drenan los túneles de Atarazquillo - Dos Ríos y Anasco - San José, el comportamiento acuífero es prácticamente sin variación en el tiempo. Este comportamiento promedio supone una precipitación pluvial anual muy estable y un comportamiento hidrológico en el que lo que se abate el nivel del agua en estiaje se recupera en las lluvias.

De acuerdo con lo anterior, el problema de la investigación se refiere a implantar las condiciones conocidas de recarga de cada una de las ocho Unidades Hidrogeológicas en la parte que le corresponde de la Sierra de Las Cruces, con el propósito de determinar si la hipótesis de funcionamiento del marco teórico es congruente con los resultados obtenidos por la implantación del modelo de flujo de la Sierra.

4 Marco Teórico

El marco teórico conceptual de funcionamiento del acuífero de la Sierra de Las Cruces no se encuentra completamente definido en ninguna de las publicaciones oficiales elaboradas por la CONAGUA para el cálculo de la disponibilidad hidráulica de la Unidades Hidrogeológicas, sin embargo, en la mayor parte de ellas se mencionan directa o indirectamente que existe una recarga por flujo subterráneo horizontal procedente de las estratificaciones de esa Sierra. En la figura 3 se observa la parte de la Sierra que le corresponde a cada una de la Unidades Hidrogeológicas, donde se puede observar por ejemplo que en la vertiente occidental, para el Valle del Mezquital se tiene un 3.8 % de la parte norte de la Sierra de Las Cruces que puede estar alimentando, para el Valle de Ixtlahuaca - Atlacomulco se tendría del orden del 11 %, para la Unidad de Tenancingo al suroeste de la Sierra un 3 %; y para el Valle de Toluca un 17 %. Por lo que corresponde a la vertiente oriental de la Sierra, la Unidad de Tepéj del Río tienen un 6.7 %; la de Cuautitlán - Pachuca cubre un 10.2 %, el Valle de México 24.6 %, y el Valle de Cuernavaca 1.7 %. De estas Unidades Hidrogeológicas se desconoce la aportación directa de la Sierra de Las Cruces a la recarga de las Unidades de Tepéj del Río y de Tenancingo, y de algunas otras unidades ni se menciona esa procedencia.

00073

00137

261

SINTEX

NO. 14. MANEIRA PENAL. 1977

00138

262

10

8

00074

SIN TONOS



00139

263

12

11

60075

SIN TERCIO



0140

264

14

13

00076

SINTEX



00141

265

18

15

077

SECRET



00142

266

78

RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. AIR FORCE
HONOLULU, HAWAII



00143

207

20

19

00079

SAINTS

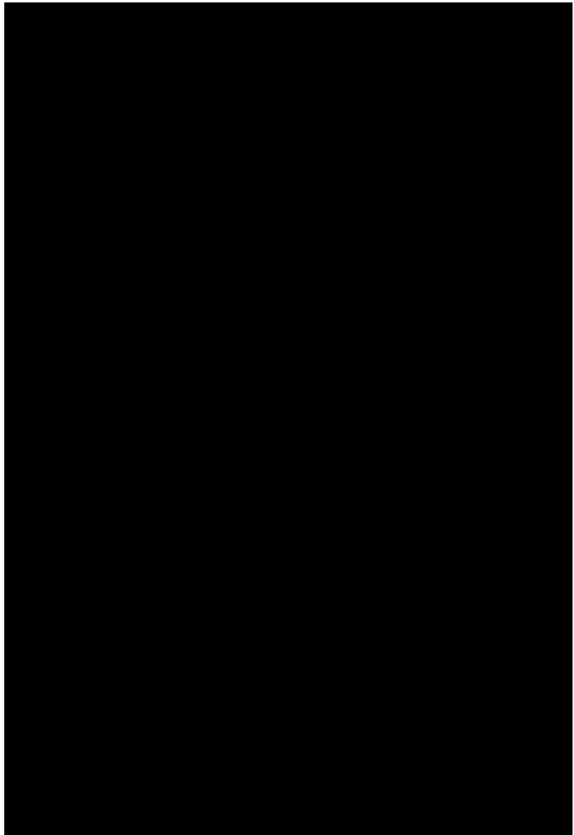


0144

080



SIN TEXTO



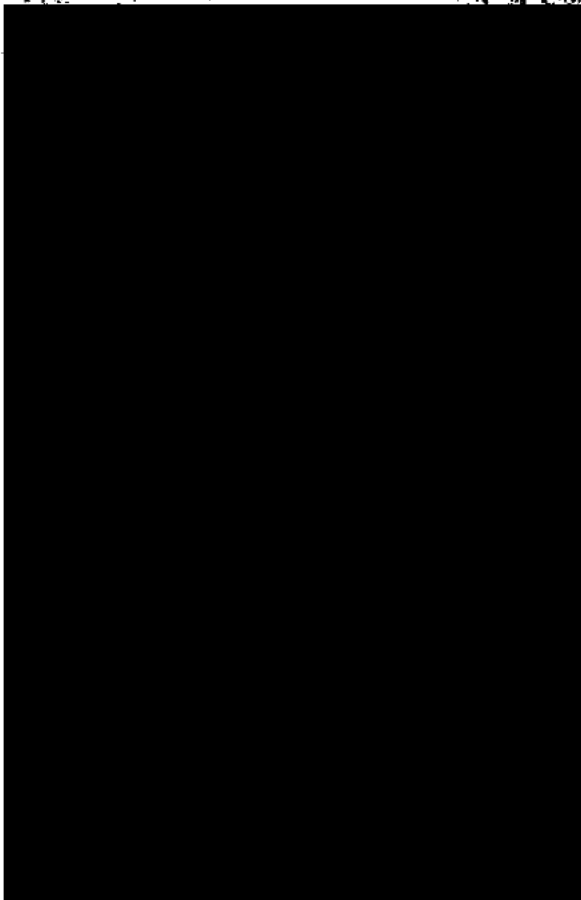
escorrentamiento de manantiales topográficamente arriba de esos túneles, lo cual no se debe al drenaje de esas obras y principalmente existe información documentada de reducción de las dimensiones de las Lagunas de Almoloya por la intercepción mediante pozos de la descarga subterránea de la Sierra hacia el Valle de Toluca.

Para simular esas condiciones iniciales se eliminaron las áreas de valle alejadas de la Sierra de Las Cruces y se hizo una rotación de la malla del modelo con el norte hacia la izquierda, como se indica en la figura 25, con la delimitación de las Unidades Hidrológicas adyacentes, y en la figura 26 incluyendo dicha malla.

En las figuras 21 a 23 se muestran los resultados de la simulación en condiciones iniciales, con resultados muy similares a la solución anterior, pero inactivando todos los valles alrededor de la Sierra, y con frontera remota circundando la Sierra de Las Cruces. Los resultados son muy similares, por lo que en la figura 24 se muestra un balance de masa en m^3/d .

6 Condiciones Iniciales

Los resultados anteriores indican que es factible simular las condiciones reales de funcionamiento hidráulico del acuífero de la Sierra de Las Cruces, considerando al acuífero como tal en virtud de que debe ser una fuente muy importante de la recarga de los acuíferos que bordean esa Sierra, pues es inevitable que la lluvia que se precipita sobre ella se infiltra y escurre subterráneamente en varias direcciones, hacia aguas abajo. Las condiciones iniciales de ese acuífero de rocas volcánicas fracturadas no deben haber sido muy diferentes a las condiciones actuales de funcionamiento, pues en adición a los dos túneles, Alarazquillo - Dos Rios y Ahualco - San José, que deben drenar del orden de 500 l/s cada uno de ellos desde aproximadamente 1960 el primer y desde 1990 el segundo, no existe otro aprovechamiento importante de agua subterránea en esa Sierra. Existe evidencia verbal no documentada de reducción de





**CONSULADO
MEXICANO
SAN ANTONIO, TEXAS**

En la figura 26 se muestra el área de la Sierra de Las Cruces que ocupa cada Unidad Hidrogeológica. La UH1, que corresponde a Ixtahuaca - Atlacomulco, tiene una superficie de 178 Km²; la UH2 es la parte de Valle del Mezquital, con una superficie de 64 Km² de esa Sierra; Tepic del Río es la UH3, con una superficie de 173 Km²; la UH4 es la correspondiente a Cuautitlán - Pachuca, con una superficie de 673 Km²; la UH5 corresponde al Valle de Toluca, con una superficie de 51 Km²; el Valle de Cuernavaca tiene 28 Km² en la UH7; finalmente, el Valle de México, que corresponde a la UH8, tiene una superficie de la Sierra de 416 Km². La superficie total de la Sierra de Las Cruces es de 1,694 Km², medida en el modelo.

La primera opción de solución del modelo en condiciones iniciales se cargo con las mismas características geométricas de la cima de la primera capa del modelo anteriormente descrito, usando la topografía de INEGI, con una elevación de la base en 2,100 msnm; la elevación de la base de la segunda capa es de 1,900 msnm; y la del fondo del modelo en la tercera capa es de 1,700 msnm. El modelo está construido con



SIN TEXTO

00147

271

26

27

00083

SIN TEXTO



00148

272

30

28

00084

SIN TEXTO



00149

273

32

31

00085

SIN TEXTO



00150

274

2

STILL
TOLD



00151

.. 275

36

36

00087

CONFIDENTIAL



00152

276

38

37

00088

SECRET
NO DIS



00153

277

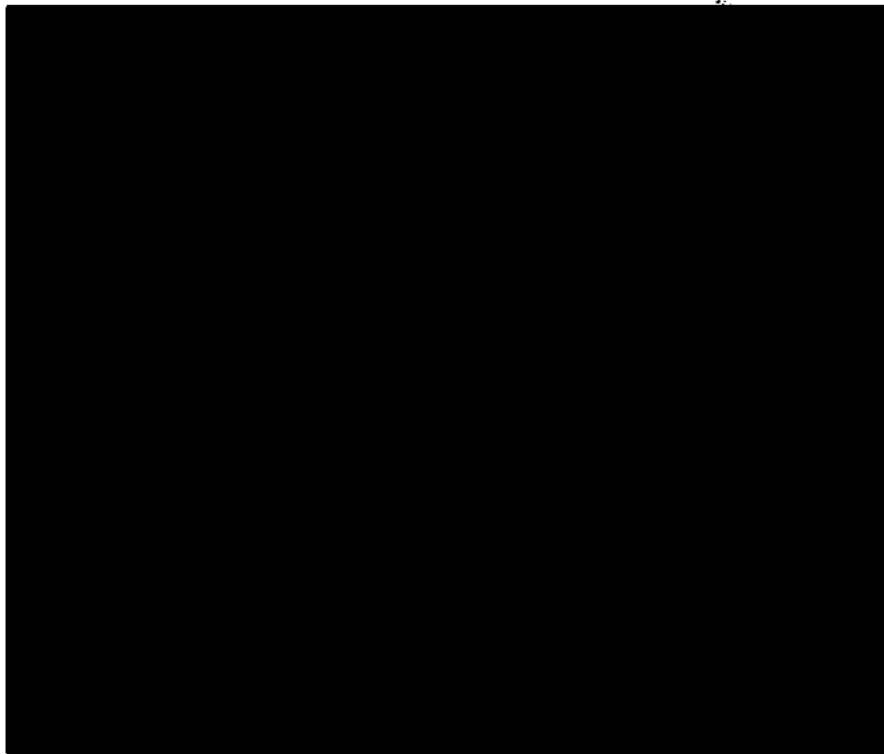
40

39

00089

SIN TEXTO





Conclusiones

De acuerdo con el tipo de condiciones de frontera que se impongan al modelo, se obtendrá una solución de las condiciones piezométricas en la Sierra de Las Cruces. La parte más importante es que puede existir un movimiento de agua subterránea desde el Valle de Toluca hasta el Valle de México, lo cual no debería ser cierto, por lo que las

00090

conductividades hidráulicas usadas en el modelo deberían ser menores que las reales. Sin embargo, esto sólo se puede comprobar mediante un registro de elevaciones piezométricas del agua subterránea en el acuífero de la Sierra de Las Cruces.



En conclusión, se puede presentar un movimiento del agua subterránea hacia el norte, hacia el Valle del Mezquital y hacia el sur, reconociendo el Valle de Cuernavaca. Estas conclusiones tampoco son definitivas, por lo que se debe calibrar los valores de conductividades y efectos piezométricos.

El modelo que corresponde a la recarga por lluvia, la solución que se presenta en esta investigación es una solución de comportamiento conjunto de toda la Sierra, con la única condición de que se trató de mantener una carga hidráulica del orden de 2,800 msnm en la parte central de la Sierra.



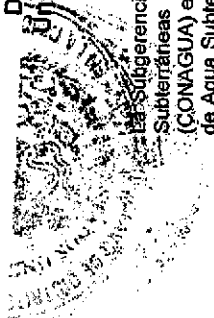
00154

C. 270

SECRET



Análisis Publicaciones CONAGUA
Disponibilidades Hidráulicas de Agua Subterránea
Unidades Hidrogeológicas en la Sierra de Las Cruces



Apéndice 1

La Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos de la Gerencia de Aguas Subterráneas de la Subdirección General Técnica de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) elaboró los documentos de actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea de 6 de las 8 Unidades Hidrogeológicas que comparten la Sierra de Las Cruces en los estados de Hidalgo, México, Morelos y el Distrito Federal, cuya localización se muestra en la figura Ap 1. Estas disponibilidades fueron inicialmente publicadas en el DOF del 30 de abril de 2002 como Determinación de la Disponibilidad de Agua de cada uno de los acuíferos y posteriormente como la actualización mencionada en el DOF del 28 de agosto de 2009. Las 6 publicaciones están a disposición del público en la página Web de la CONAGUA a través del servicio de Internet.

Análisis Publicaciones CONAGUA
Disponibilidades Hidráulicas de Agua Subterránea

1 Acuífero 1310 Valle de Mezquital, Estado de Hidalgo

Como se indica en la figura Ap 1, este acuífero se localiza en la porción norte de la Sierra de Las Cruces y cubre una extensión de 64 Km² de dicha sierra, que corresponde al 3.8 % del área total de la misma sierra en planta. El área del acuífero correspondiente es de 2,429 Km², por lo que la proporción de la Sierra de Las Cruces es sólo del 2.6 % de dicha superficie. Dentro de la publicación oficial de este acuífero, en las partes correspondientes a la hidrología y geología, no se menciona esta Sierra, así como tampoco en la hidrología subterránea, aunque en este apartado se indica que la mayor elevación del nivel estático para 1998 fue de 2,120 msnm a la altura de Santa María de Apaxco, como se muestra en la figura Ap 2.

Como recarga natural se considera en el documento analizado que la que proviene de las zonas montañosas es de $65 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$, calculada como flujo horizontal entre dichas zonas y el valle propiamente dicho, aunque no se aclara la que podría provenir de la Sierra de Las Cruces. En esta Unidad Hidrogeológica la disponibilidad hidráulica es de $208.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$.

MS
TADO



00156

00 280

48

45

00092

SECRET



3 Acuífero 1508 Cuautitlán - Pachuca, Estado de México

En la figura Ap 1 se muestra también la localización de este acuífero en la porción noreste de la Sierra de Las Cruces, que cubre una extensión de 173 Km² de dicha sierra, o bien, el 10.2 % del área total de la misma en planta. El área del acuífero correspondiente es de 2,850 Km², por lo que la proporción de la Sierra de Las Cruces es del 3.9 % de dicha superficie. Dentro de la publicación oficial de este acuífero, en las partes correspondientes a la fisiografía, hidrología y geología, no se menciona esta Sierra, así como tampoco en la hidrología subterránea, aunque en este apartado se indica que la mayor elevación del nivel estático para 1991 fue de 2,205 msnm a la altura de Tizayuca, que es aproximadamente el punto medio entre Pachuca al noreste y la Sierra de Las Cruces al suroeste, como se muestra en la figura Ap 3.

Como recarga natural no se indica en el documento analizado la que proviene de las zonas montañosas, por lo que tampoco se aclara la que podría provenir de la Sierra de Las Cruces. En esta Unidad Hidrogeológica la disponibilidad hidráulica es de $-190 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$.

4 Acuífero 1502 Ixtlahuaca - Atlacomulco, Estado de México

En la figura Ap 1 se muestra la localización de este acuífero en la porción noroeste de la Sierra de Las Cruces y cubre una extensión de 178 Km² de dicha Sierra, que corresponde al 10.5 % del área de la misma en planta. El área del acuífero es de 2,894 Km², por lo que la proporción de la Sierra de Las Cruces es el 6.2 % de dicha superficie. Dentro de la publicación oficial de este acuífero, en las partes correspondientes a la hidrología y geología, no se menciona esta Sierra, así como tampoco en la hidrología subterránea, aunque en este apartado se indica que la mayor elevación del nivel estático para 1986 fue de 2,545 msnm a la altura de Santa María, como se muestra en la figura Ap 4.

Como recarga natural no se indica en el documento analizado de dónde proviene, por lo que tampoco se aclara la que podría provenir de la Sierra de Las Cruces. En esta Unidad Hidrogeológica la disponibilidad hidráulica es de $-9.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$.

En la figura Ap 1 se muestra la localización de este acuífero en la porción oeste de la Sierra de Las Cruces, el cual cubre una extensión de 673 Km² de dicha sierra, que corresponde con el 39.7 % del área de la misma en planta. El área del acuífero correspondiente es de 2,738 Km², por lo que la proporción de la Sierra de Las Cruces es del 24.6 % de dicha superficie. Dentro de la publicación oficial de este acuífero, se menciona brevemente la Sierra en la Hidrografía, Geomorfología, Geología (se menciona erróneamente como acuífuga o impermeable), además de tres secciones geológicas (no incluidas en el texto del documento) que podrían apoyar la descripción de este tipo en la Sierra, aunque en la descripción acuífera se menciona que la Sierra es un medio fracturado con gran capacidad de recarga. En el apartado de la hidrología subterránea se indica que la mayor elevación del nivel estático frente a la Sierra de Las Cruces fue de 2,650 msnm en el año 2,000, a la altura de Lerma. En este documento no se muestran planos de elevaciones del nivel del agua.

SECRET



Como recarga natural del acuífero del Valle de Toluca se considera en el documento analizado que la que proviene de la Sierra de Las Cruces es de $63 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$, considerada como flujo horizontal entre dicha Sierra y el valle propiamente dicho, aunque no se aclara la que podría infiltrarse en esa Sierra. En esta Unidad Hidrogeológica la disponibilidad hidráulica es de $-152.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$.

6 Acuífero 0901 Zona Metropolitana de la CD. de México

En la figura Ap 1 se muestra la localización de este acuífero al este de la Sierra de Las Cruces, el cual cubre una extensión de 416 Km^2 de dicha sierra, que corresponde al 24.6 % del área total de la misma en planta. El área del acuífero correspondiente es del orden de $2,800 \text{ Km}^2$, pues la publicación correspondiente no lo incluye como dato, por lo que la proporción de la Sierra de Las Cruces es del 14.9 % de dicha superficie. Dentro de la publicación oficial de este acuífero, se menciona brevemente la Sierra en la Fisiografía, Geomorfología, Geología y en la descripción acuífera se menciona que la Sierra es un medio fracturado con gran capacidad de recarga. En el apartado de la hidrología subterránea se indica que la mayor elevación del nivel estático frente a la Sierra de Las Cruces fue de 2,310 msnm en el año 1997.

En este documento no se muestran planos de elevaciones del nivel del agua, ni se diferencia la recarga que proviene de la Sierra de Las Cruces. En esta Unidad Hidrogeológica la disponibilidad hidráulica es de $-713.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$.

7 Acuífero 1509 Tenancingo, Estado de México

Como se muestra en la figura Ap 1, este acuífero se localiza en la porción suroeste de la Sierra de Las Cruces, con una superficie no definida por la CONAGUA, pues no está publicada su disponibilidad hidráulica, aunque se calculó que cubre una extensión de 51 Km^2 de dicha sierra, que corresponde con el 3.0 % del total de $1,694 \text{ Km}^2$ de la misma. Por lo anterior, se desconoce la posición del nivel del agua subterránea respecto al nivel medio del mar y en consecuencia no está determinada la recarga que recibe la porción de la Sierra de Las Cruces que le corresponde.

8 Acuífero 1701 Cuernavaca, Estado de Morelos

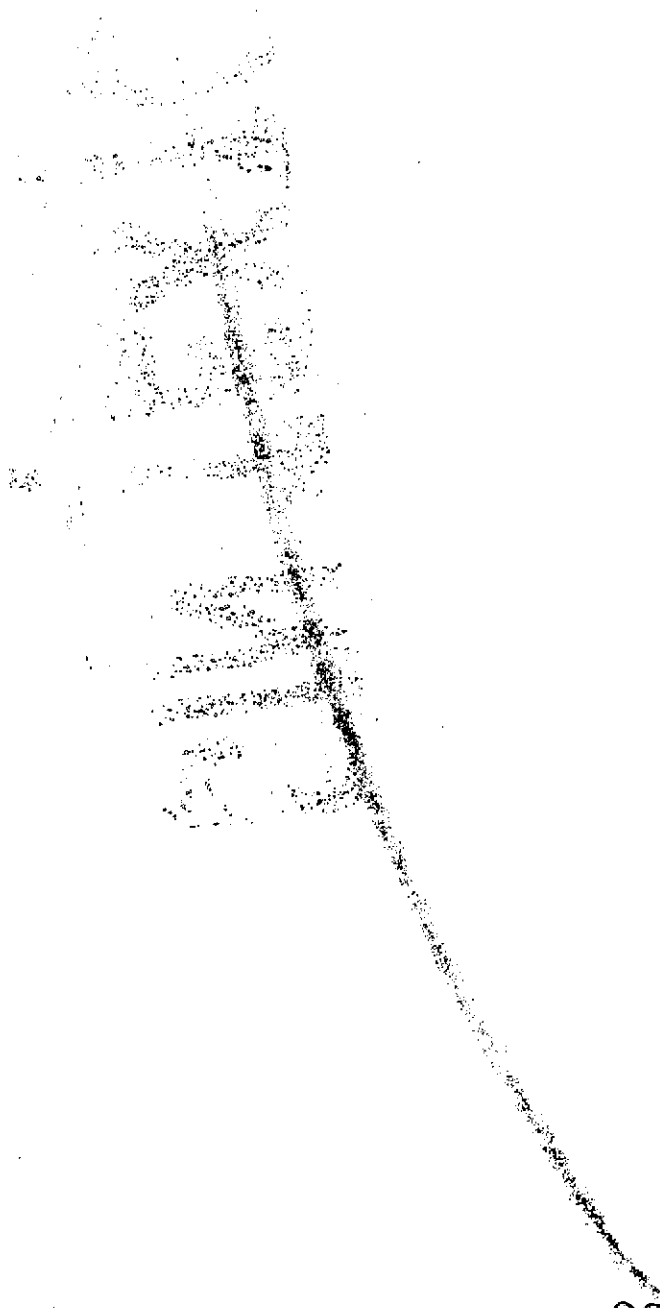
En la figura Ap 1 se muestra la localización de este acuífero en la porción sur de la Sierra de Las Cruces, que cubre una extensión de 28 Km^2 de dicha Sierra, lo que representa el 1.7 % del área total de la misma en planta. El área del acuífero correspondiente no está definida en el documento, pero se estima del orden de 996 Km^2 , por lo que la proporción de la Sierra de Las Cruces es del 5.8 % de dicha

RECEIVED
JUN 10 1964
U.S. DEPT. OF JUSTICE



superficie. Dentro de la publicación oficial de este acuífero no se menciona la Sierra de Las Cruces en la fisiografía, ni en la hidrología, así como tampoco en la hidrología subterránea, aunque en este apartado se indica que la mayor elevación del nivel estático para 1981 fue de 1,800 msnm al norte en la cabecera del valle, manteniéndose aproximadamente hasta la actualidad, aunque no se presentan planos en el documento revisado.

Como recarga natural no se indica en el documento analizado la que proviene de la Sierra de Las Cruces, aunque sí se indica que de las zonas montañosas se reciben del orden de $56.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$. En esta Unidad Hidrogeológica la disponibilidad hidráulica es de $21.3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$.



SIN TEXIO



00169

284



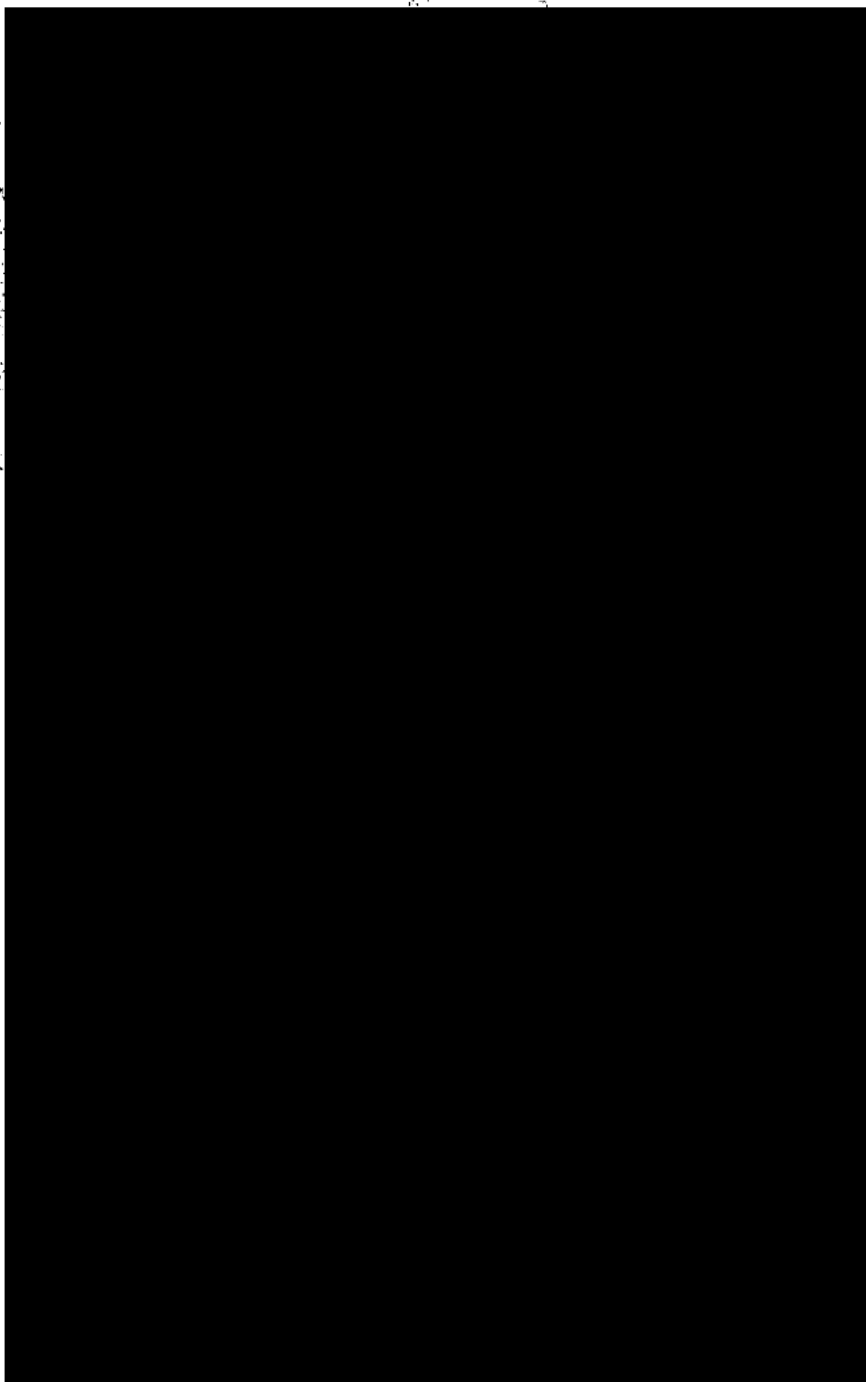
00096

SECRET



00161

285



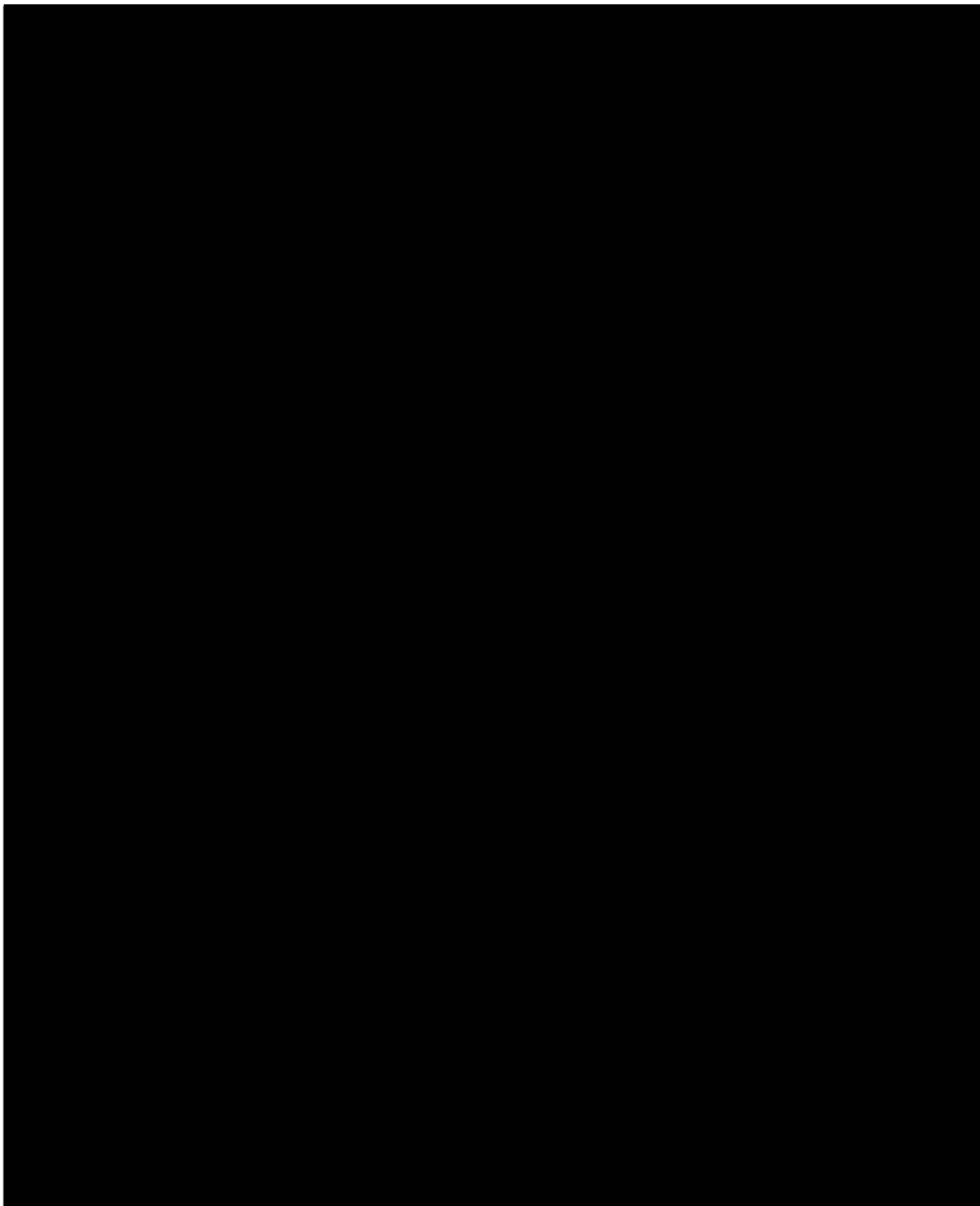
00097

EX-100



00162

236



SECRET



00163

287

2

SIN TEXIO



00164

283

• 00100

EXPOSICION

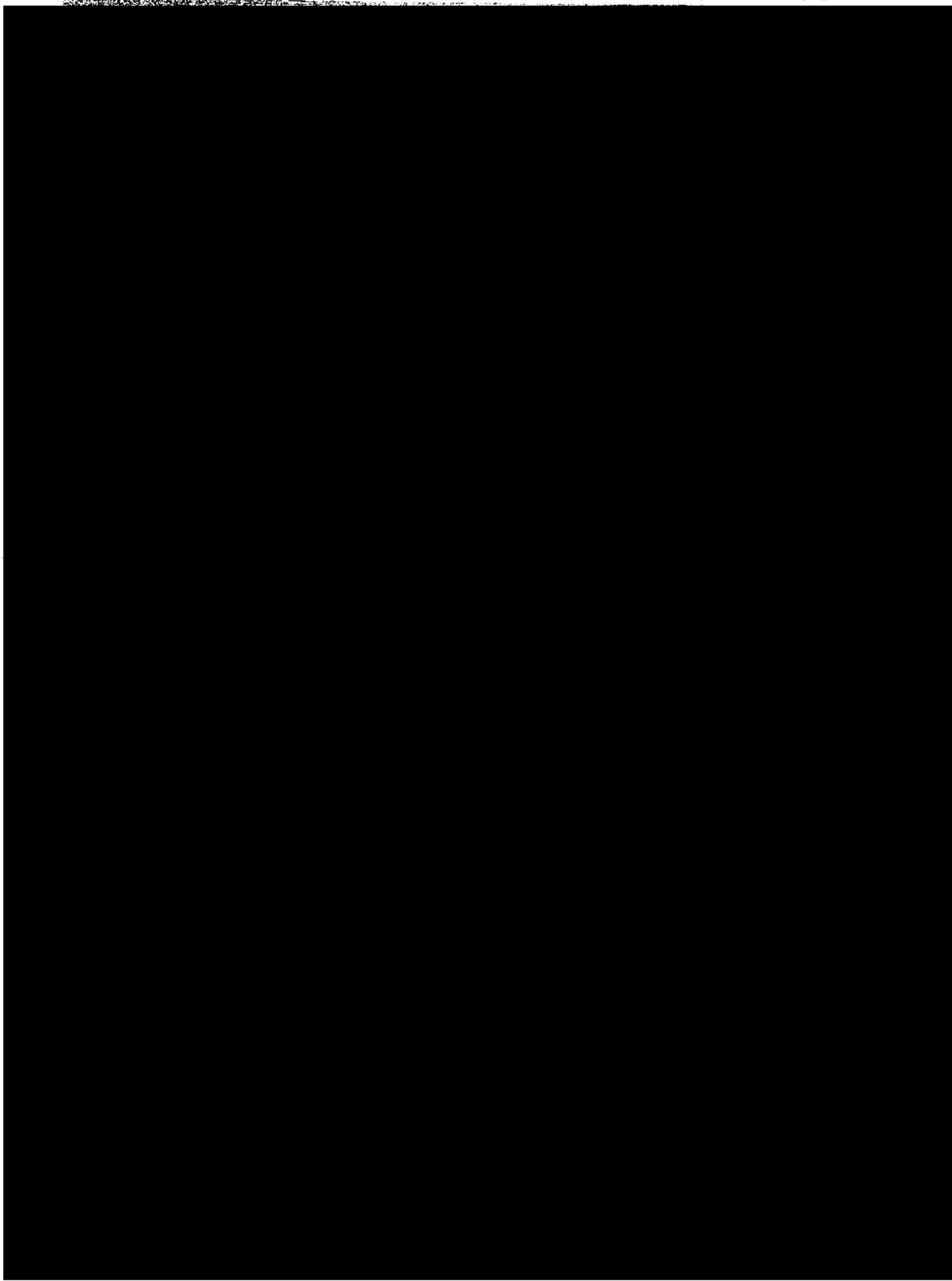


00165

289

STILL IN CUSTODY





SIN TEXTO



00167

1

6

SMITH

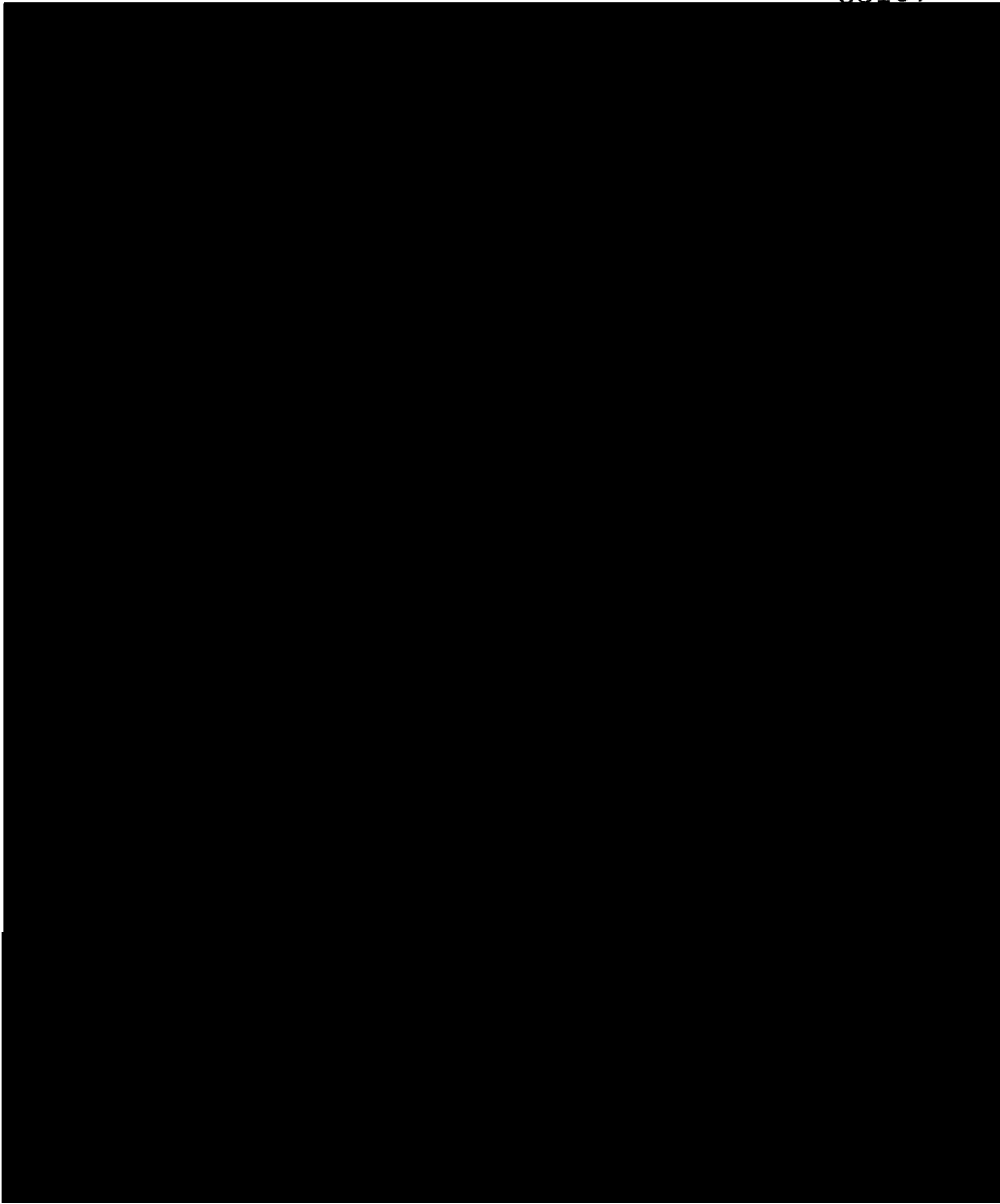


00168



SECRET

SECRET



SIN TEND



00179

234

EXHIBIT
S



00171

295

SIN TEXTO





SECRET



SECRET



00174

297

13

0110

SECRET



00175

299

SECRET



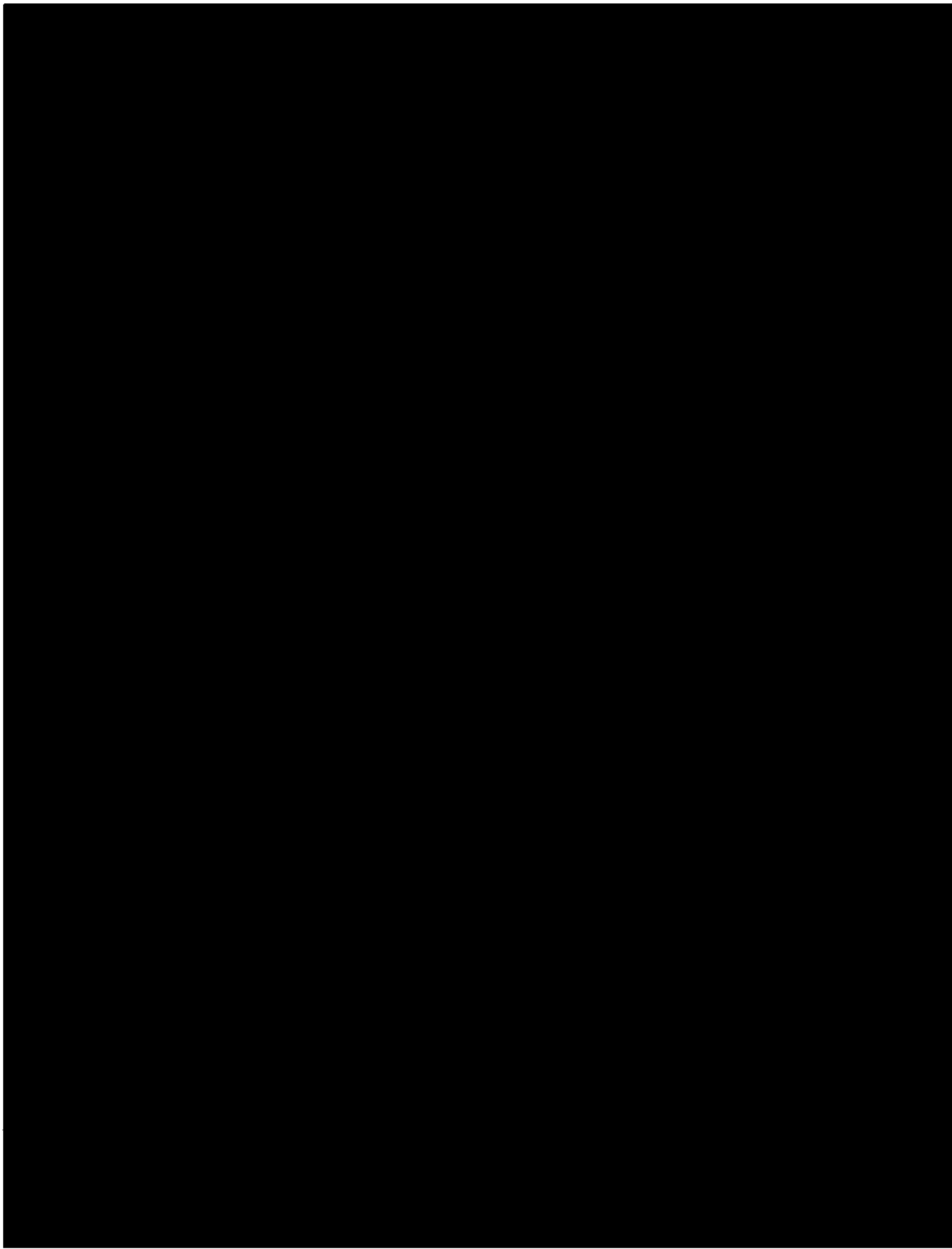
100

§ 87(2)(b)



00177

301



STILL
TALK



00178

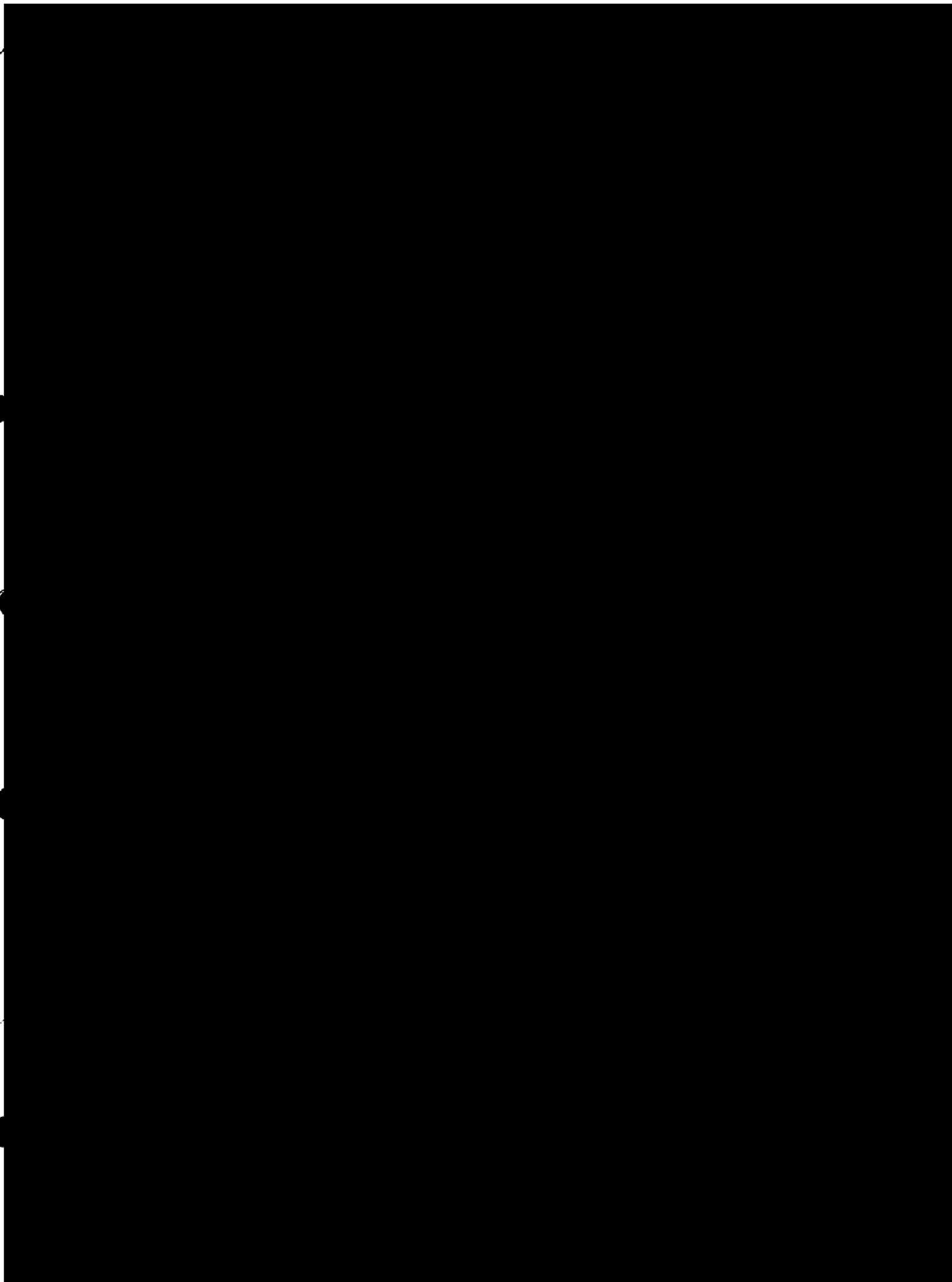
302

17

00114

EX-100
MIC

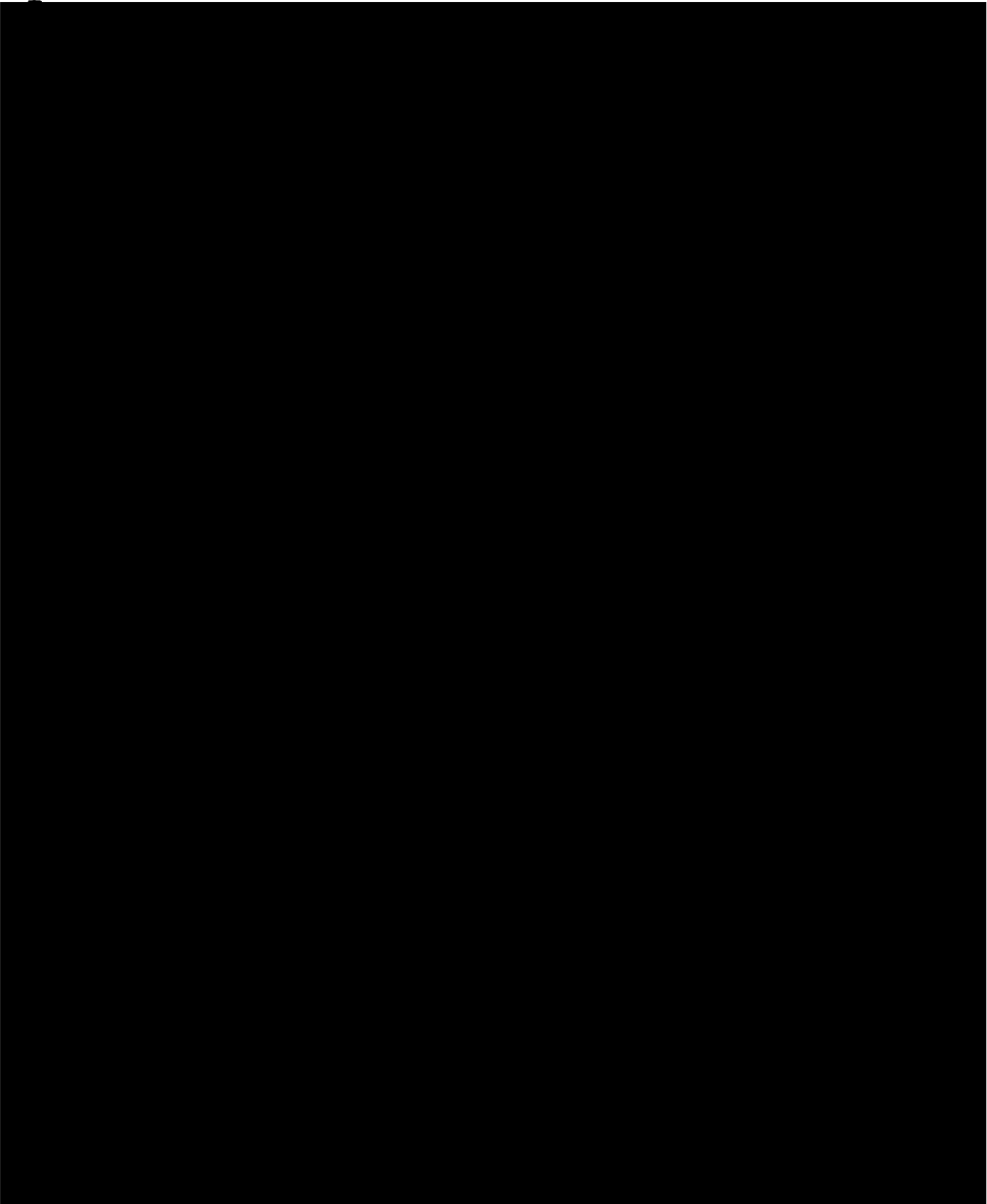




OFFICE
OF THE
ATTORNEY
GENERAL
STATE OF
NEW YORK



00180



STUDIOS

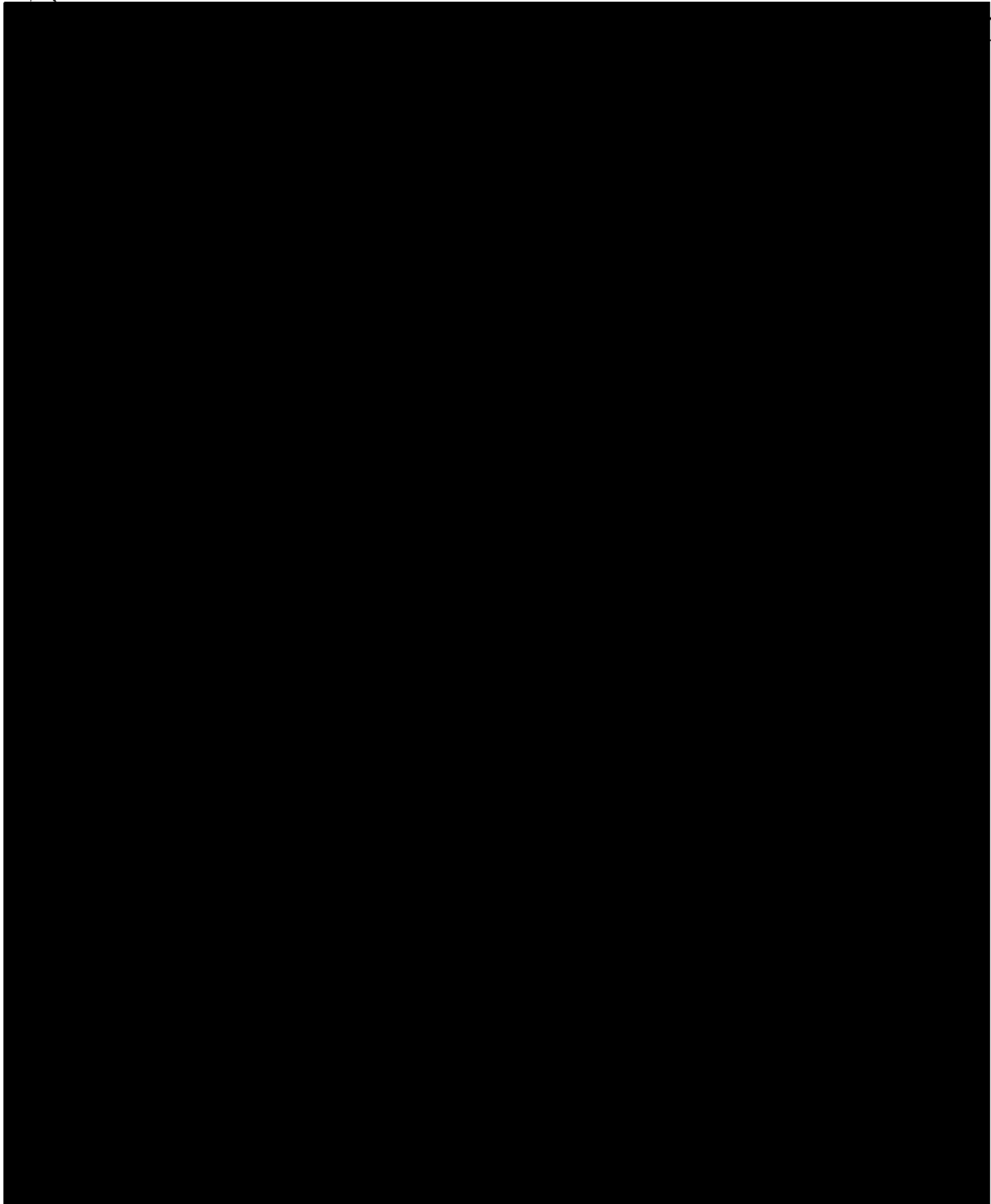


00181 90 30

010111



00182



OLXET MIS
IN TEXTO



00183

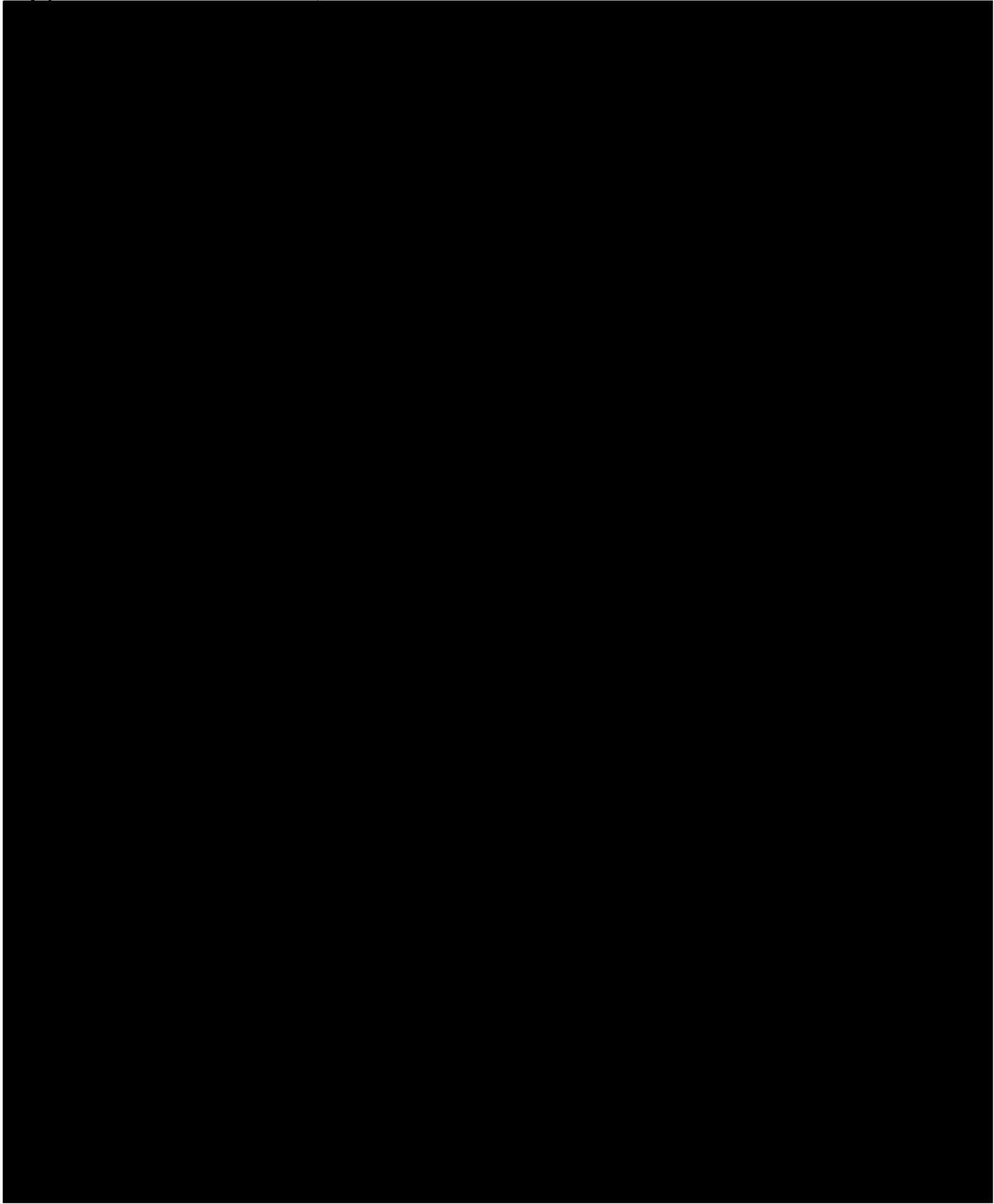
CC 307

0119

1009
CIVIL
EXTO

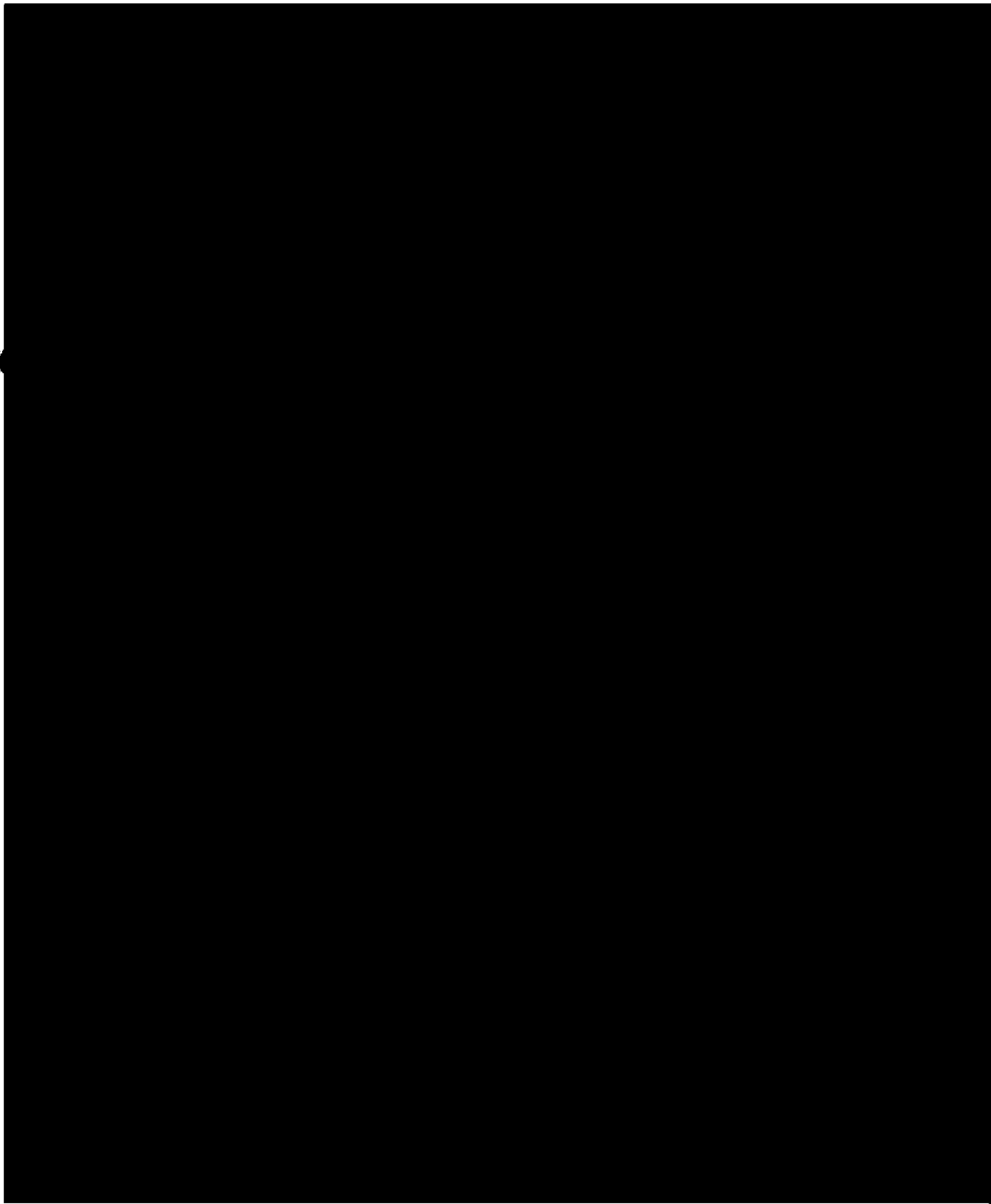


00184

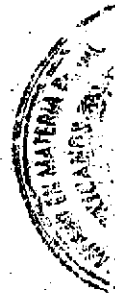


SIMILITEXTO



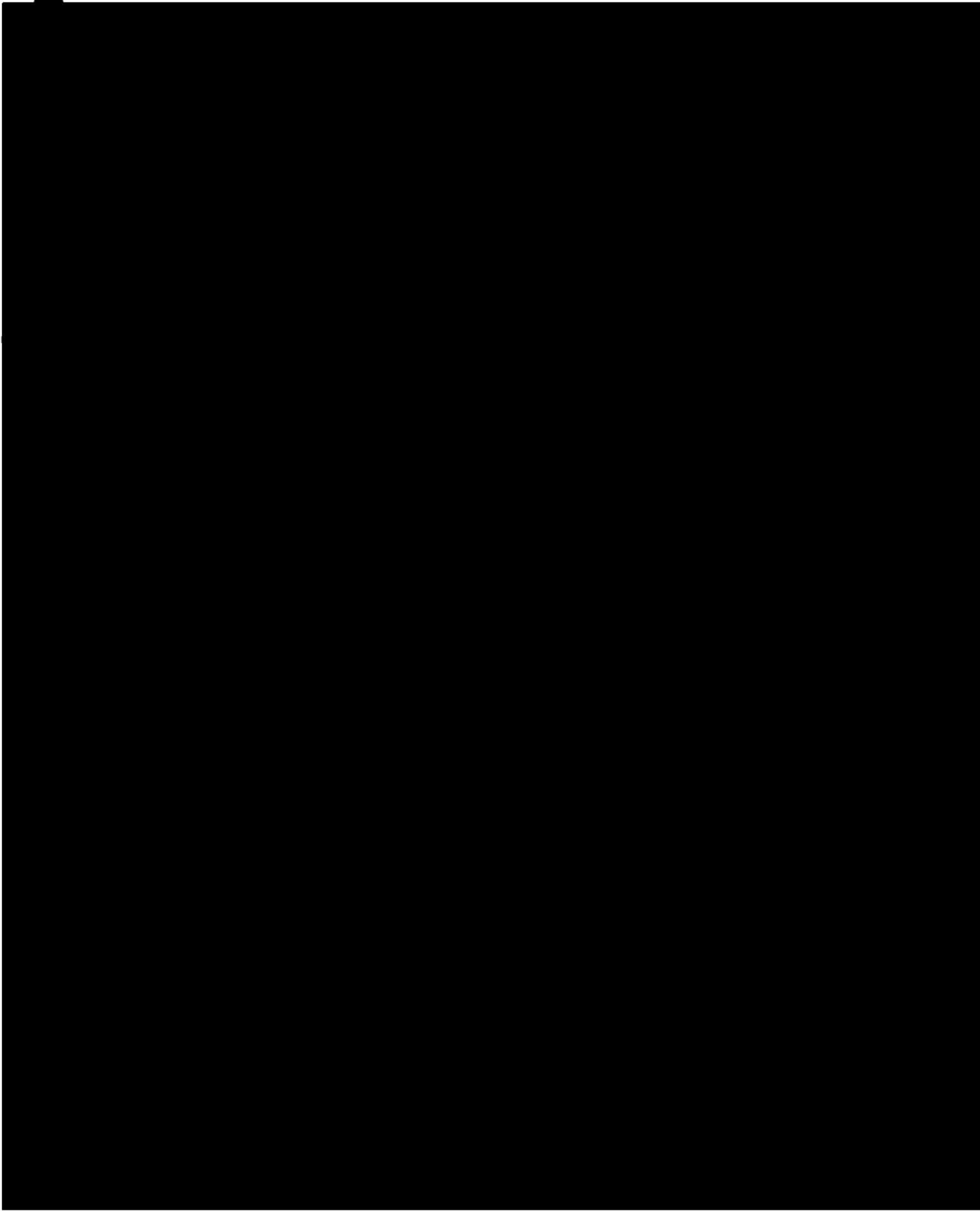


ORIGINALS



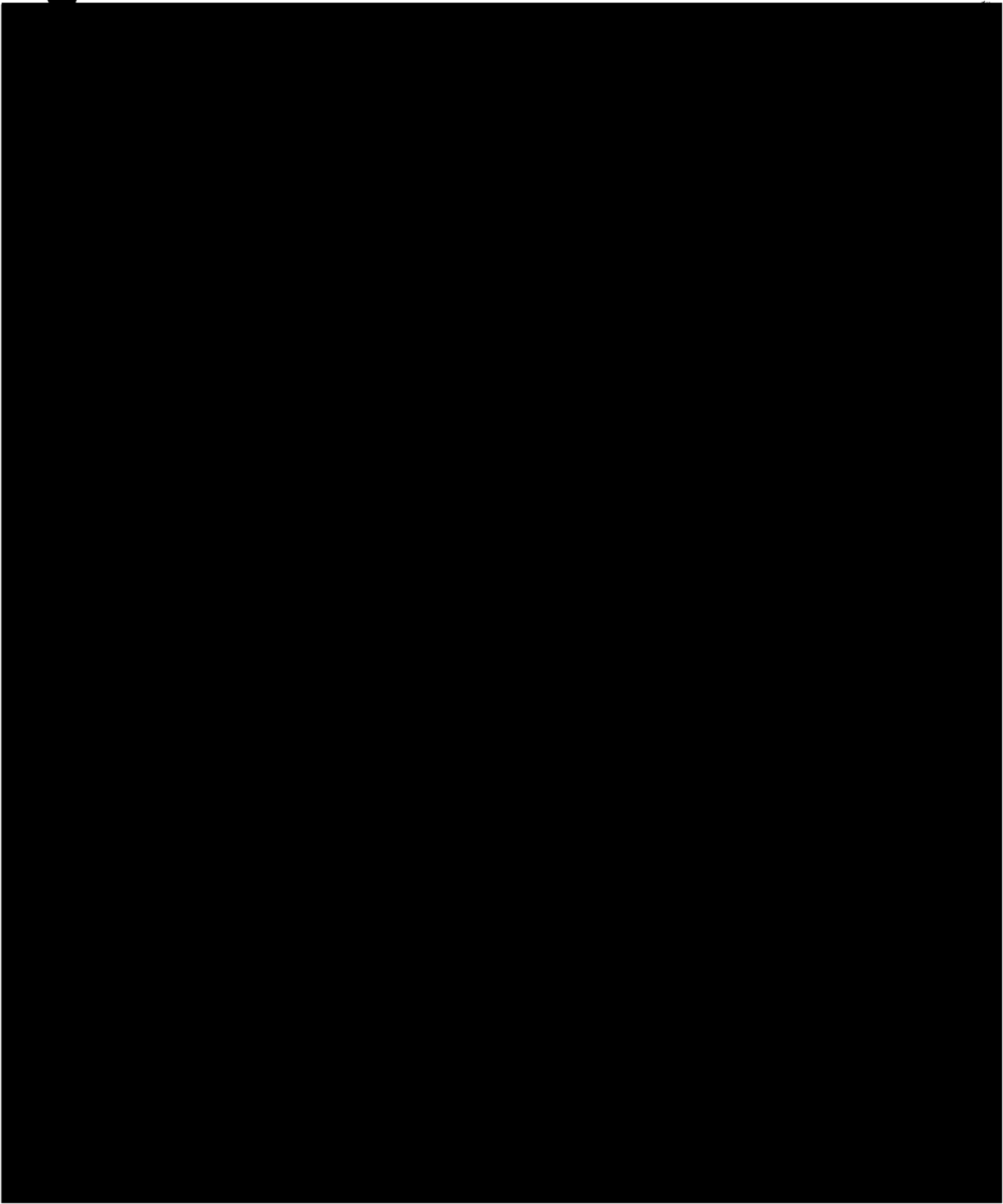
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100





SINTEXIO

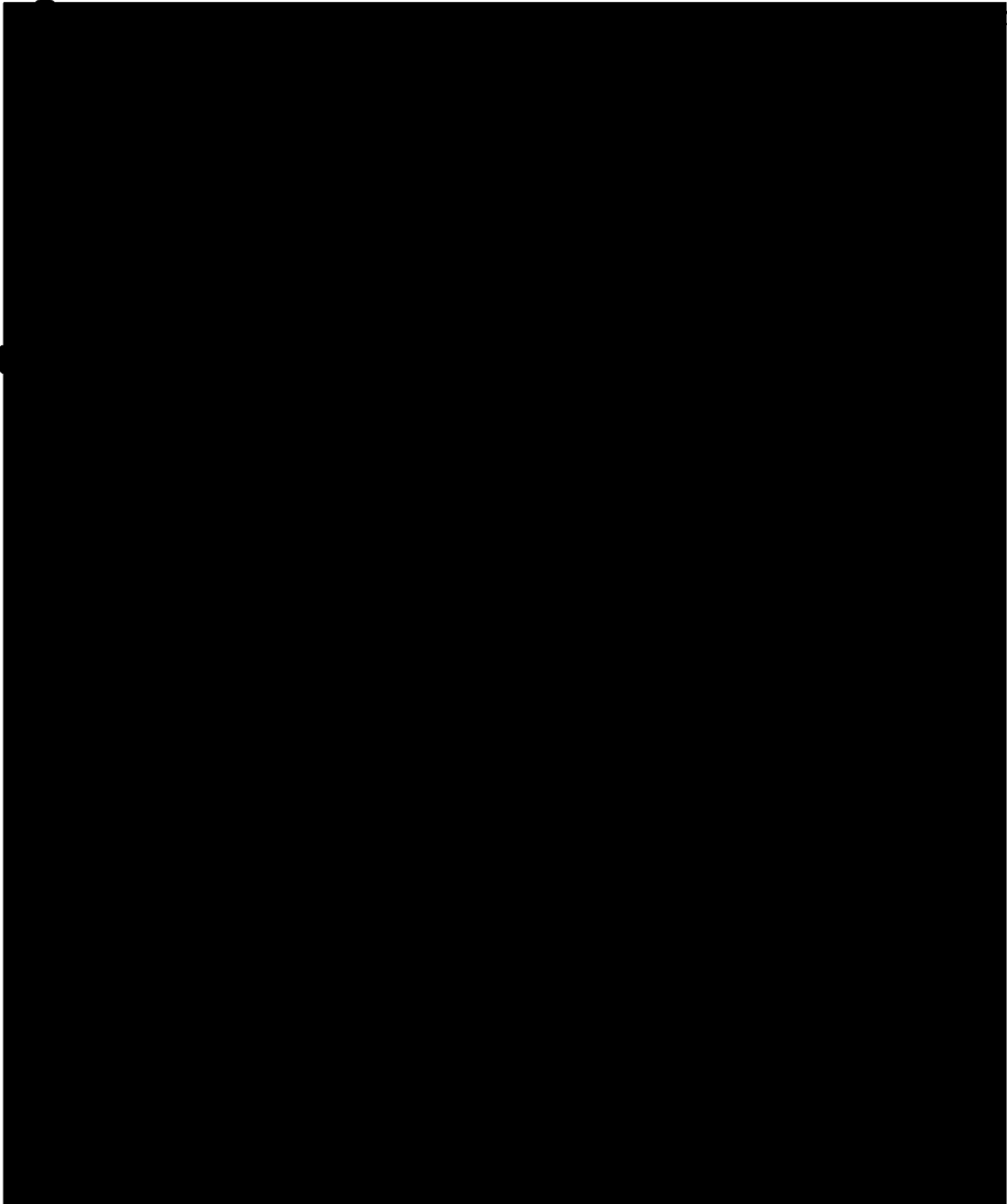




55

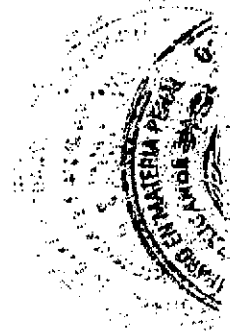
SIN TEXTO



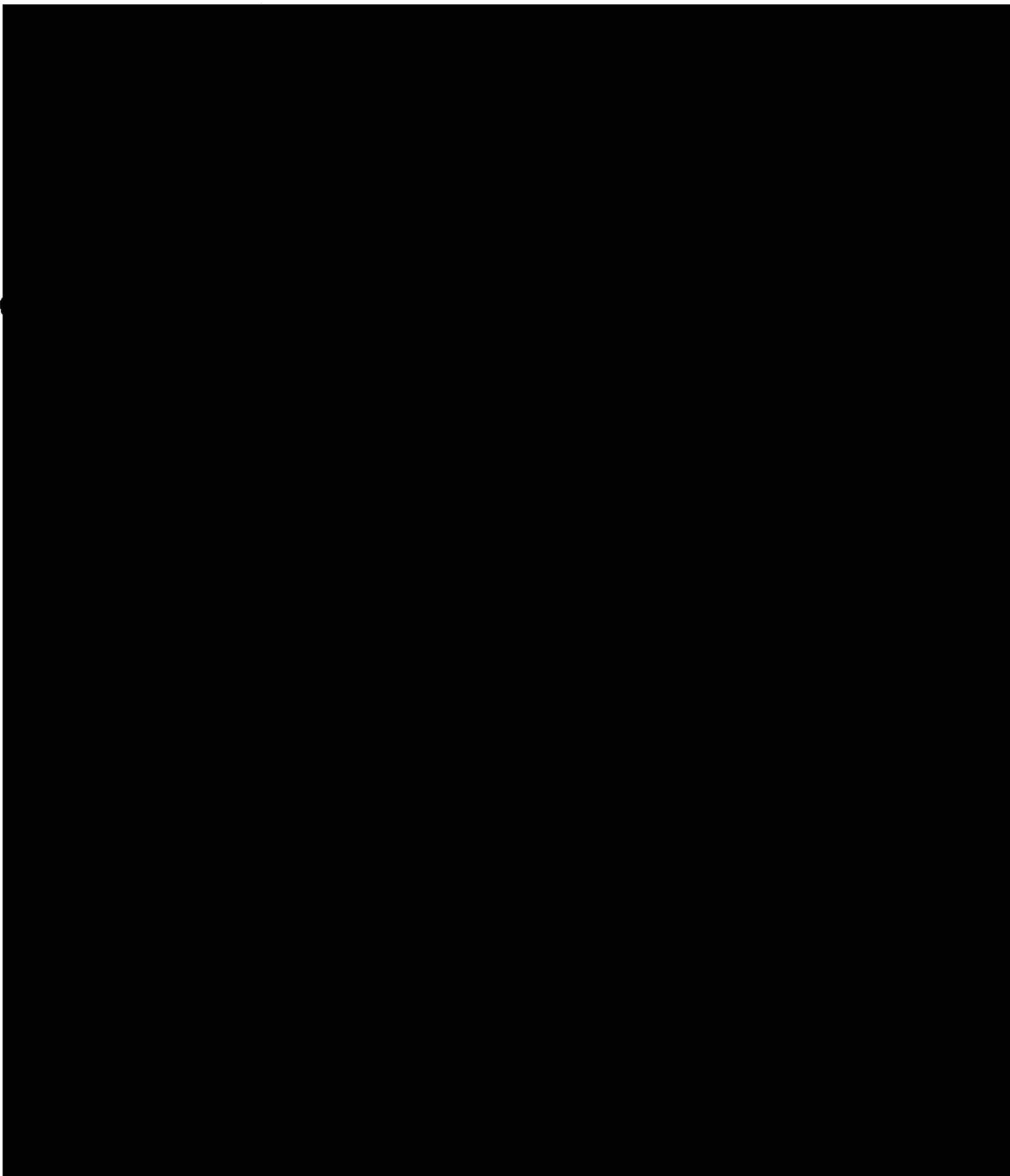


103

SMITH
TEXT



00190



SAN LEO

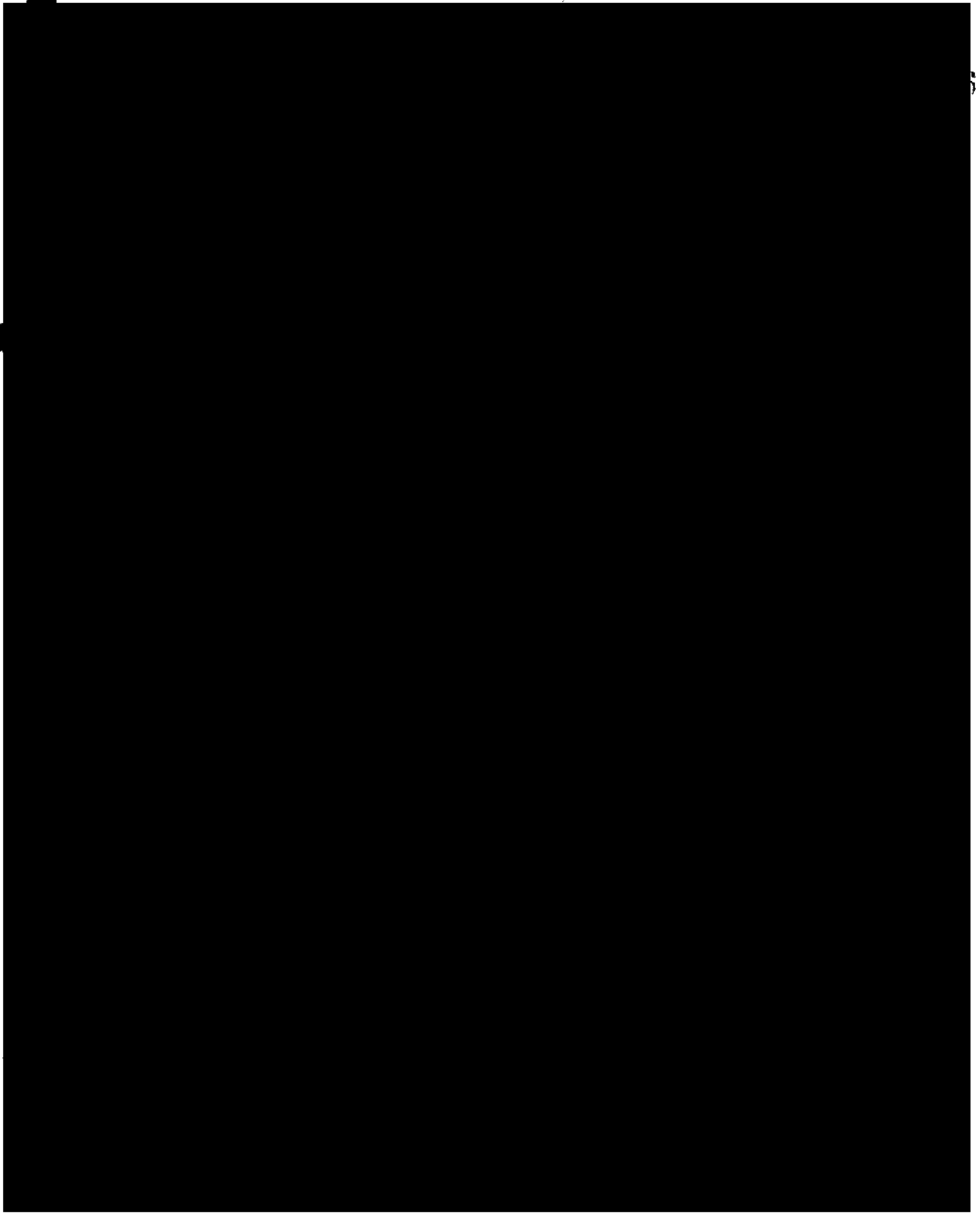


00191

SALES
ORDER

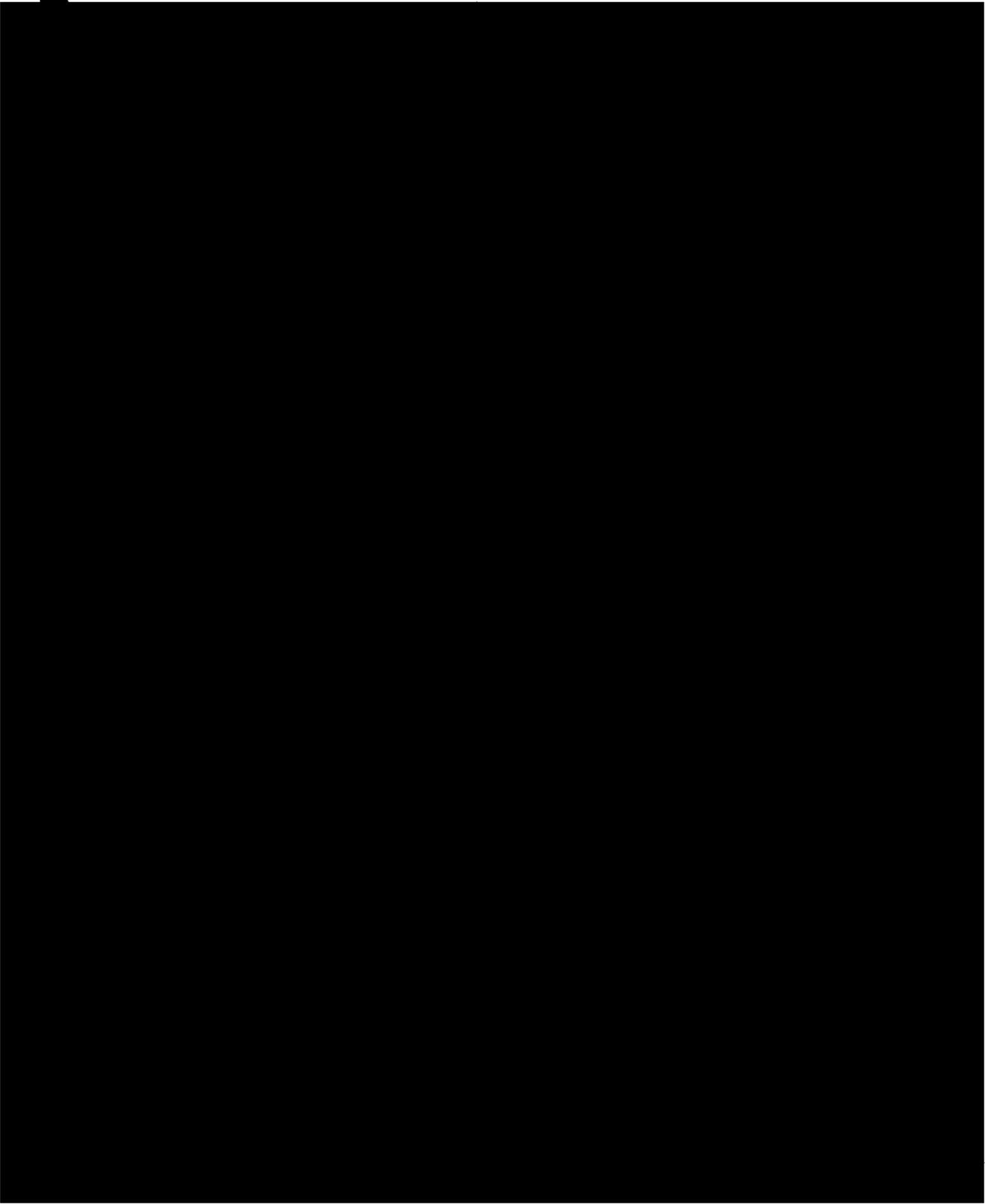


00192



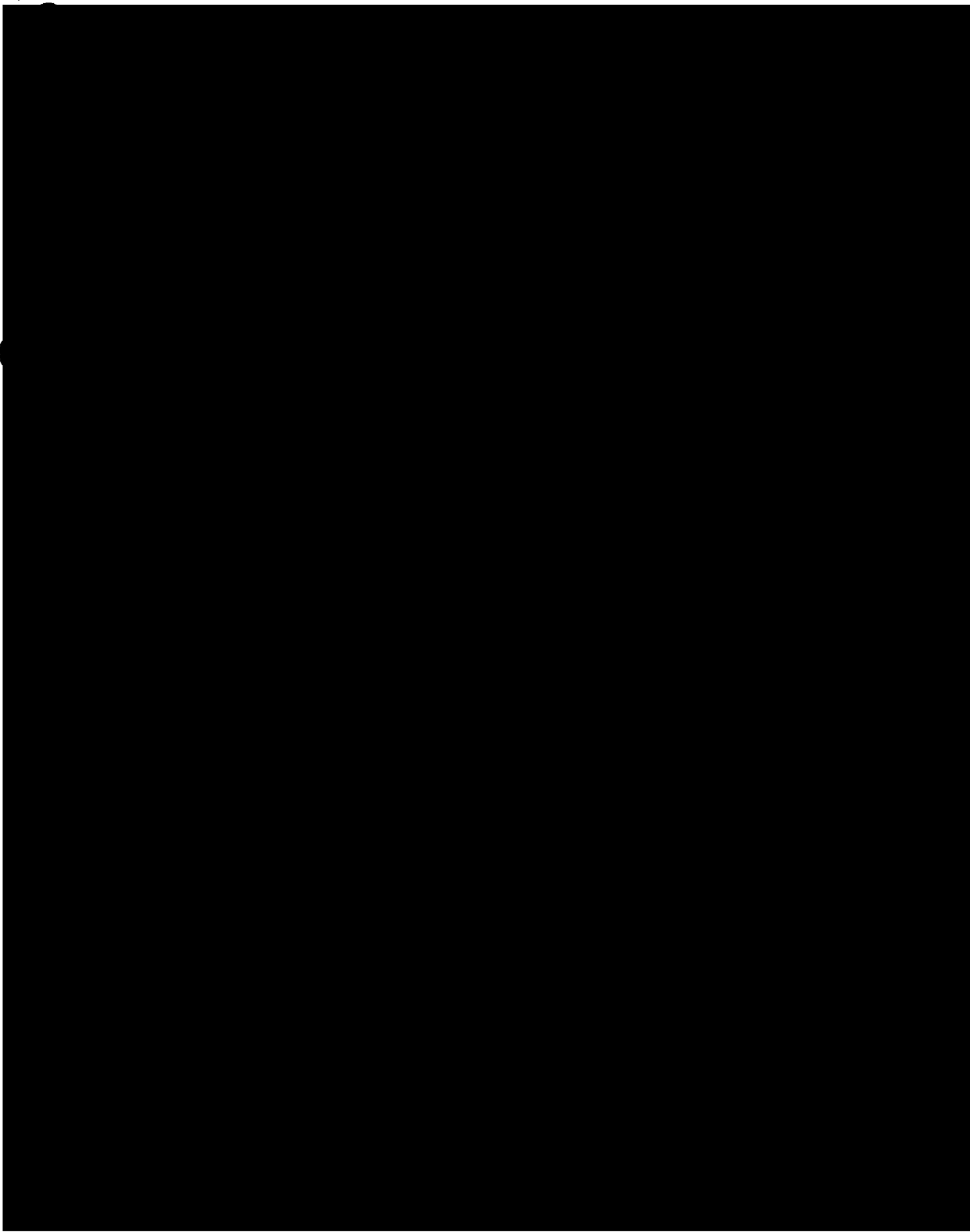
RECEIVED
JUN 12 1964
U.S. AIR FORCE
HONOLULU, HAWAII







00194



SIN TEXTO



00195

31

OKT 1960



00196

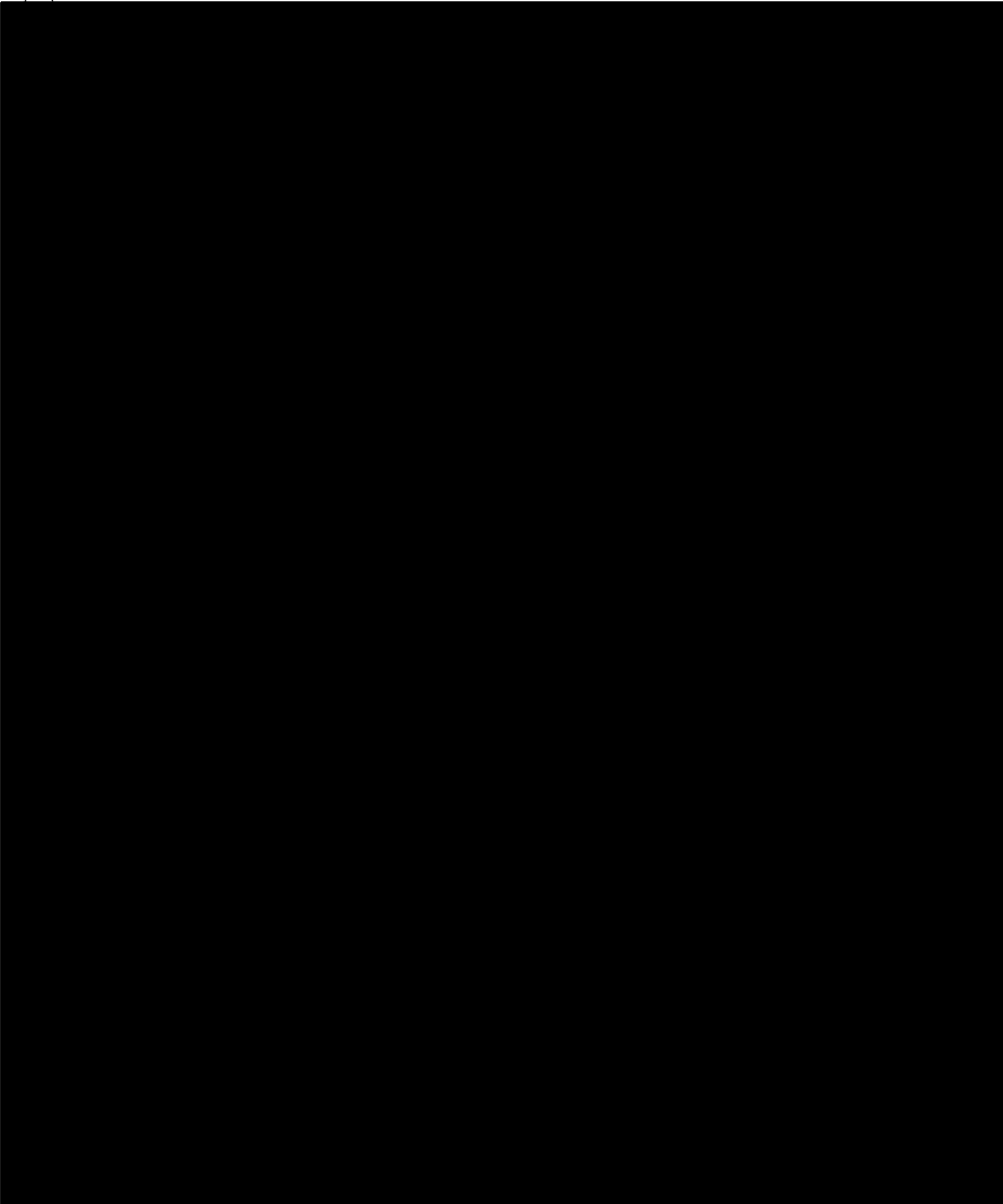
20

3

2

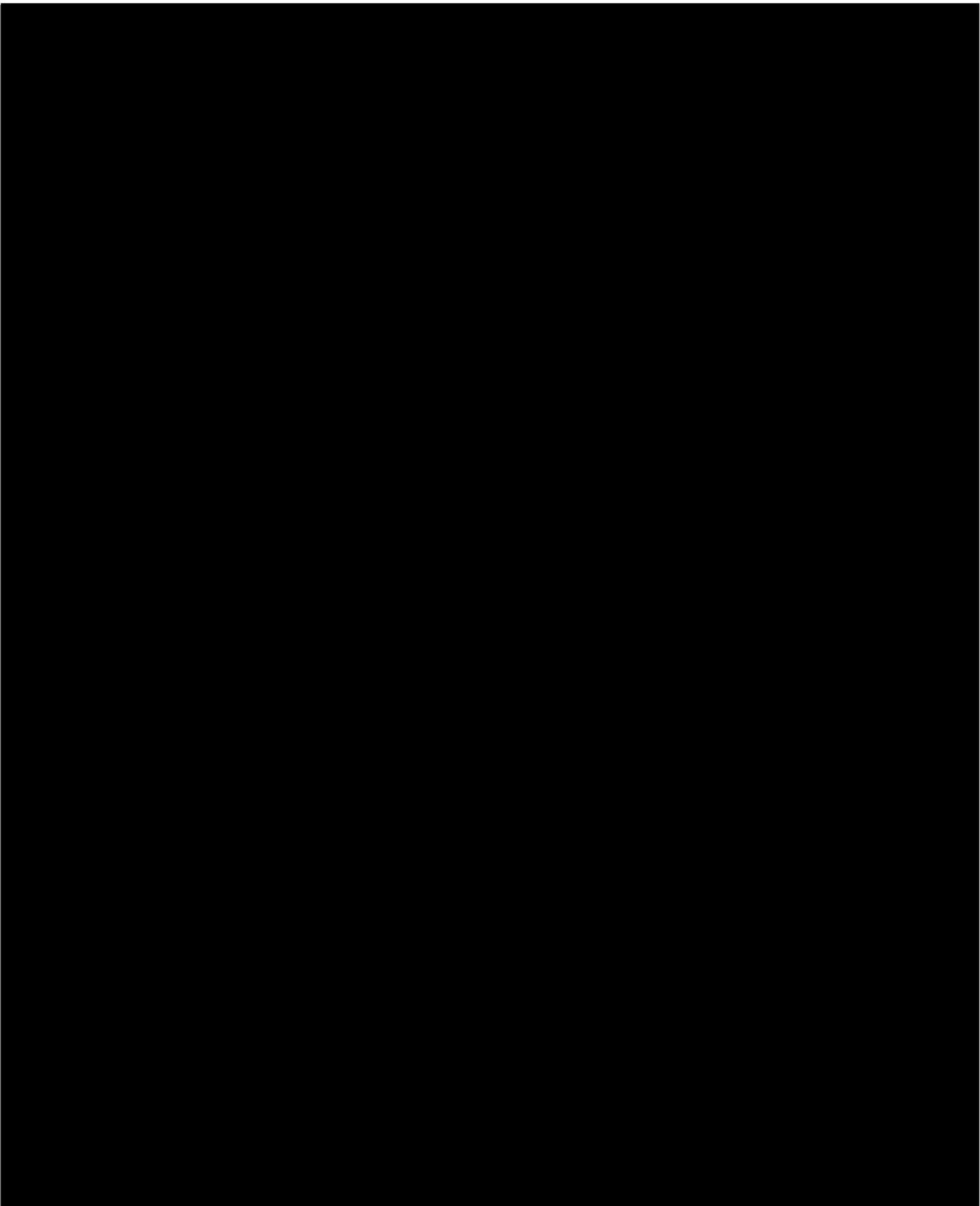
SECRET





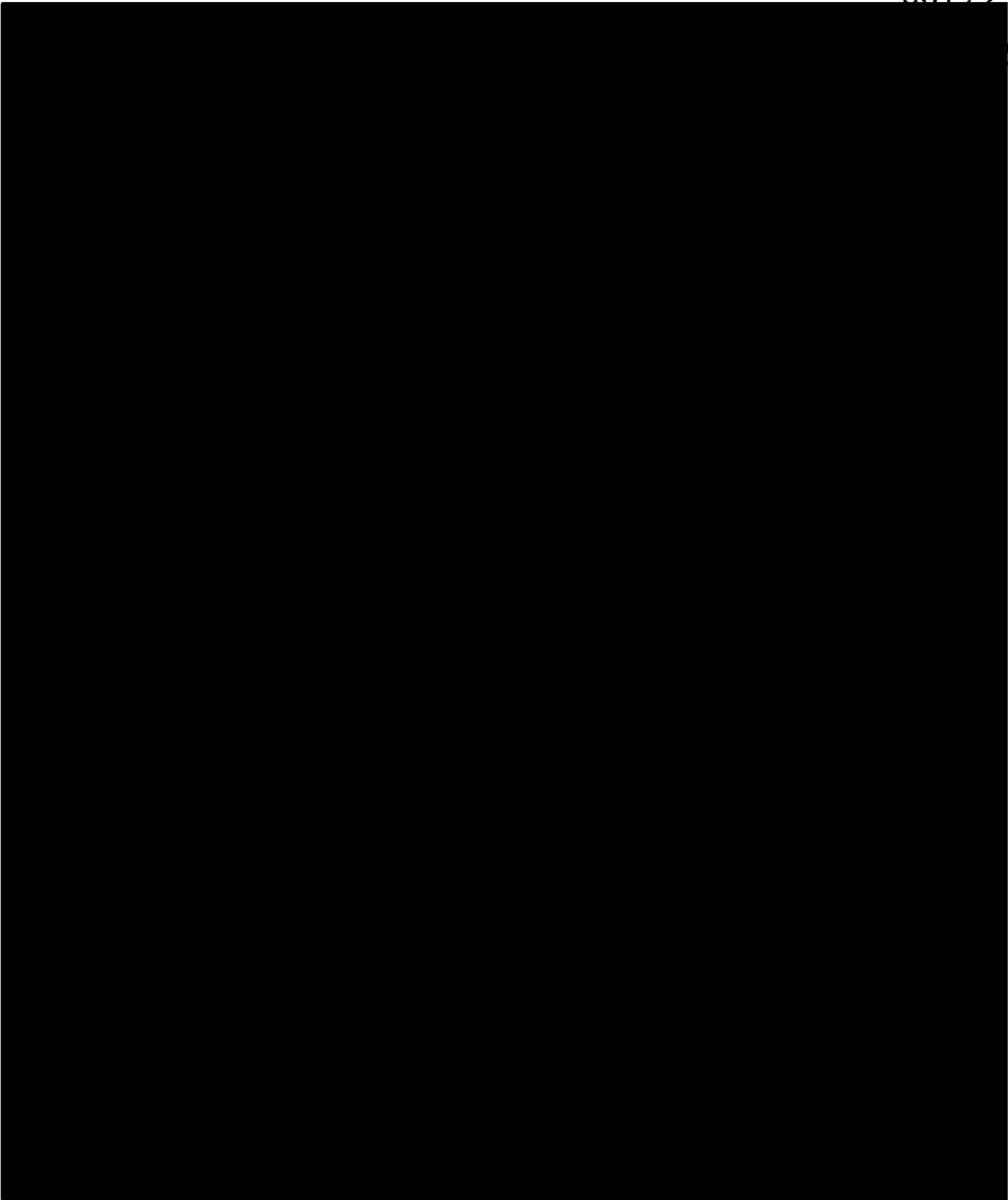
SIN TEXTO



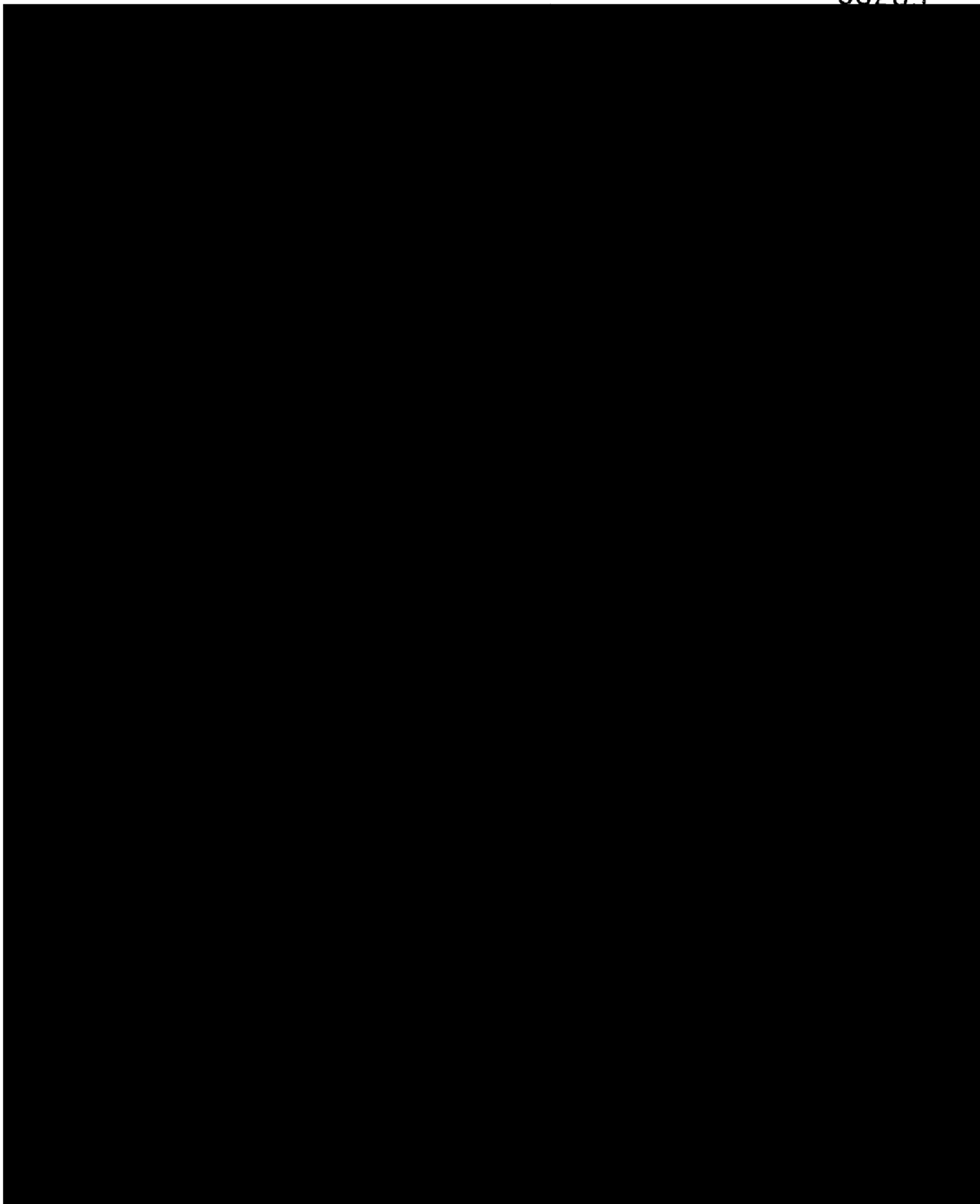


OKT 10











00201

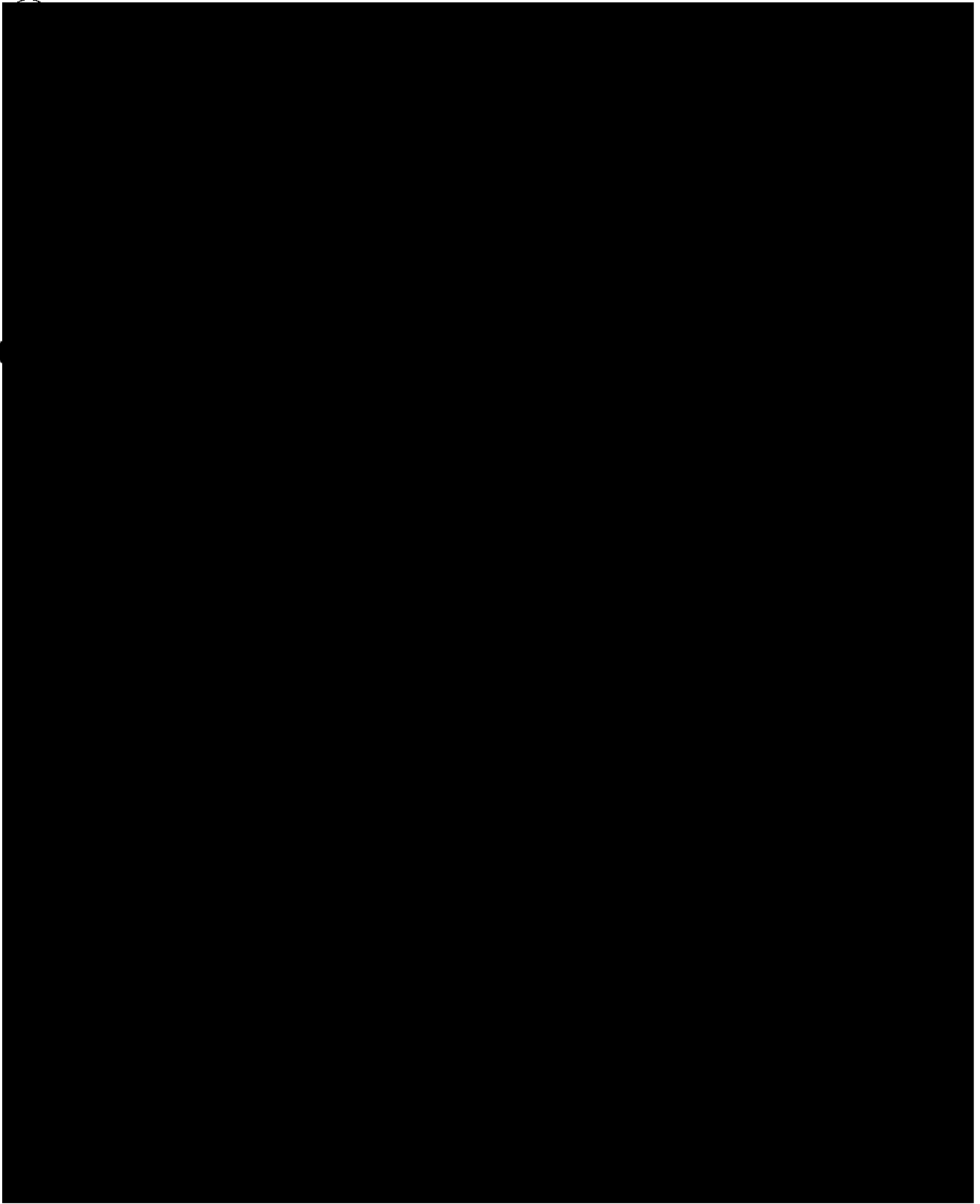
325



00137

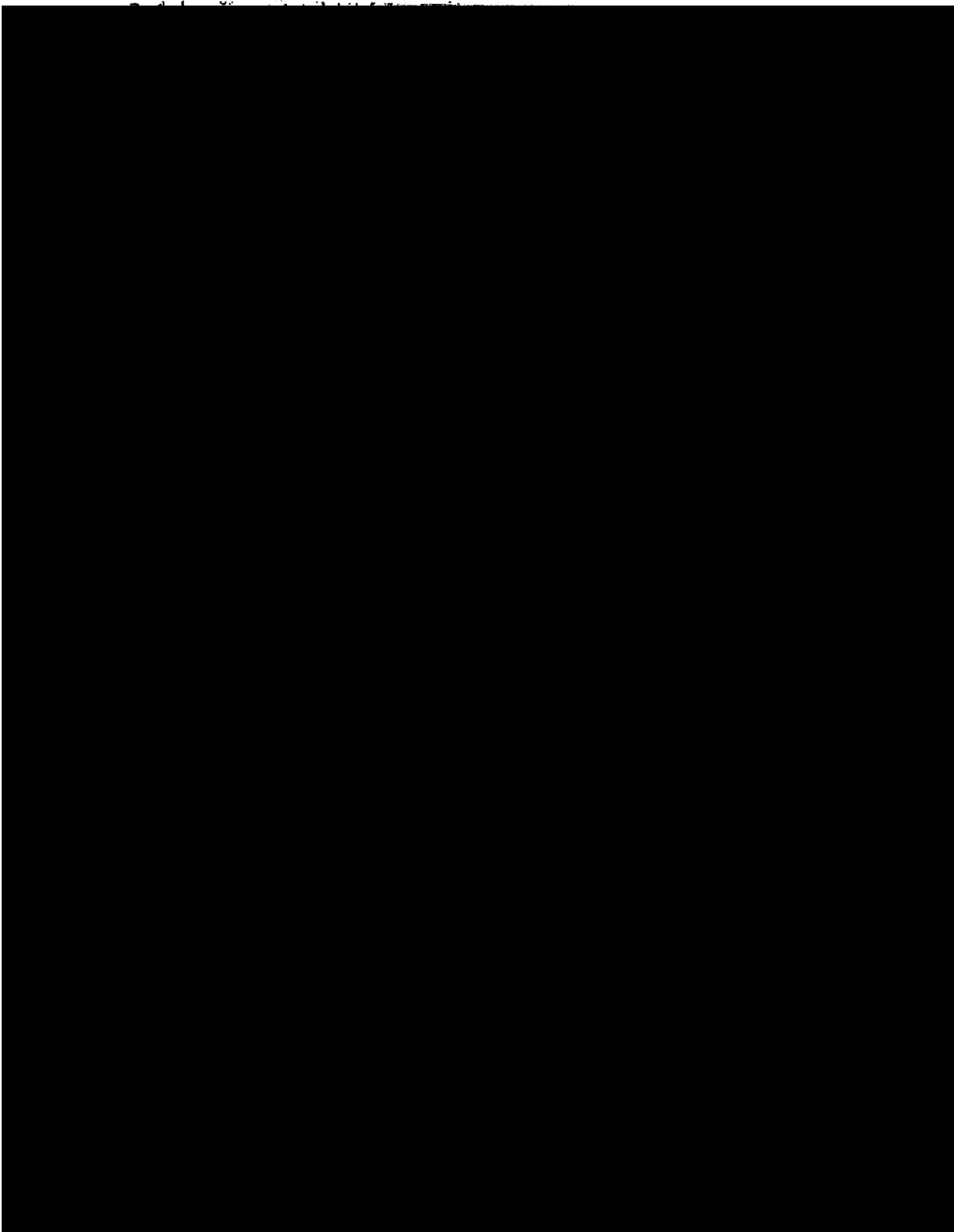
**OK
3/11/70**



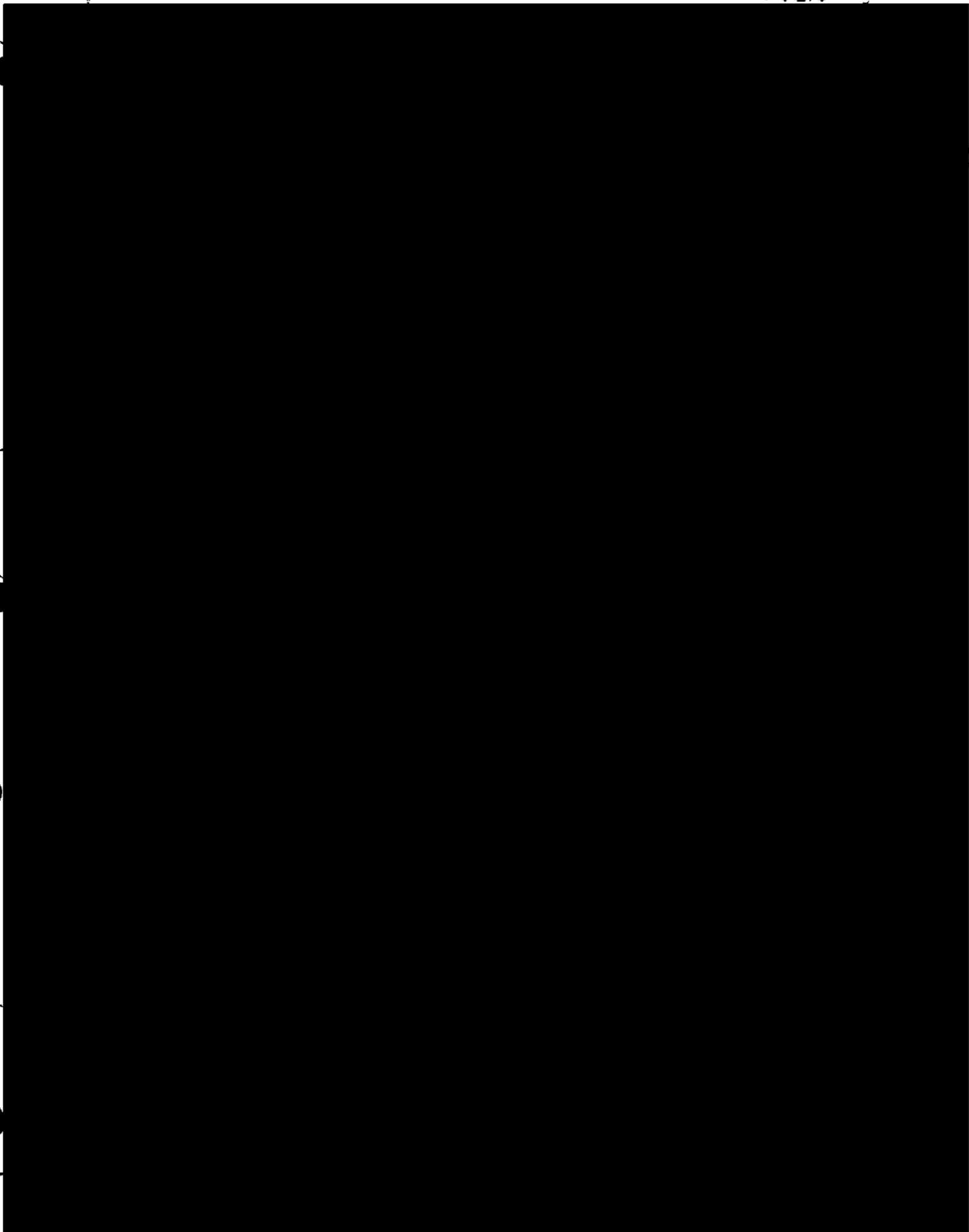


0121270
JAN 1970
JAN 1970
JAN 1970



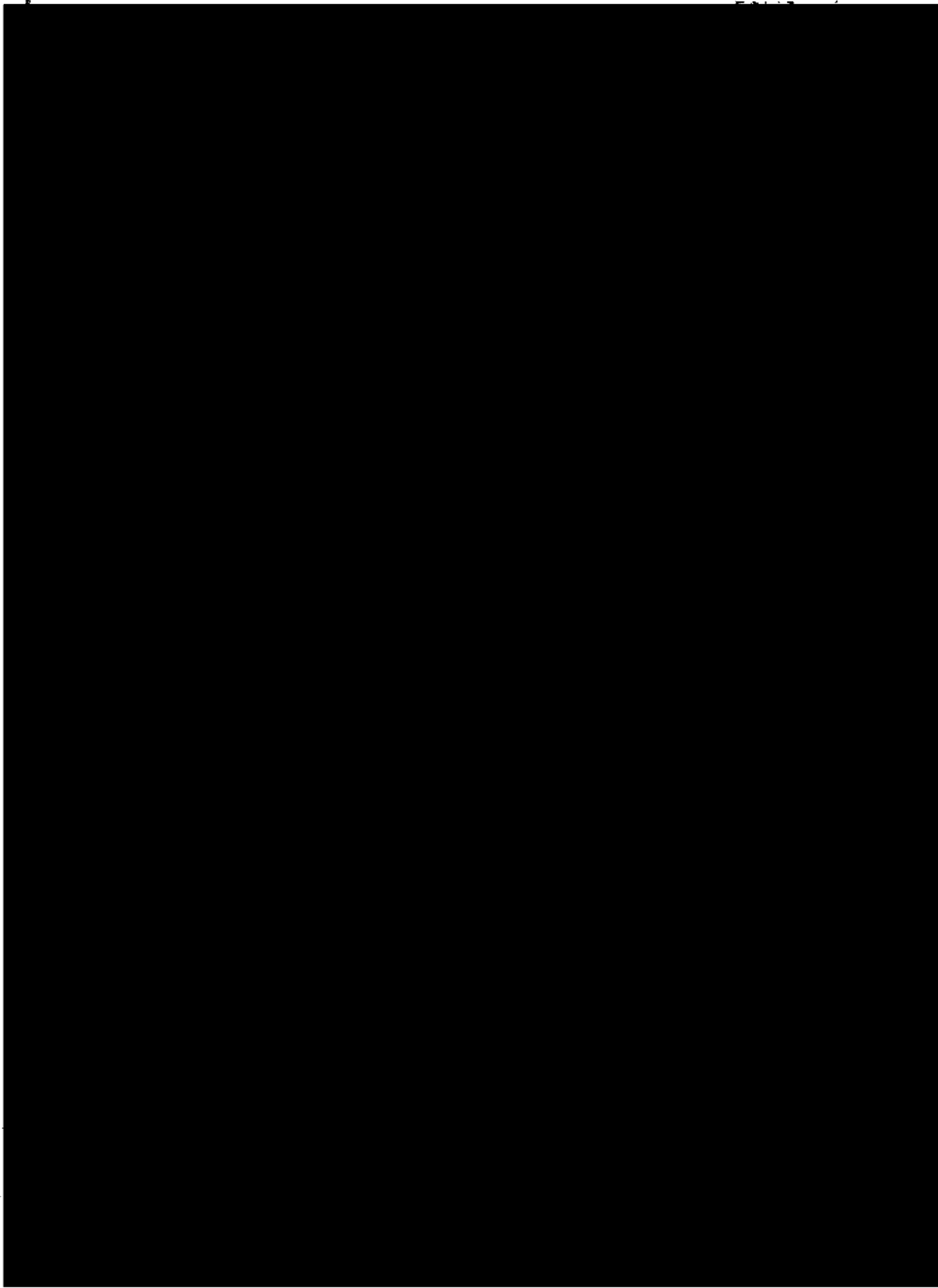






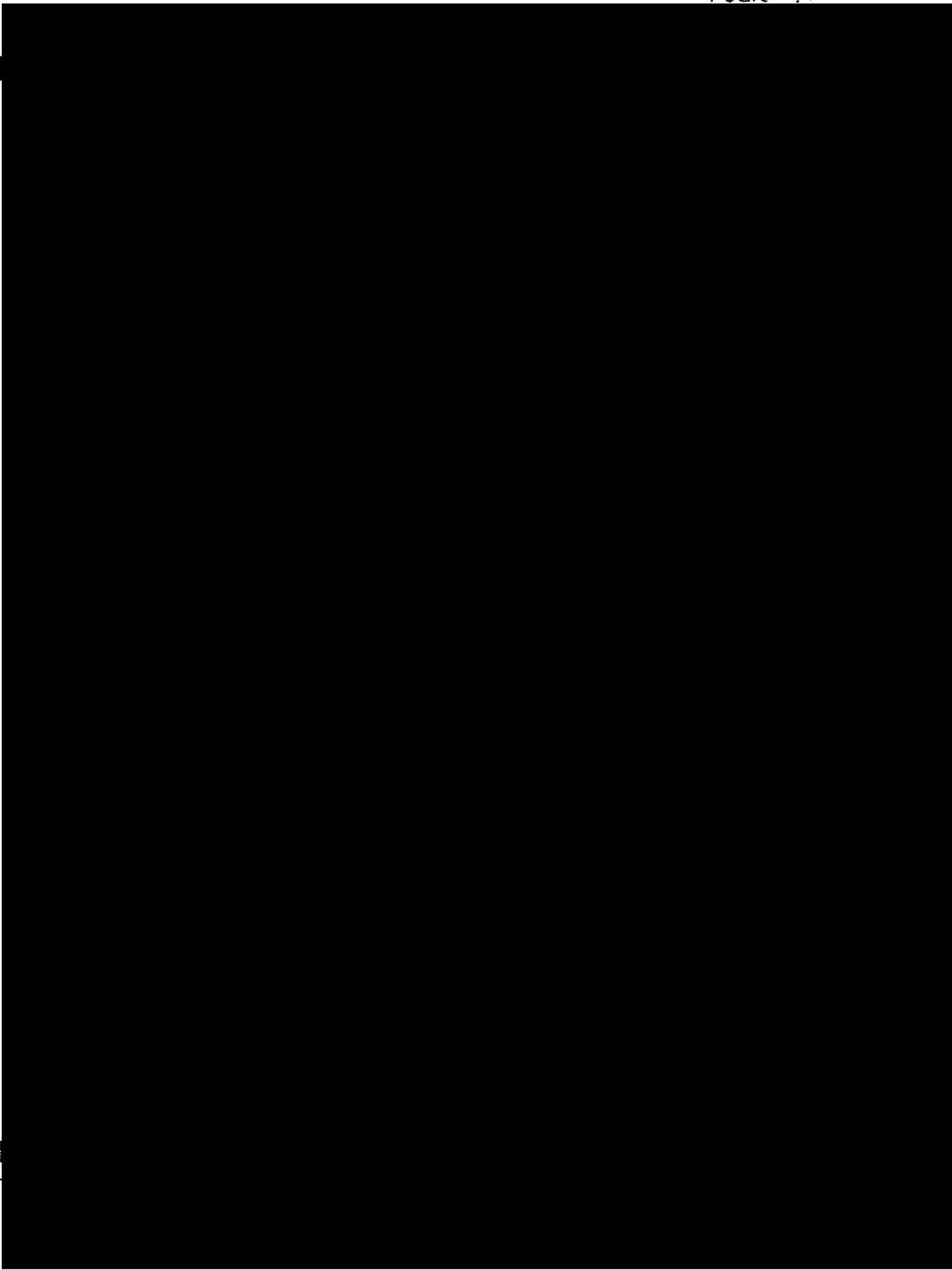
SIN TEXIO



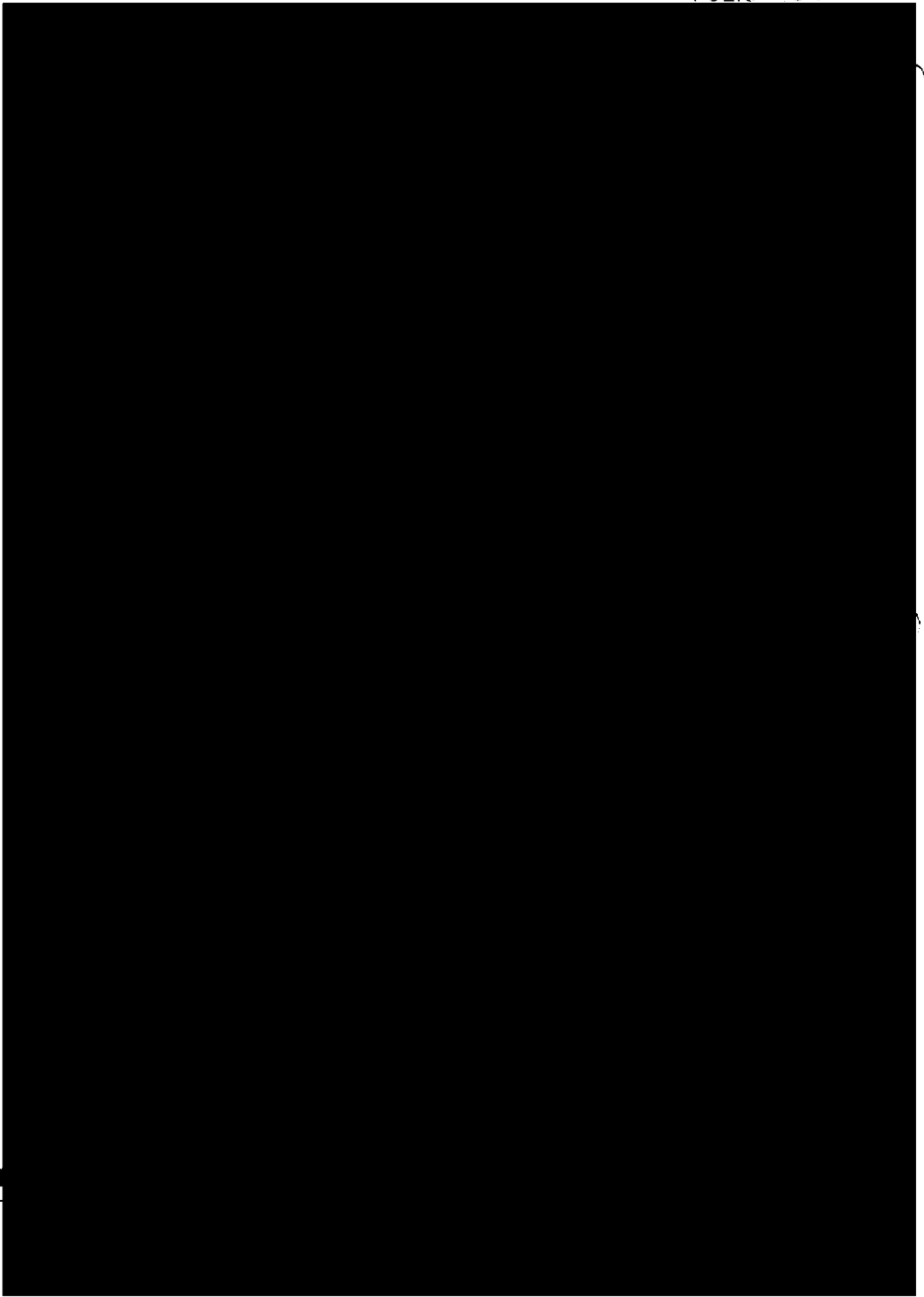


OPTIMIS

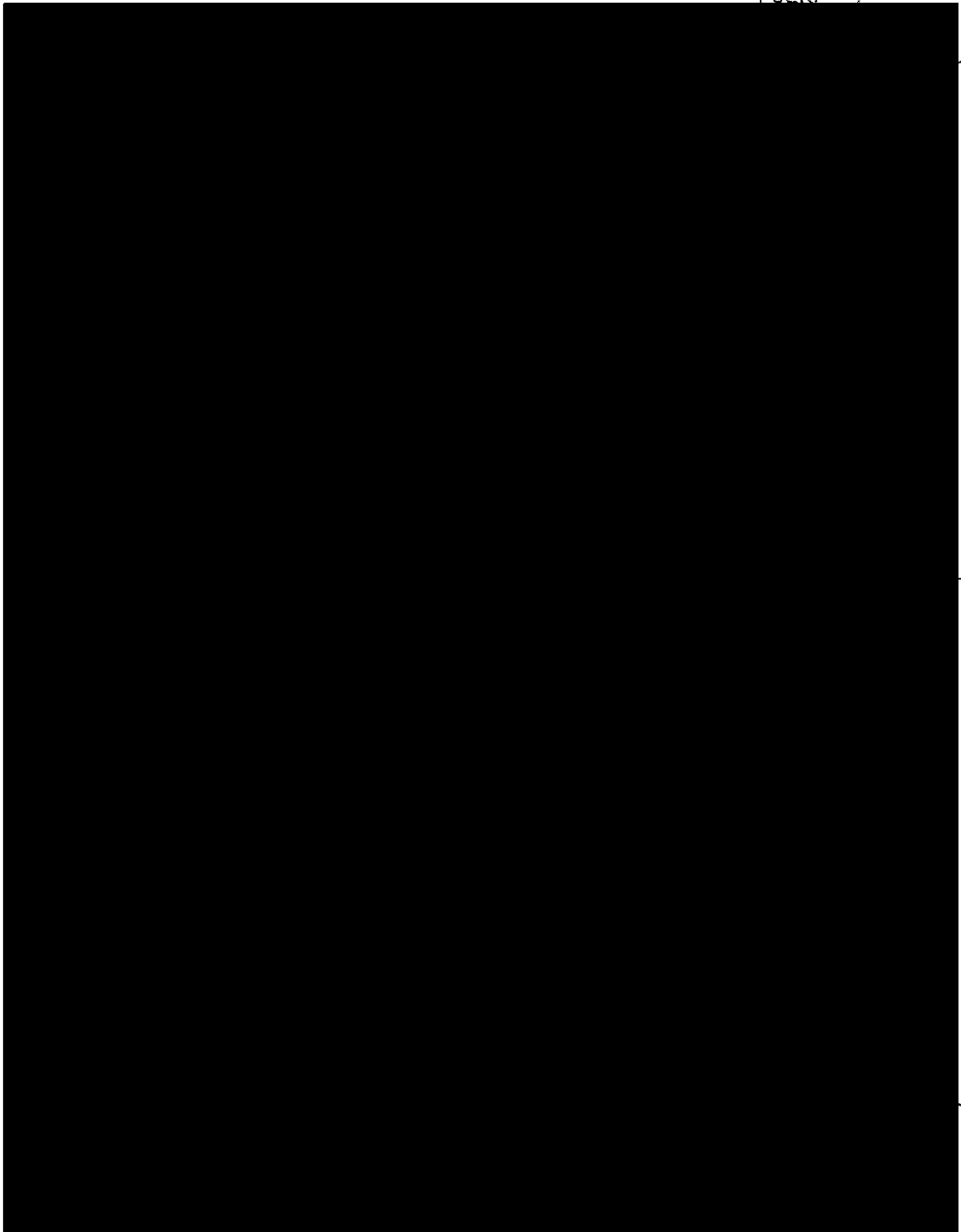






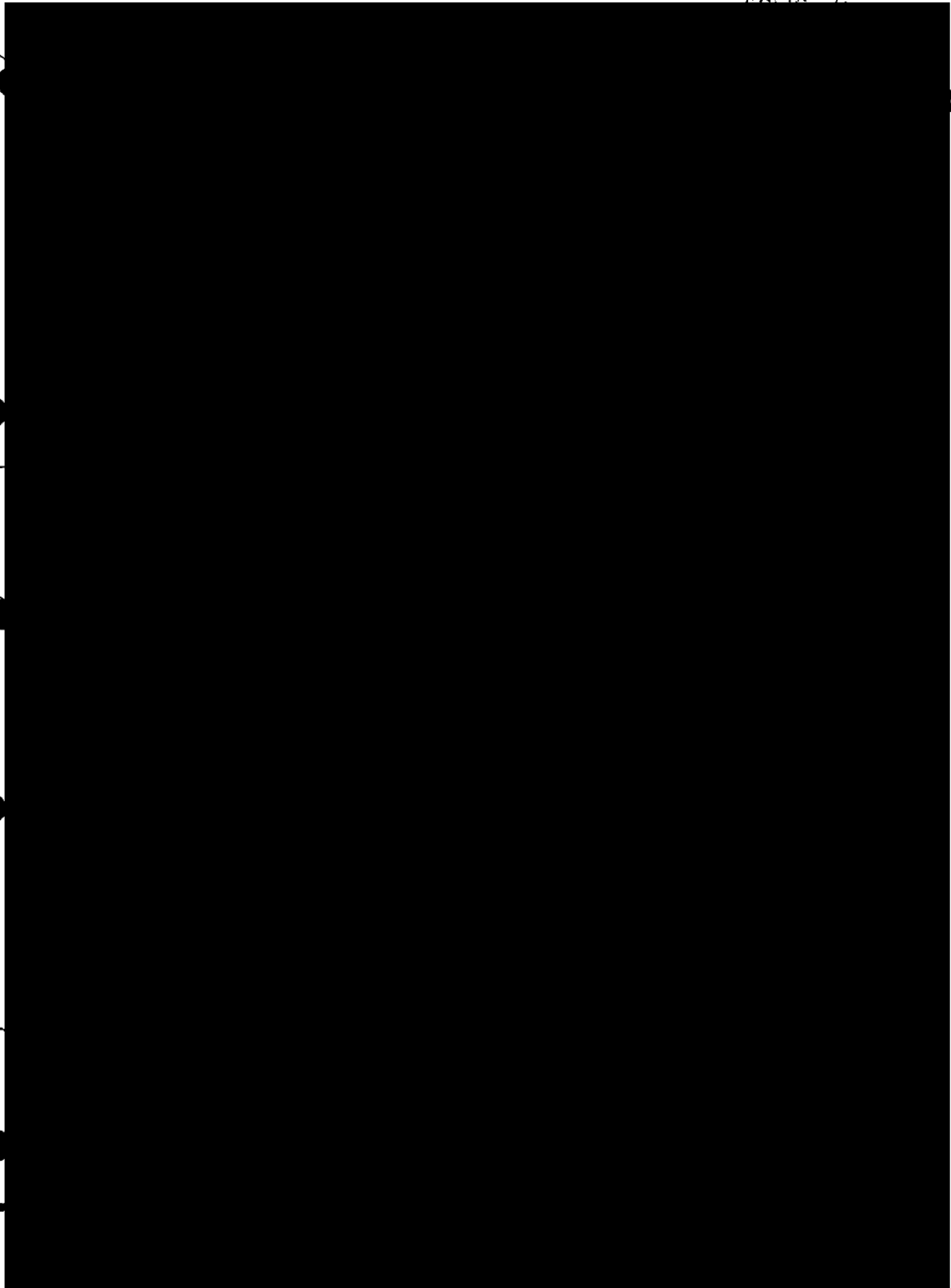






311 TEX10

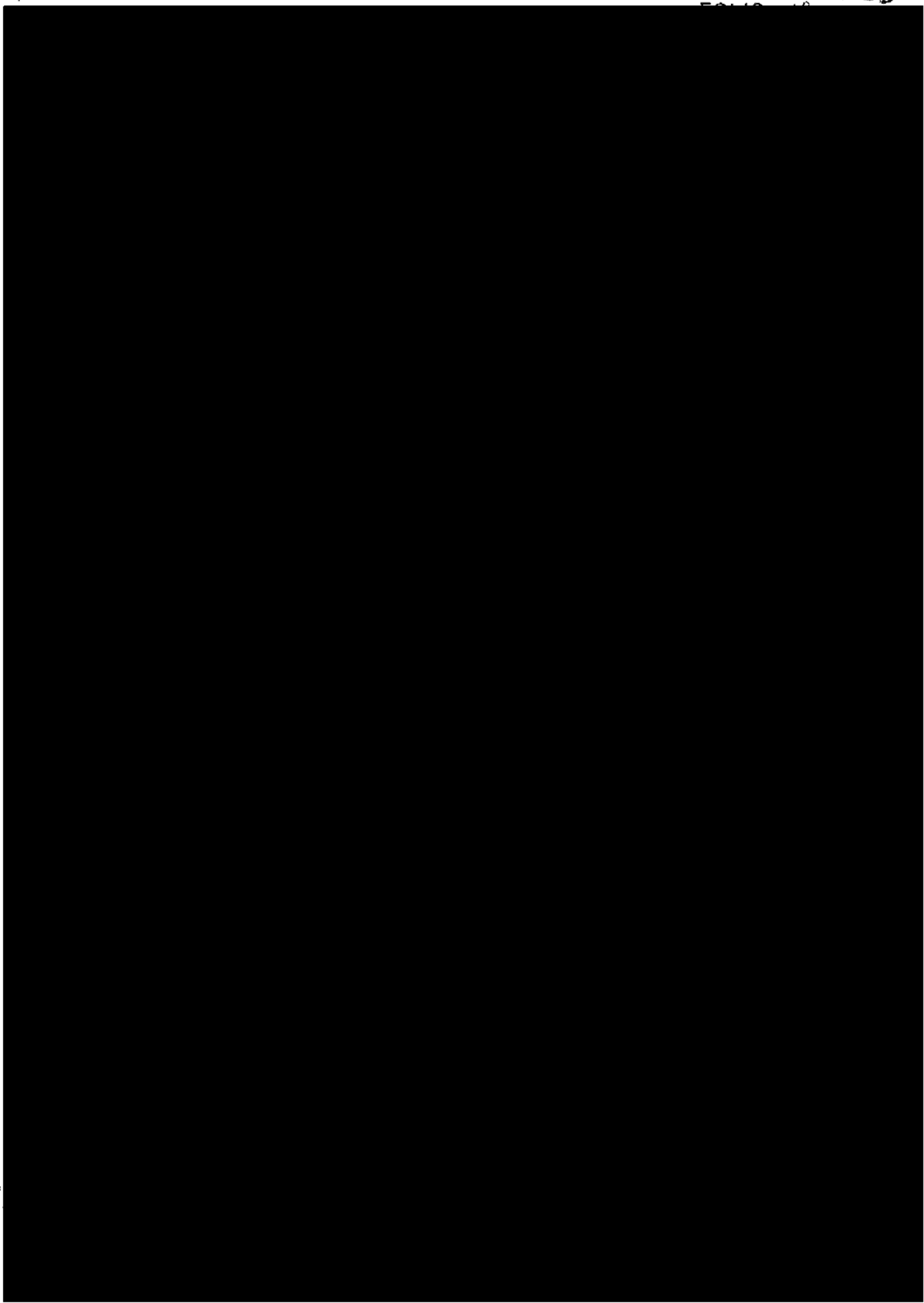




OKT 1971



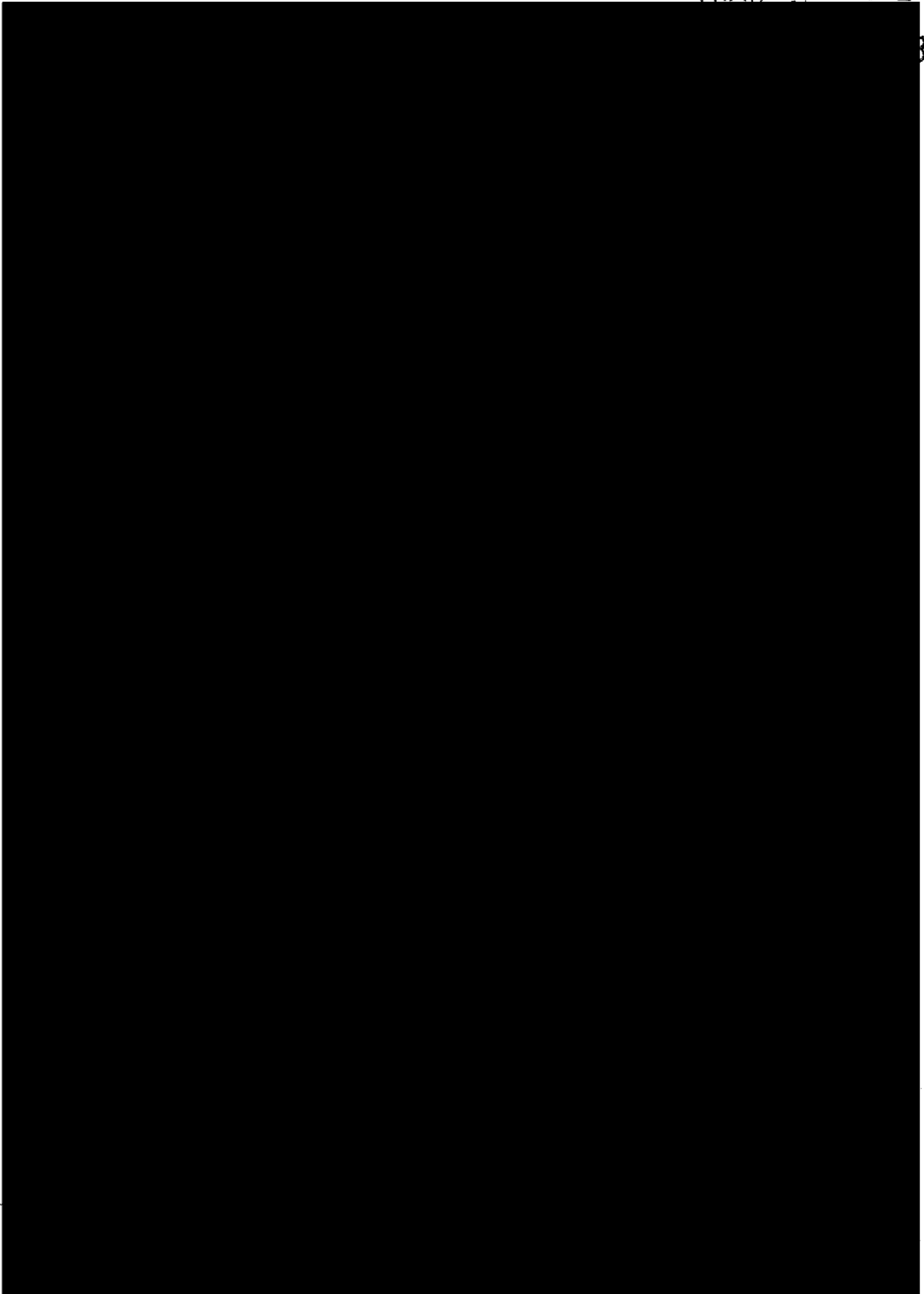
00210



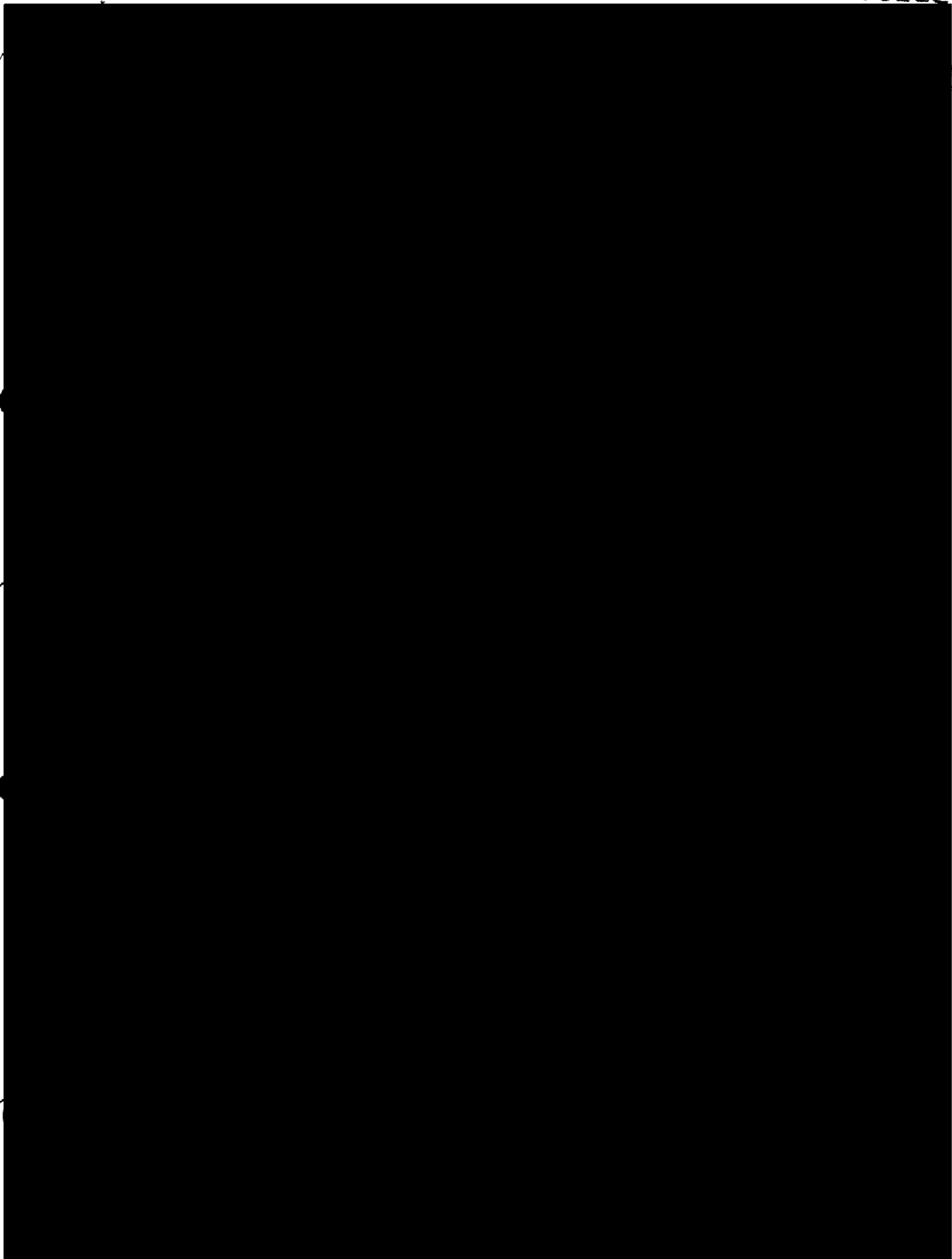
PC 11

OK
11
11
11



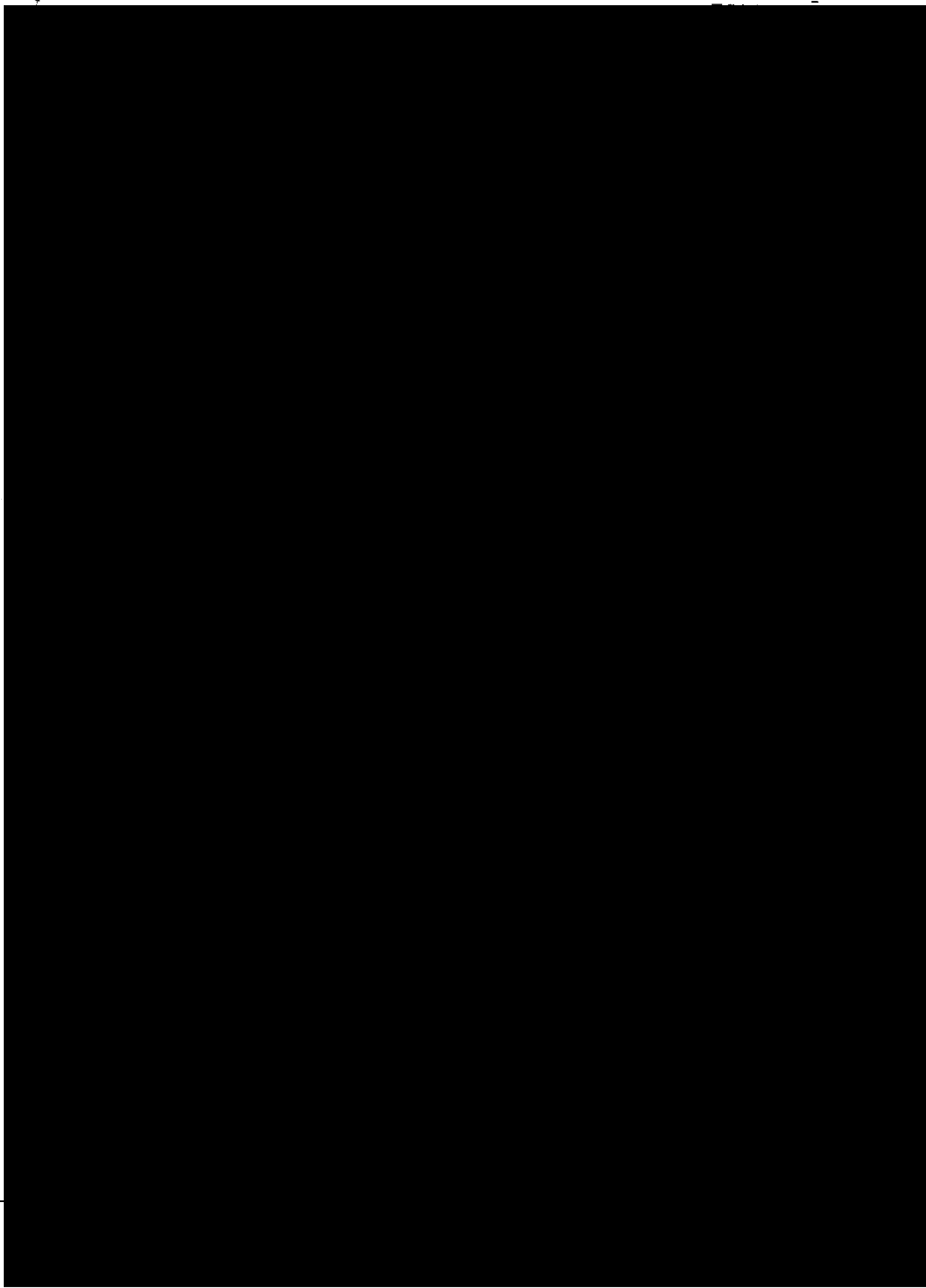






RECEIVED
JUN 14 1964
FBI
NEW YORK

RECEIVED
JUN 14 1964
FBI
NEW YORK



44-38861-249



SAN TEXID



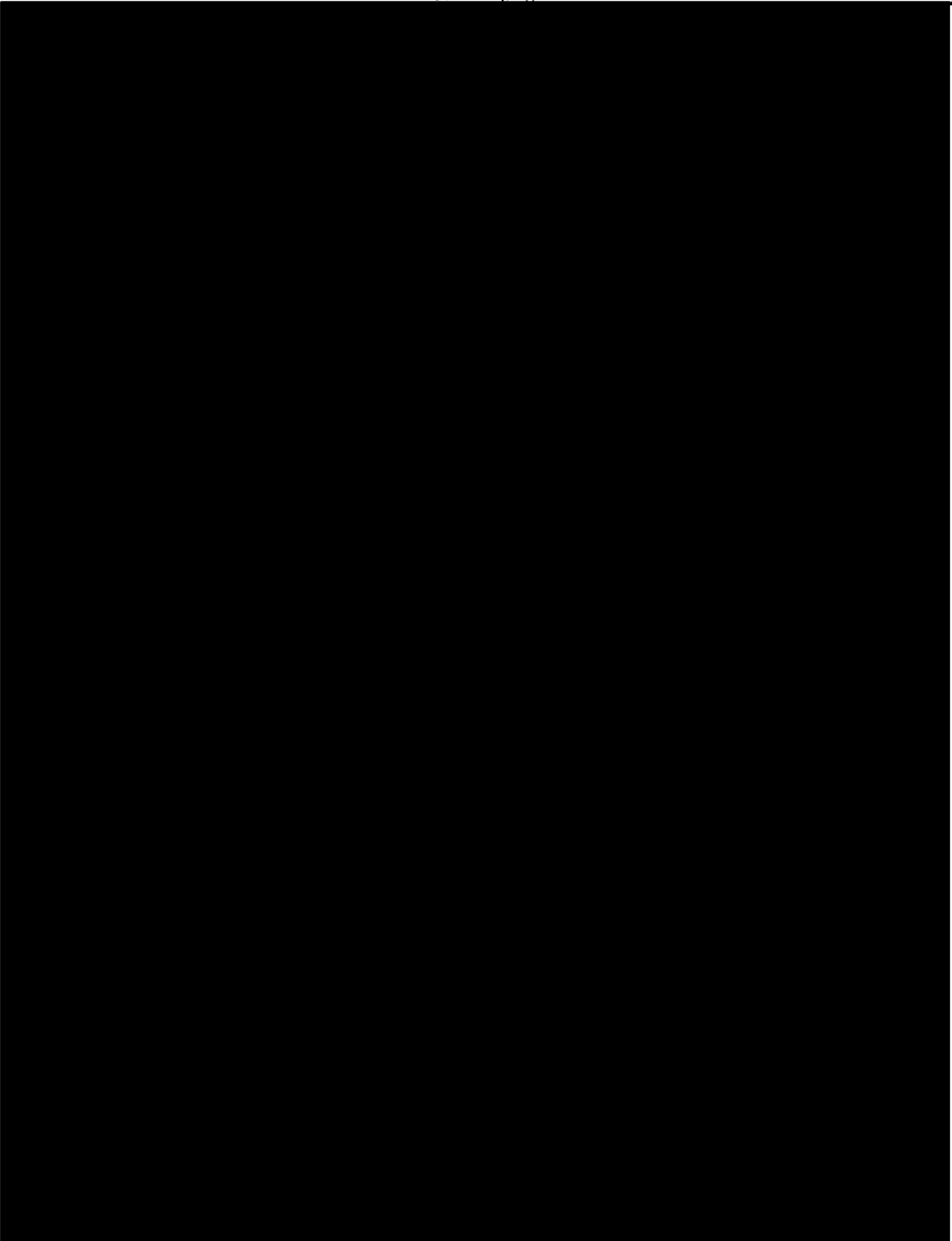
00214

50112 17

ORIGINAL TEXT

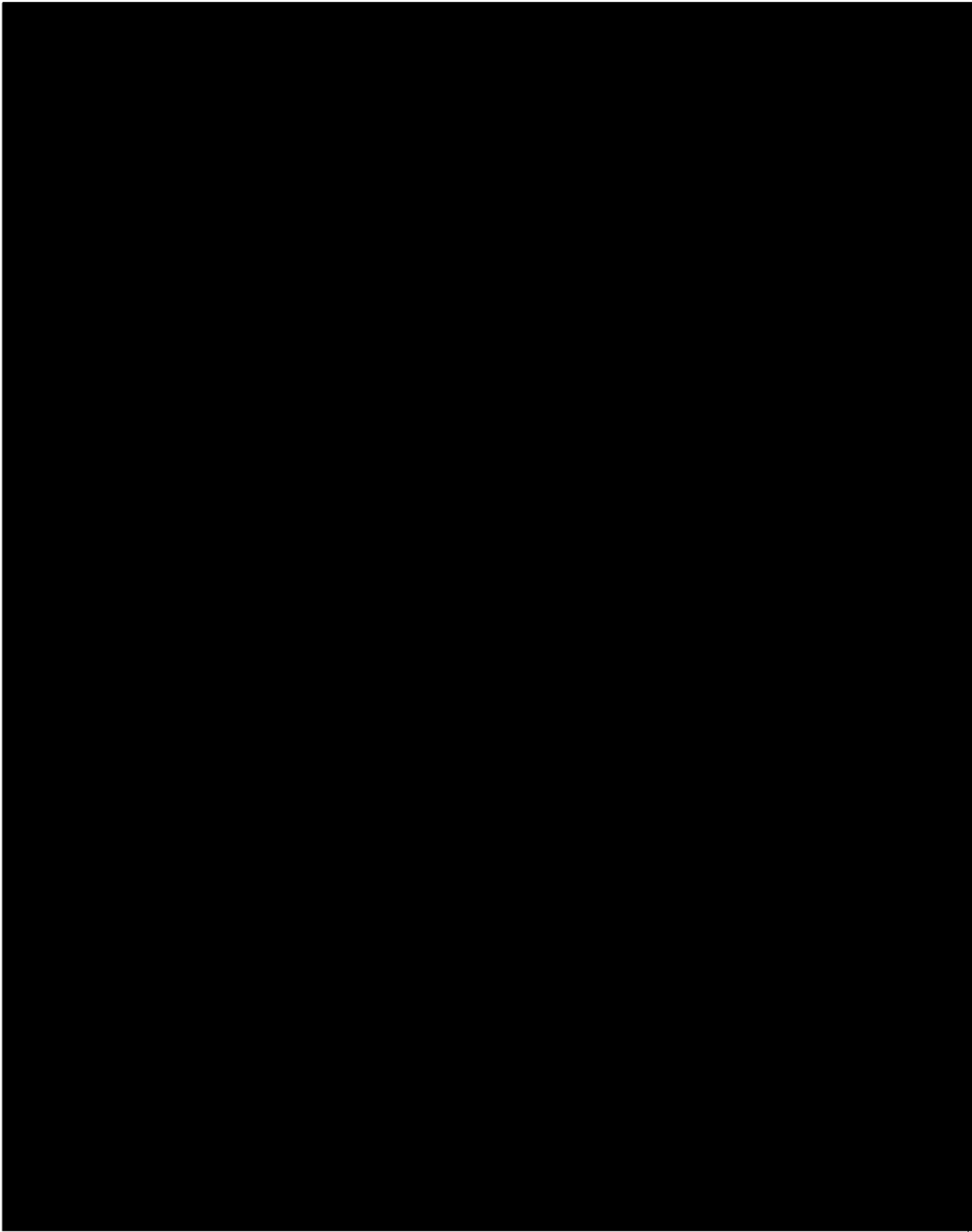


00215



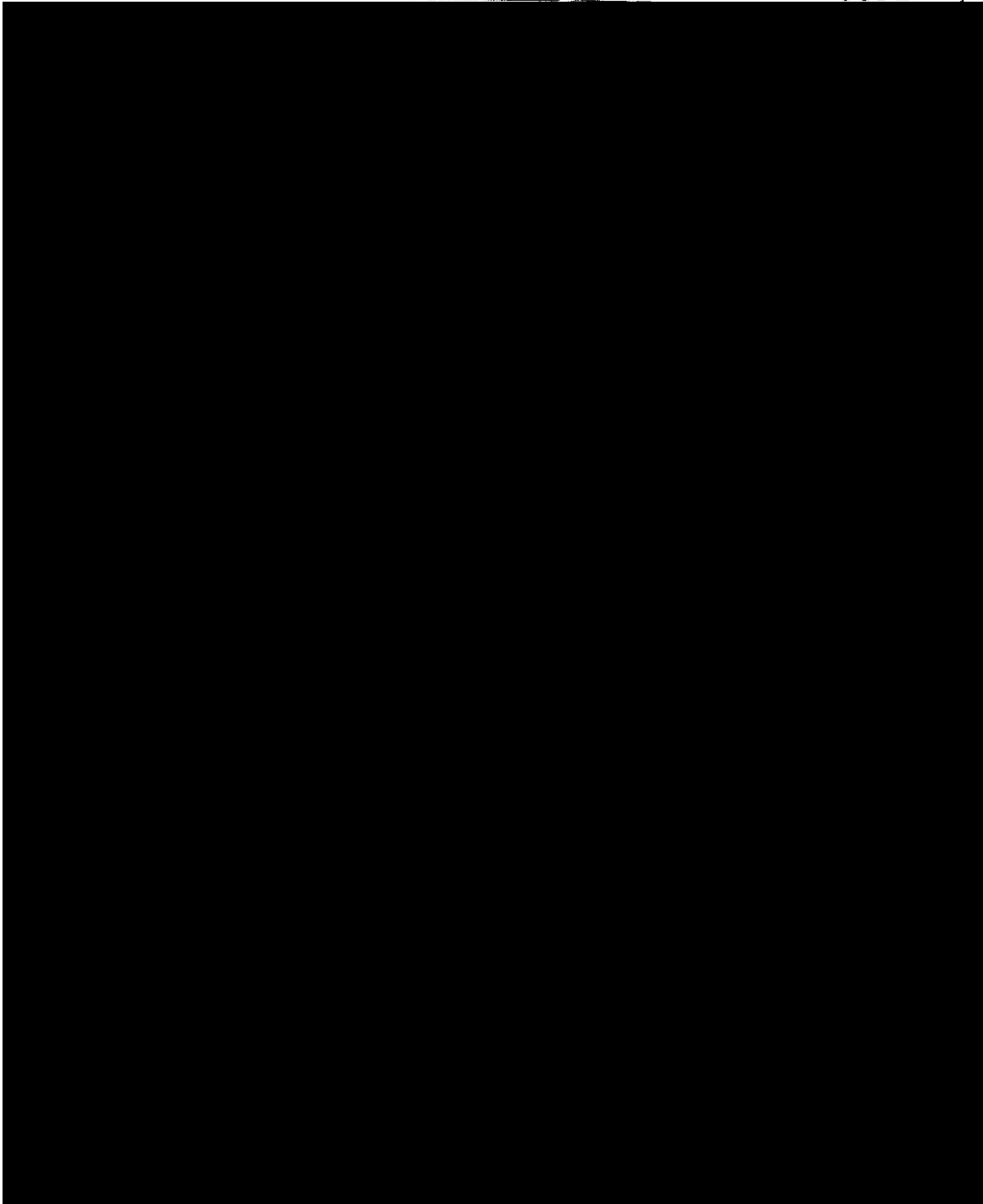
10-10-68

TEMA PENYAKIT



RECEIVED
JAN 14 1964
FBI
WASHINGTON



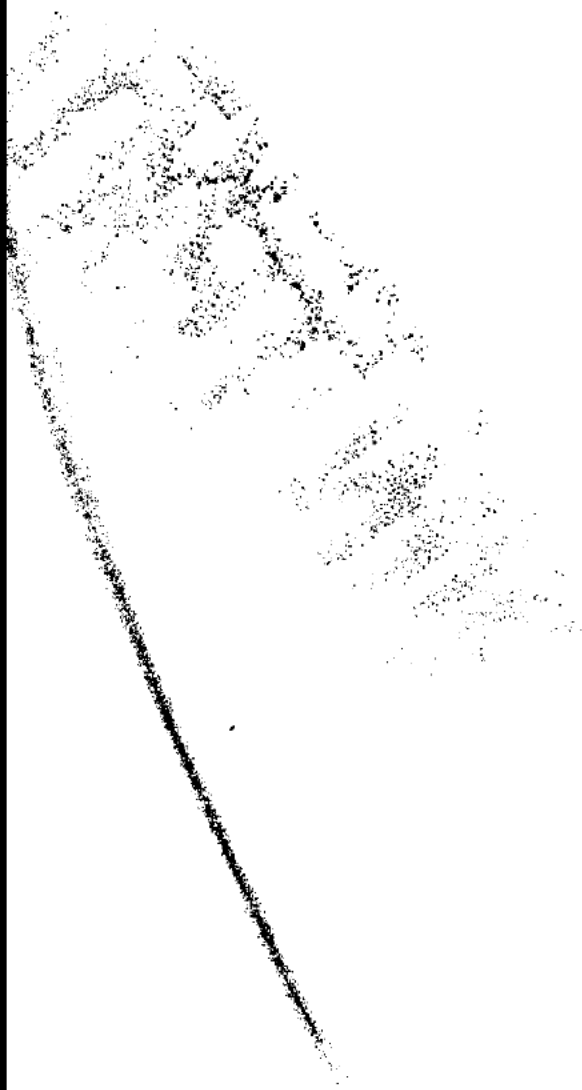


SIN TEXTO



00218

342



00154

SECRET



00219

343



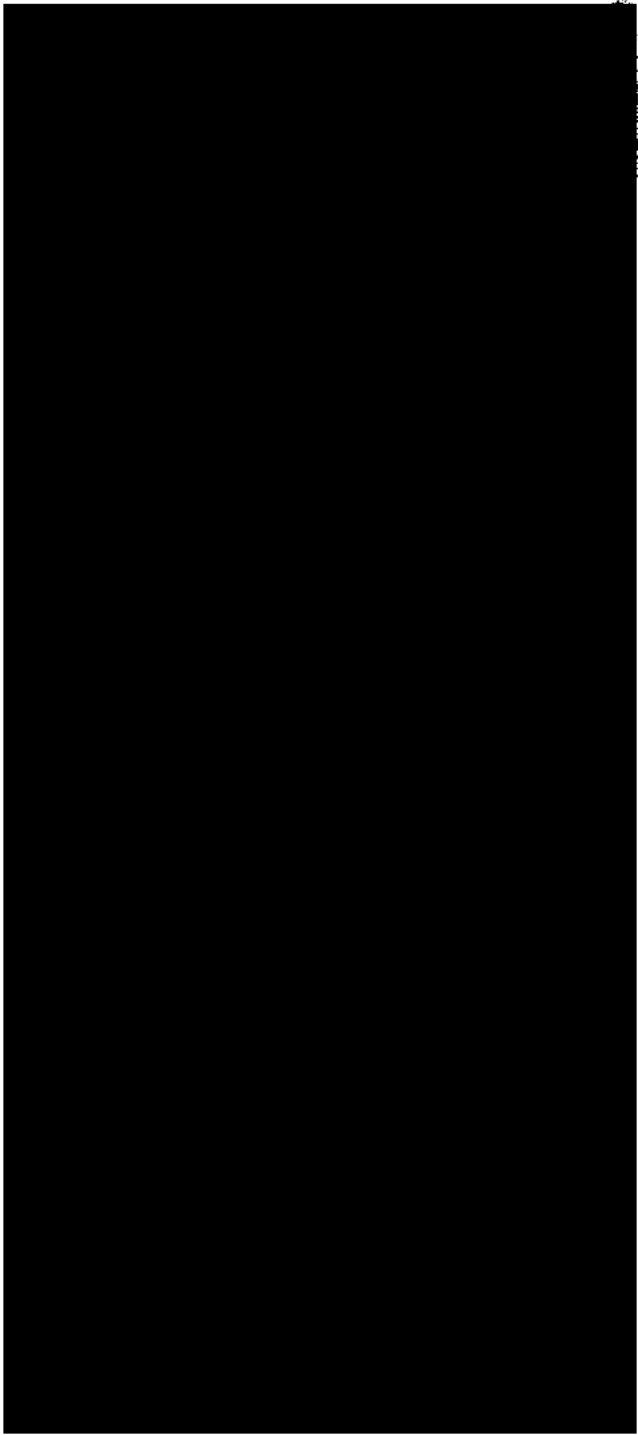
00155

SECRET
NOV 1964
NOV 1964
NOV 1964
NOV 1964

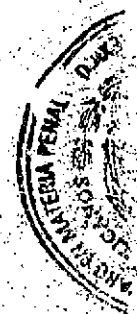


00220

344



• 00156



¹Departamento de Geología Regional, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México, D.F., México.

²Servicio Geológico Metropolitano, Dirección General de Protección Civil, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México, D.F., México.

³Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México, D.F., México.

⁴Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada, Unidad La Paz, Miraflores 334, Fracc. Bella Vista, 23050 La Paz, Baja California Sur, México.

⁵Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México, D.F., México.

* apalomo@geologia.unam.mx



RESUMEN

La Sierra de Las Cruces se localiza en la parte este del Cinturón Volcánico Transmexicano. Esta sierra constituye un límite morfológico entre las cuencas de México (2,220 m snm) y Toluca (2,400 m snm). La Sierra de Las Cruces tiene una longitud de 110 km y un ancho de 47 km en su parte norte y 27 km en su parte sur. La Sierra de Las Cruces está conformada por ocho estratovolcanes traslapados principales denominados, de sur a norte, Zempoala, La Corona, San Miguel, Salazar, Chimalpa, Iturbide, La Bufa, La Catedral, así como por otras estructuras menores, como el Volcán Ajusco. Estos volcanes tuvieron periodos alternados de actividad efusiva y explosiva desde el Plioceno hasta el Pleistoceno y han sido afectados por varios sistemas de fallas. En este trabajo se propone un modelo morfoestructural de la sierra mediante el análisis de fotografías aéreas, procesamiento digital de imágenes de satélite, modelos sombreados, mapas temáticos y trabajo de campo. Los resultados indican que la Sierra de Las Cruces está dividida en tres grandes bloques: norte, centro y sur, delimitados por fallas de dirección E-W. Estos bloques presentan diferencias de altitud, pendiente, densidad y dirección de morfolineamientos, patrones de drenaje, energía del relieve, profundidad de disección y orientación. A partir de las formas del relieve y del análisis estructural se identificaron tres sistemas de fallas principales: N-S; NE-SW y E-W. Estos sistemas de fallas han interactuado conjuntamente como fallas normales desde el Pleistoceno hasta el Reciente, por lo que se considera que su reactivación jugó un papel muy importante en el arreglo morfoestructural de la Sierra de Las Cruces y en la configuración del basamento de la cuenca de México.

Palabras claves: morfoestructura, fallas, bloques, Sierra de Las Cruces, México.

ABSTRACT

The Sierra de Las Cruces volcanic range is located in the eastern portion of the Trans-Mexican Volcanic Belt. This range constitutes a morphological boundary between the basins of Mexico (2,240 m a.s.l.) and Toluca (2400 m a.s.l.). The range is 110 km long and has a variable width of 47 km to the north and 27 km to the south. The Sierra de Las Cruces consists of eight overlapped stratovolcanoes, named from south to north: Zempoala, La Corona, San Miguel, Salazar, Chimalpa, Iturbide, La Bufa, La Catedral, and other minor structures as Ajusco volcano. These volcanoes underwent alternated episodes

SIN TEXTO



of effusive and explosive activity, from the Pliocene to the Pleistocene, during which they were affected by faulting. This study presents a morphostructural model of the Sierra de Las Cruces through the analysis of aerial photographs, digital processing of satellite imagery, shadow relief models, thematic maps, and field work. The results indicate that Sierra de Las Cruces is made of three blocks: north, central and south, bounded by E-W faults. Each block is characterized by specific altitudes, slopes, density and trends of morpholineaments, drainage patterns, relief energy, dissection depth and orientation of drainage. The landforms and the structural analysis of the rocks defined three main faults system: N-S, NE-SW and E-W. These systems have interacted as normal faults from Pleistocene to Recent times. Reactivation of these faults has played an important role in defining the morphostructural arrangement of Sierra de Las Cruces and the configuration of the Mexico basin basement.

Key words: morphostructure, faults, blocks, Sierra de Las Cruces, Mexico.

ANTECEDENTES

La Sierra de Las Cruces (SC) está delimitada por las coordenadas $18^{\circ}59'-19^{\circ}43'N$ y $99^{\circ}00'-99^{\circ}40'W$, y constituye el límite occidental de la cuenca de México. La Sierra de Las Cruces tiene una longitud de 110 km y un ancho de 47 km a 27 km en la parte norte y sur respectivamente (Figura 1). Está conformada por ocho estratovolcanes traslapados, que de sur a norte son: Zempoala (3,690 m snm), La Corona (3,770 m snm), San Miguel (3,870 m snm), Salazar (3,660 m snm), Chimpa (3,420 m snm), Iturbide (3,620 m snm), La Gula (3,450 m snm) y La Catedral (3,780 m snm), y otros de menor dimensión como el volcán Ajusco (Figura 1). La actividad volcánica de la SC abarca desde el Plioceno tardío hasta el Pleistoceno (Mooser *et al.*, 1974; Mora-Álvarez *et al.*, 1991; Romero-Terán, 2001; Osete *et al.*, 2000), y se caracteriza por la emisión de derrames de lava, extrusión de domos, emplazamiento de flujos piroclásticos, flujos de detritos y lodo, así como depósitos de avalanchas de escombros.

Hasta la fecha los trabajos realizados en la SC son variados y con diversos objetivos. Algunos se enfocan a reconocer su estructura geológica, otros muestran una cartografía volcánico-geomorfológica, y también están los que tienen como objetivo la solución de problemas geotécnicos, geohidrológicos e ingenieriles.

Entre los primeros trabajos a nivel regional, donde se hace referencia a la SC, se encuentra el realizado por Mooser (1975). Se trata del mapa geológico de la cuenca de México donde se dan a conocer las principales unidades litológicas. De Cserna *et al.* (1988) define un nuevo rasgo estructural, al SW de la cuenca de México, al cual denomina Zona de Cizallamiento Tenochtitlán. Ortiz-Pérez y Bocco (1989) realizan un estudio morfotectónico en el sector norte de la SC y la región de Ixtlahuaca, donde definen la disposición de las estructuras como las planicies de Ixtlahuaca y Toluca y la Sierra de Las Cruces, además definen una serie de bloques y tres sistemas de fallas E-W, NE-SW y N-S. Marín-Cordova y Aguayo (1989) proponen un modelo tectónico para la cuenca de México, a partir de dieciséis fallas distensivas con rumbo NE 45° – 55° SW; de este conjunto, dos de las fallas conforman la fosa que incide en la SC. Vázquez-Sánchez

y Jaimes-Palomera (1989) reconocen un conjunto de fallas normales con dirección E-W, además de la existencia de un sistema de fallas y fracturas conjugadas (N55°E), que ha estado activo desde el Plioceno y continúa hasta nuestros días; su origen lo atribuyen a esfuerzos compresivos y tensionales. Por otro lado, Mooser (1992) asocia el posible origen de la SC a fallas con sentido lateral derecho. Alaniz-Álvarez *et al.* (1998) consideran que la Sierra de Las Cruces fue emplazada sobre fallas N-S, las cuales tuvieron una tasa de deformación menor con respecto a las fallas E-W, donde se emplazó el vulcanismo monogenético.

Son pocos los trabajos en donde la SC es el objeto principal del estudio. En este marco se pueden citar los trabajos de Delgado-Granados y Martín del Pozo (1993), quienes consideran que la formación de la SC inicia en el Plioceno tardío como consecuencia de tres episodios volcánicos, el último de ellos, activo hasta el Holoceno. Estos eventos tuvieron como escenario la actual frontera entre la SC y la sierra de Chichinautzin. Mooser *et al.* (1974), establecieron que la evolución de la SC está relacionada con episodios de fallas y fracturas, así como formación de estratovolcanes; además mencionan que las estructuras volcánicas migran de manera progresiva. Romero-Terán (2001) propone que el volcán San Miguel se considere como un complejo volcánico, debido a que en realidad es una amalgama de estructuras volcánicas. Recientemente se han realizado trabajos vulcanológicos a detalle y entre ellos se encuentra el de Aguirre-Díaz *et al.*, (2006a), quienes proponen la presencia de una caldera denominada La Catedral, al norte de la Sierra de Las Cruces, mientras Capra *et al.* (2002) y Macías (2006) proponen el colapso del edificio volcánico de Zempoala, originado por presencia de fallas E-W y NE-SW.

En lo que respecta a la edad, hasta la fecha se han realizado cerca de una veintena de estudios radiométricos y paleomagnéticos en la SC, que han establecido una edad que varía entre 3.71 ± 0.40 Ma y 0.39 ± 0.16 Ma (Mooser *et al.*, 1974; Mora-Álvarez *et al.*, 1991; Osete *et al.*, 2000; Aguirre-Díaz, 2006a). Aunque algunas edades radiométricas han arrojado edades miocénicas, la actividad principal volcánica de la SC ocurrió durante el Plioceno tardío-Pleistoceno.

La mayoría de los estudios realizados en la Sierra de Las Cruces, son de carácter regional, encaminados a

SECRET
NO 10



entender la historia geológica de la cuenca de México. De esta forma existen muy pocos trabajos enfocados a las características morfoestructurales de la SC. Debido a este hecho y a la complejidad de la misma, es que existen discrepancias en la interpretación de su edad, arreglo y morfología. En este marco, la finalidad de este trabajo es proponer un modelo morfoestructural de la SC a partir del análisis de fotografías aéreas, imágenes de satélite, modelos sombreados, mapas temáticos y trabajo de campo. Con esta información se propone una división en bloques con características volcanológicas, estructurales y morfológicas propias, que permiten esta individualización.

METODOLOGÍA

Para la elaboración del mapa base de la SC se utilizaron, en formato vectorial, las cartas topográficas Tepeji del Río (E14-A18), Zumpango de Ocampo (E14-A19), Villa del Carbón (E14-A28), Cuautitlán (E14-A29), Cd. de México (E14-A39), Toluca de Lerdo (E14-A38), Tenango de Arista (E14-A48), Milpa Alta (E14-A49), Tenancingo (E14-A58) y Cuernavaca (E14-A59), todas ellas a escala 1:50,000 y elaboradas por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). A partir de la digitalización y

manipulación en Sistemas de Información Geográfica se obtuvieron: el modelo sombreado del relieve (Palacio-Prieto *et al.*, 1991), el modelo digital del terreno (MDT), y los modelos altimétrico y de inclinación del terreno. Además se realizó un procesamiento digital de las imágenes de satélite Landsat TM, con las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7. De esta manera se generaron los productos necesarios para realizar las combinaciones de falso color que se requieren en la identificación de rasgos morfolineales y unidades litológicas, para lo cual se utilizaron los métodos propuestos por Moore y Waltz (1983) y Chávez y Alcántara (1988). Por otro lado, para definir el control estructural de las corrientes fluviales que atraviesan la Sierra de Las Cruces, se realizó un análisis de los patrones de drenaje (Bloom, 1978; Guerra-Peña, 1980; Pedraza-Gilsanz, 1996). Los patrones de drenaje son buenos indicadores de las características litológicas y estructurales de una región dadas las siguientes premisas: 1) Los ríos definen sus valles de acuerdo con la estructura geológica y a lo largo de fallas y fracturas (Orlova, 1981); 2) los ríos generalmente fluyen paralelos a la pendiente regional máxima (gradiente topográfico regional); 3) todas las desviaciones que se presenten desde un patrón dendrítico o flujo en una dirección oblicua al gradiente topográfico regional son considerados como drenaje anómalo y pueden estar relacionados a discontinuidades litológicas o estructurales.



Para el presente análisis se inició con la individualización de áreas de patrones de drenaje subhomogéneo (subáreas). Para esta subdivisión se consideró inicialmente las características morfológicas regionales y posteriormente los patrones de drenaje y sus características como dirección de flujo y textura. Se tomaron en cuenta aquellas características que indican un fuerte control estructural como son: longitud del tributario, rectitud y angulosidad, entre otros. En el campo se utilizaron dos métodos de muestreo y análisis para determinar las características de las fracturas (Wheeler *et al.*, 1980): el primero, conocido como método de la cuerda, se basa en la medición del fracturamiento entre dos extremos de una cuerda de longitud arbitraria (generalmente entre 1 y 10 m); mientras que el segundo, conocido como método del círculo, considera las características del fracturamiento en una circunferencia con radio conocido. Por otro lado, para determinar el movimiento sobre planos de falla se utilizaron principalmente pliegues de arrastre, horizontes desplazados debido a que gran parte de la zona esta constituida por material volcánico y vulcanoclástico, y cuando fue posible se utilizaron escalones congruentes e incongruentes (Hobbs *et al.*, 1976; Petit, 1987) y estructuras sigmoides (Mercier y Vergeley, 1992). Concomitantemente se realizó una verificación de campo de las diferentes unidades volcánicas que afloran en el área de estudio de las cuales se definieron las características principales.

Los programas de campo utilizados para la digitalización, análisis, manipulación, representación cartográfica, análisis estadístico de toda la cartografía temática y de los datos de campo fue: ILWIS, versión 3.1; Surfer, versión 8; IDRISI, versión 32; Sphersistat, versión 2.0, toda en ambiente Windows.

MARCO GEOLÓGICO

El Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) es considerado un arco volcánico continental, con una edad del Mioceno al reciente (Ferrari *et al.*, 2000; García-Palomo *et al.*, 2000; Gómez-Tuena y Carrasco-Núñez, 2000; García-Palomo 2002). Su longitud es de 1,000 km y su ancho varía de 50 a 250 km. El relieve del CVTM consiste en una serie de planicies escalonadas que se extienden desde las costas del Pacífico en el estado de Nayarit, hasta las costas del Golfo de México en el estado de Veracruz. El origen del CVTM está relacionado con la subducción de la placa de Cocos y la de Rivera debajo de la placa de Norteamérica (Ponce *et al.*, 1992; Pardo y Suárez, 1993).

A escala regional, el CVTM se ha dividido en tres grandes sectores: el occidental, caracterizado por la intercepción de tres fosas tectónicas denominadas Tepic, Colima y Chapala; la porción central, constituida por vulcanismo monogenético de la región de Michoacán-Guanajuato; y el oriental, caracterizado por el alineamiento de grandes estratovolcanes en dirección general N-S (Pasquaré *et al.*, 1987). En la porción más oriental, el alineamiento es entre

las estructuras volcánicas Selva Negra, Las Cumbres, Pico de Orizaba, La Gloria y Cofre de Perote (Concha-Dimas *et al.*, 2005). Entre la cuenca de Puebla y México están alineados los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Telapón y Tláloc y entre las cuencas de México y Toluca está el alineamiento de la Sierra de Las Cruces.

La SC está conformada por ocho estratovolcanes traslapados, que de sur a norte son: Zempoala (3,690 m snm), La Corona (3,770 m snm); San Miguel (3,870 m snm) con una edad que varía entre 0.68 a 1.79 Ma; Salazar (3,660 m snm); Chimalpa (3,420 m snm), con una edad de 2.8 ± 0.15 a 3.04 ± 0.25 Ma; Iturbide (3,620 m snm) con edades entre $38,590 \pm 3,210$ años y 2.90 ± 0.40 Ma; La Bufa (3,460 m snm); y La Catedral (3,780 m snm) con la edad más antigua dentro de la SC que es de 3.71 ± 0.40 Ma. Esta distribución de edades en la SC está basada en edades radiométricas publicadas por diferentes autores (Mooser *et al.*, 1974; Mora-Álvarez *et al.*, 1991; Osete *et al.*, 2000; Romero-Terán, 2001; Mejía *et al.*, 2005) e indican una importante actividad durante el Plioceno y Pleistoceno, conformada por extensos derrames de lava y domos de composición andesítico-dacítica y afinidad calcálica (Gunn y Mooser, 1970). Se alternan con flujos piroclásticos de bloques y cenizas, flujos de pómez, oleadas piroclásticas, depósitos de caída, flujos de detritos y lodo, así como repetidos colapsos que originaron depósitos de avalanchas de escombros. El basamento de la SC está conformado por una variedad de rocas, al sur de la sierra y en las inmediaciones de la cuenca de México, sus productos descansan sobre calizas del Cretácico (Fries, 1960), o bien sobre rocas volcánicas de la secuencia máfica basal de 7.1 Ma, sobre la Formación Tepoztlán del Mioceno medio o la Formación Xochitepec del Oligoceno (Mooser *et al.*, 1956; García-Palomo *et al.*, 2000). Hacia la parte norte, la SC descansa sobre una serie de estructuras volcánicas del Mioceno medio que corresponden con la Sierra de Guadalupe, fechada entre 14 y 16 Ma y Sierra de la Muerta, del Plioceno tardío (Gutiérrez-Palomares, 2005). Al sur la cubren depósitos volcánicos recientes de la Sierra Chichinautzin. El origen y emplazamiento de la sierra ha sido materia de discusión, sin embargo se considera que sus productos se emplazaron a través de sistemas de fallas de dirección N-S (Mooser, 1972; Demant, 1978; Alaniz-Alvarez *et al.*, 1998).

ANÁLISIS MORFOLÓGICO

La Sierra de Las Cruces es un importante conjunto montañoso, con una elevación máxima de 3,800 m snm. La SC es la frontera entre las dos cuencas de mayor altitud dentro del CVTM, la cuenca de México (2,240 m snm) de carácter endorreico y la cuenca de Toluca (2,400 m snm).

La SC presenta dos unidades geomorfológicas principales: el relieve de montaña y el piedemonte (Figura 2 a). El relieve de montaña ocupa la parte intermedia de la SC; se trata de terrenos rocosos que se localizan a partir de los 2,950

1971



a)

m snm en las vertientes que se orientan hacia la cuenca de Toluca. En las laderas que integran la cuenca de México, los afloramientos rocosos comienzan a ser frecuentes a partir de los 2,700 m de altitud, en ambos casos se trata de valores promedio. Los terrenos montañosos se distinguen de las superficies adyacentes por su altura relativa (distancia medida desde la cumbre hasta el inicio de la siguiente unidad, el piedemonte); en cada una de las vertientes de la SC el valor es distinto: en el flanco de la cuenca de Toluca alcanza los 850 m y 1100 m en la cuenca de México, que representan valores promedio (Figura 2 a).

La existencia de contrastes altitudinales en distancias cortas y laderas heterogéneas en cuanto a longitud, geometría y orientación, son condiciones que se asocian con la existencia de un patrón de drenaje dendrítico muy denso,

así como subdendrítico con un fuerte control estructural. En ambos casos se tiene un desarrollo de cárcavas y barrancos con valles en forma de V, algunos de ellos son tan profundos que incluso llegan a interrumpir la continuidad de las montañas. En algunos casos, el proceso llega a ser tan intenso que se pierde la fisonomía original del relieve, para adoptar otra de un aspecto complejo y poco definido. En esta unidad geomorfológica, los circos de erosión y los gravitacionales representan las formas de relieve más frecuentes.

Por otro lado, el desarrollo del piedemonte en la SC es diferente en cada una de sus vertientes, lo cual tiene que ver con la altitud del nivel de base local: en la cuenca de México (2,240 m snm) esta superficie se encuentra a 160 metros por debajo de la de Toluca (2,400 m snm) (Figura 2 a). Este rasgo se traduce en el desarrollo de rampas asimé-



tricas, las orientales (cuenca de México) son más alargadas que las de occidente, integradas a la cuenca de Toluca. En el primer caso, la longitud del piedemonte es de 17 km y se dispone desde los 2,800 hasta los 2,240 m snm. En la vertiente opuesta, su longitud es de 6 km y ocupa las cotas de 2,950 a 2,600 m snm, aproximadamente. Estas diferencias tienen repercusión en la dinámica erosiva de cada flanco, así como en la variedad de las formas de relieve.

En ambos flancos, el piedemonte se reconoce como una superficie inclinada, marginal a la región montañosa (que define su límite superior). Su origen es complejo y está asociado con la alternancia de numerosas etapas volcánico-acumulativas y erosivo-desnudativas; las primeras tiene que ver con la actividad efusiva-explosiva y los productos expulsados. De esta manera, las secuencias exógeno-sedi-

mentarias y su expresión morfológica se interrumpen por series de coladas de lava, flujos piroclásticos (de bloques y ceniza), lahares o por material de caída, dando como resultado lomeríos, superficies mesiformes o en gradería.

El drenaje en el piedemonte presenta los diseños subparalelo y paralelo, en ambos casos son controlados, en mayor o en menor medida, por la morfología (inclinación gradual que se mantiene por largas distancias), la existencia de fallas y fracturas, y el tipo de materiales (detritos). La configuración subparalela está presente en zonas donde eventos volcánico-acumulativos han interrumpido la morfología de la rampa, con la existencia o emplazamiento de depósitos volcánicos más recientes (lavas y piroclastos). Esto hace que el diseño subparalelo se desarrolle al flanquear los obstáculos. Por otro lado, el patrón paralelo es resultado

31110



de un marcado control morfológico y estructural.

Los perfiles transversales de los valles en el piedemonte son en V y en U; los primeros se relacionan con sistemas fluviales subparalelos, localizados en los sectores con mayor altitud del piedemonte, sobre materiales vulcanoclásticos o en cauces donde la trayectoria está definida por una falla; en todos los casos, las laderas de los valles presentan una inclinación superior a los 45° (Figura 2b). Los segundos son característicos de patrones paralelos en donde la dirección rectilínea de los cauces obedece a un control morfológico (inclinación constante de la ladera) y al tipo de materiales (detritos). Los interfluvios asociados presentan una superficie cumbre plana o convexa con amplitud de 40 a 60 m. Las inclinaciones de sus bordes tienden a suavizarse en la medida que se acercan a su nivel base local (Figura 2b).

Considerando las características geológico-volcánicas, estructurales y morfodinámicas, se construyó y analizó un perfil topográfico trazado a lo largo del parteaguas principal de la SC, cuya interpretación indica la existencia de tres grandes bloques (norte, centro y sur) que se definen con el mapa altimétrico (Figura 2a). El límite entre el bloque norte y centro está definido por una amplia zona de falla. En primer lugar, en la parte occidental del área se reconoce a la falla Ixtlahuaca (Ortiz-Pérez y Bocco, 1989) que tiene una orientación E-W, longitud de 30 km y 6 km de ancho y a la cual se asocian una serie de fallas secundarias con arreglos en *échelon* y relevo. En la zona de falla se pueden identificar escarpes, facetas triangulares y bloques escalonados. La prolongación hacia la SC es con la falla Otomí, propuesta en este trabajo, la cual tiene uno de sus mejores afloramientos en el entronque de la autopista México-Lechería con Ixtlahuaca, Edo. de México. En esta región, la falla Otomí presenta una amplia zona de deformación caracterizada por brechas y harina de falla, pone en contacto a rocas volcánicas de edad distinta, y se le estima un desplazamiento vertical mínimo de 100 metros. Se asocian fallas secundarias con un arreglo en *échelon*. Sobre los planos de falla se reconocen indicadores cinemáticos como estructuras sigmoides y estrías, ambas en posición vertical, además de desplazamientos de horizontes guía y basculamiento de los depósitos vulcanoclásticos. Más hacia el oriente, la falla Otomí se releva con la fosa de Barrientos, estructura constituida por un conjunto de fallas normales, orientadas ENE y E-W y con buzamiento al N y S (Mooser, 1992; Flores-More, 2006; García-Palomo *et al.*, 2006a).

El límite entre el bloque central y sur es por medio de una zona compleja de fallas con orientación E-W. Hacia la cuenca de Toluca es conocida como fallas Tenango (Mooser y Maldonado-Koerdell, 1961; Bloomfield, 1974; García-Palomo *et al.*, 2000; Norini *et al.*, 2006). Los rasgos morfológicos sobresalientes son: escarpes bien conservados y con facetas triangulares, valles en forma de "V", disposición rectilínea de los escurrimientos, deflexiones en la trayectoria de los cauces, *pressure ridges* y cuencas *sag ponds* (García-Palomo *et al.*, 2000). El sistema Tenango se releva hacia el este con las fallas Xochimilco y Jicomulco

de orientación E-W (Siebe *et al.*, 2004; Colín-Rodríguez, 2006), estas últimas conforman, junto con la falla La Pera (Delgado-Granados, *et al.*, 1995), un pilar propuesto por Siebe *et al.* (2004) y estudiado a detalle por Colín-Rodríguez (2006), quien lo nombró como pilar de Chichinautzin.

La Figura 3 muestra una serie de perfiles y gráficos que fundamentan la existencia de los tres bloques mencionados. En la Figura 3a están representadas (escala 1:1) las principales estructuras volcánicas y de deformación frágil, que inician en el sur con el volcán Zempoala y terminan en el norte con el volcán Catedral.

La Figura 3b es una sección exagerada verticalmente (3:1), en donde se reconoce un total de tres bloques morfoestructurales, dos de ellos se identifican como pilares (A y B) en medio de ellos existe un bloque hundido que representa lasosa (C). En los extremos del perfil se definen escalones y desniveles importantes asociados a fallas normales que a su vez delimitan los pilares tectónicos. En el mismo perfil se observan cuatro fases de incisión fluvial (I-IV) que responden a las características geológicas, tectónicas y exógenas del territorio; este último aspecto tiene relación con las superficies de nivelación denudativas (aparecen en línea punteada). El territorio afectado por los distintos agentes de modelado (fluviales, gravitacionales, etc.) aparecen sombreados. Por último, los arcos superiores en trazo discontinuo indican la deformación original (Kostenko, 1985).

Los estilos morfoestructurales representan la expresión del relieve y ponen en evidencia movimientos relacionados con su origen: verticales, horizontales o separación del terreno (Figura 3c y 4). A partir de esta caracterización es posible diferenciar las estructuras denudativas de las denudativo-estructurales. En el primer caso, la estructura geológica se expresa con claridad en la superficie terrestre y la transformación exógena no logra enmascararla (sistema lineal de pilar simétrico y basculado; sistema lineal de pilar; sistema alterno de pilares simétricos y fosas asimétricas, y sistema isométrico de bloque). En el segundo caso indica que se ha perdido considerablemente la relación morfológica con las estructuras que las originaron, pero aún conservan su individualidad general (sistema alterno de pilares y fosas con intenso fracturamiento interno y sistema basculado de bloques escalonados) (Hernández-Santana *et al.*, 1994).

La energía del relieve representa la diferencia altitudinal entre la curva de nivel más alta y más baja, medida en un área de 1 km²; este registro se realizó a lo largo de toda la porción cumbre de la SC y a escala 1:50,000, con curvas de nivel a cada 20 metros. Los desniveles que se obtienen (valores altos) tienen relación con la actividad tectónica y con los factores necesarios para generar procesos energéticos, en especial los gravitacionales (Lugo-Hubp, 1991). Los factores que condicionan la diferencia altitudinal son: tipo de roca, la presencia de fallas, la inclinación y geometría del terreno, entre otros.

La Figura 3d muestra los valores de energía del relieve como un indicador del proceso tectónico-erosivo al que el

SECRET



OK



relieve estuvo sujeto. En esta misma Figura se explican las alturas relativas (contrastes) con la existencia de edificios volcánicos: relieve volcánico-acumulativo (Zempoala, 525 m; La Corona, 300 m; San Miguel, 250 m; Salazar 325 m; Chimalpa e Turbide 300 m y Catedral, 200 m). No obstante, existen sectores donde la diferencia de alturas relativas corresponde a una respuesta tectónica-erosiva. Esta situación se observa al sur del bloque sur (A), donde los valores de energía del relieve son superiores a 500 m; este sector corresponde al sistema de bloques pilar y fosa con intenso fracturamiento interno. El bloque centro (C) es otro ejemplo: mantiene en promedio un desnivel de 300 m y la existencia de dos estilos estructurales. Por último, en el extremo norte del bloque norte (B) el desnivel es de 350 m y se asocia a una falla normal del sistema basculado de bloques escalonados.

La profundidad de la disección valora el trabajo erosivo de los ríos en la vertical, es decir la distancia del *tahweg* y la ruptura de pendiente más representativa y próxima a la ladera inferior del valle (Zamorano, 1990; Simonov, 1999). La captura de datos se realizó en áreas de 1 km² y en mapas a escala 1:50,000. Los valores son expresados en metros y los factores que condicionan este proceso son: capacidad erosiva de una corriente de agua (en función de la cantidad de sólidos que acarrea), la existencia de contactos litológicos, fallas, fracturas y movimientos tectónicos (Orlova, 1981; Simonov, 1999).

En la Figura 3e se observa que la profundidad de la disección presenta valores bajos, entre 10 y 20 m de profundidad, incluso en terrenos de montaña donde está justificado el poder erosivo de los escurrimientos. Esta aparente anomalía, tiene que ver con la existencia de ma-

terial permeable: lavas recientes o muy fracturadas que inhiben los escurrimientos, como las que se observan en las inmediaciones de los volcanes la Corona y San Miguel, con valores de profundidad de disección entre 10 y 20 m. En el flanco sur del bloque A, las profundidades de hasta 30 m están asociadas a zonas con fuerte influencia tectónica; una situación similar se presenta en el extremo norte del bloque B, donde la profundidad llega a ser de 40 m.

Bloque norte

El sector norte presenta resaltes topográficos generales por debajo de los 3,600 m y sólo en pequeñas cimas se alcanzan los 3,600 m, como en el Cerro La Paloma (3,720), Las Navajas (3,710), Negeni (3,770) y Las Cruces (3,660) (Figura 2). Está constituido por los volcanes La Bufa, "Rehilete" (Mooser, 1992), Turbide y La Catedral, que en conjunto con otras estructuras presentan una orientación N40°W. En imágenes de satélite y fotografías aéreas se logra identificar importantes colapsos de los edificios volcánicos hacia el SE y una alineación de domos al NW. El emplazamiento de abanicos piroclásticos y lahares varía ampliamente, pero presentan su distribución hacia el NE y E, donde están influenciados de manera importante por estructuras volcánicas antiguas, así como por un control estructural como la caldera de Atizapan (Mooser, 1992), la Sierra de La Muerta (Jacobo-Albarrán, 1985), Sierra de Guadalupe (García-Palomo *et al.*, 2006b; Servicio Geológico Metropolitano, 2005; Fosa Tula-Mixhuca (Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005; García-Palomo y Guerrero-Orozco, 2006).

3M TEXTIO



Por otro lado, el comportamiento estructural y litológico ha generado el desarrollo de diversos patrones de drenaje en esta región. Las principales redes tienen longitudes desde 20 hasta 40 kilómetros y cabeceras extensas que alcanzan las cimas de la sierra, algunos ejemplos son los ríos: Los Sabios, San Jerónimo, La Ladera, San Pedro y La Bufa. Este drenaje está ampliamente desarrollado y forma ramales de cauces con longitudes de 0.5 a 3 km, de tercer y cuarto orden, de régimen perenne e intermitente. En este bloque se reconocen cinco subzonas definidas por los siguientes patrones de drenaje.

Subzona NI. Comprende la porción este del bloque y está constituida por rocas piroclásticas y vulcanoclásticas reconocidas en el presente trabajo como provenientes del volcán Iturbide. Se caracteriza por una alta concentración de drenaje, de textura fina y un patrón de drenaje que varía de dendrítico, enrejado hasta recto. Generalmente sigue la dirección de la pendiente regional, la cual varía de 12° a 24° , pero con anomalías debido a la presencia de la caldera de Atizapán (Figura 1), que es una estructura colapsada y cortada por fallas NW-SE. El diagrama de rosas obtenido en la medición de las corrientes indica una tendencia predominante $N30^\circ E$ y de manera subordinada $N30^\circ W$ y E-W (Figura 5). Estas tendencias son similares a fallas con la misma dirección medias en la región, por lo que se define un fuerte control estructural del drenaje.

Subzona NII. Se encuentra en la parte centro y norte del bloque, en donde afloran derrames de lava y rocas piroclásticas del volcán La Catedral. La concentración de drenaje es alta y de textura fina, con patrones de drenaje dendrítico, recto y angular principalmente; las longitudes de las corrientes de orden superior son largas, hasta de varios kilómetros. En general, las corrientes siguen la pendiente del terreno, que tiene valores entre 12° a 24° y 30° a 45° , pero existen varias zonas con drenaje anómalo debidas a la intersección de fallas y fracturas y a la presencia de estructura volcánicas que sirven como contrafuerte y desvían las corrientes, como la Sierra de la Muerta y la zona de fallas La Catedral (Figura 5). La dirección predominante es $N40^\circ E$ y de manera subordinada $N40^\circ W$.

Subzona NIII. En esta subzona se encuentra emplazado el domo La Bufa, así como un amplio abanico de productos piroclásticos provenientes de dicha estructura. Se caracteriza por una alta concentración de drenaje, pero de textura menos fina que las dos anteriores; existe más espaciamiento entre las corrientes, indicando posiblemente rocas con mayor permeabilidad. El drenaje es dendrítico, paralelo y recto, con grandes longitudes que siguen direcciones preferenciales NE-SW durante largos trayectos, lo que indica un control por fallas o fracturas en la región, aunado a la pendiente que varía de 12° a 24° y de 30° a 45° .

Subzona NIV. Esta subzona tiene características similares a la anterior, aunque se diferencia ligeramente por la dirección de la corriente y por presentar un patrón más dendrítico, con tendencia predominante de $N30^\circ E$.

Subzona NV. Se encuentra en la ladera oeste del vol-

cán La Bufa, donde fueron emplazados amplios abanicos de flujos de detritos y de bloques y cenizas, los cuales fueron reconocidos en imágenes de satélite y fotografías aéreas y comprobados durante el trabajo de campo. La concentración de drenaje es moderada y de textura media. El patrón de drenaje es subdendrítico, asimétrico y curvo en algunas regiones, con longitudes moderadas. El drenaje sigue la pendiente, que varía de 30° a 45° , pero con anomalías debido a la presencia de fallas. El patrón de drenaje presenta dos direcciones preferenciales $N80^\circ E$ y $N80^\circ W$. El límite entre el bloque norte y el centro es un complejo arreglo de fallas E-W, constituido por las fallas Ixtlahuaca, Otomí y la fosa de Barrientos.

Bloque centro

El bloque central está comprendido por dos regiones altimétricas. El extremo sur, constituido por las cimas más altas de la SC, las cuales están por encima de los 3,600 m, dentro de las que destacan el Muñeco (3,870 m) y el Gavilán (3,780 m), con una orientación principal $N15^\circ W$. El extremo norte está delimitado por el cerro El Gavilán, límite en que comienza a descender la altura de los 3,780 a los 3,400 m, hasta El Coyote (3,520 m), lugar donde nuevamente se tiene un ascenso en el relieve. Las cimas en este extremo no sobrepasan los 3,300 m y su orientación en la porción meridional es NW, mientras que las de la otra porción presentan una orientación E-W. En general, el bloque muestra un hundimiento importante con respecto a los bloques norte y sur. La porción central la integran los volcanes Chimalpa, Salazar y parte del complejo San Miguel (Mooser *et al.*, 1974; Romero-Terán, 2001), con importantes construcciones de domos alineados N-S y NE. La máxima distribución de sus productos piroclásticos es hacia el NE.

El bloque centro presenta una alta densidad de corriente, cuya red de drenaje parece estar controlada por la fallas o fracturas debido a que tiene longitudes que van de los 5 a 20 km, con ramales cortos de segundo orden. En este bloque se reconocieron tres subzonas, las cuales están caracterizadas por los siguientes patrones de drenaje (Figura 5):

Subzona CI. Se localiza en la parte sur de los volcanes Catedral e Iturbide, caracterizados por la presencia de rocas piroclásticas y lahares. Presenta un drenaje moderado con textura media y patrones de drenaje que varían de dendrítico, dendrítico asimétrico y paralelo, con trayectorias largas de las corrientes de orden superior; también se caracteriza por tener trayectorias curvadas y rectas. Estas variaciones del drenaje se consideran anómalas y responden a dos características de la zona, como son la variedad de rocas que afloran en la región, y la presencia de fallas y fracturas que generan basculamientos y por consecuencia variación de la pendiente, provocando cambios abruptos en la dirección y patrón de las corrientes. Un claro ejemplo se presenta en la porción oriental de la ciudad de Ixtlahuaca, donde el drenaje presentaba una dirección hacia el oeste y debido al

OK

1973



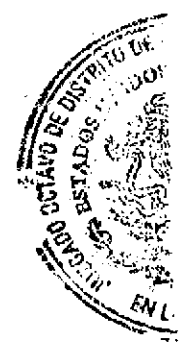
basculamiento hacia el sur originado por la falla Ixtlahuaca, la dirección del curso del drenaje cambió en ese mismo sentido, formando un drenaje curvado (Figura 5).

Por otro lado, la dirección preferencial del drenaje en la subzona C1 tiene direcciones preferenciales entre $N10^{\circ}E$ a $N20^{\circ}E$ y de manera subordinada de $N30^{\circ}E$ a $N40^{\circ}E$, trayec-

toria muy similar a la observada en la zona NIII. Entre ambas zonas se forman tributarios principales de aproximadamente 45 km de longitud, por lo que se considera que entre ambas existe una amplia zona de fallamiento con dirección NE-SW, la cual denominamos aquí como la zona de fallas La Catedral. La presencia de esta zona de fallas es corroborada

43

RECEIVED
FEB 14 1964
U.S. DEPT. OF JUSTICE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D.C.



en campo, donde se tienen amplias zonas de deformación; por ejemplo, sobre la carretera a Juiquipilco en la región de Las Palomas, al oeste del Volcán La Catedral, sobre flujos de bloques y cenizas se reconocieron indicadores cinemáticos como: estructuras sigmoides de diferentes tamaños en arreglo anastomosado generalmente en posición vertical, estrías con un *pitch* vertical y estructuras de *Riedel* asociadas a los planos de falla. Todos estos elementos indican una zona de fallas normales.

Subzona CII. Esta región engloba a la parte principal y laderas occidentales de los volcanes Salazar y Chimalpa. Se caracteriza por una densidad de drenaje moderada, de textura media y con patrones de drenaje radial, angular enrejado y dendrítico. Esta variación obedece a las diferentes litologías como flujos de lava y piroclásticos, así como a la presencia de estructuras volcánicas menores y fallas. La tendencia principal obtenida en el diagrama de rosas es N40°W y en menor proporción, E-W y NE-SW.

Subzona CIII. Se encuentra en las laderas orientales de los volcanes Chimalpa y Salazar, donde afloran abanicos de gran espesor formados por flujos de detritos y de lodo, principalmente, y en menor cantidad flujos de pómez y bloques y cenizas. El drenaje es poco denso, muy espaciado y de textura gruesa, con trayectorias largas y curvadas en dirección NE. Existen anomalías en el drenaje debido al control estructural de las fallas NE-SW, como las de Satélite, Hipódromo, Río Mondo y Contreras, entre otras (Mooser, 1975; de Cserna *et al.*, 1988).

Bloque sur

La Sierra de Las Cruces en su porción sur está caracterizada altimétricamente por las cimas de los volcanes La Corona (3,720 m) y Zempoala (3,780 m), cuyos picos presentan una alineación N-S y están separados por pequeñas depresiones con desniveles menores a los 200 m (Figura 2). Geológicamente está constituida por los volcanes La Corona, Zempoala (Fries, 1960) y el complejo volcánico San Miguel (Mooser *et al.*, 1974; Romero-Terán, 2001), orientados en un eje N-S y caracterizados por colapsos de gran extensión dirigidos hacia el sur (Macías, 2006).

La disposición de las estructuras volcánicas determina un patrón de drenaje radial centrífugo, con longitudes cortas de 2 a 3 km y con ramales de primer orden, aunque también se desarrollan patrones debido a la influencia tectónica, como el de tipo angular que se observa en los ríos Chalma y Tlalpujahuilla y el de tipo paralelo con orientación E-W. En este bloque se reconocieron principalmente cuatro subzonas, con características de drenaje muy diferente (Figura 5), estas son:

Subzona SI. Se localiza en el extremo occidental del volcán San Miguel, donde aflora parte de la estructura principal del volcán San Miguel (Romero-Terán, 2001), y está caracterizada por domos, derrames de lava, conos de escoria y derrames de lava del campo volcánico de Chichinautzin.

La textura del drenaje es gruesa, espaciada y se caracteriza por un patrón de drenaje dendrítico, principalmente, generalmente angular. La dirección de las corrientes muestra una tendencia E-W.

Subzona SII. En esta subzona se encuentra parte de la estructura del volcán San Miguel y el volcán La Corona. Tiene mayor densidad de drenaje y éste es menos espaciado, con predominio de los patrones dendrítico y radial. La direcciones obtenidas fueron E-W, NE-SW y N-S.

Subzona SIII. Existe un gran variedad de patrones de drenaje en esta región debido a dos razones principales: el afloramiento de una gran variedad de rocas (García-Palomo *et al.*, 2000) y la presencia de bloques delimitados por fallas con dirección E-W y basculamiento hacia el sur. En la región donde afloran derrames de lava jóvenes del campo volcánico de Chichinautzin, el drenaje no está integrado, es corto y de textura gruesa, mientras que en regiones donde afloran rocas volcánicas miocénicas (García-Palomo *et al.*, 2000), el patrón de drenaje varía de dendrítico y paralelo a radial, con una textura gruesa y más integrada. La dirección preferencial obtenida es N-S, debido al basculamiento de los bloques, delimitados por las fallas E-W.

Subzona SIV. Este bloque no presenta un drenaje integrado, ya que generalmente es de trayectoria corta debido a que las rocas que afloran son predominantemente derrames de basalto altamente permeables, pertenecientes al campo volcánico de Chichinautzin; en la región donde se encuentran los conos de escoria llegan a presentarse patrones de drenaje subparalelo y asimétrico. Las corrientes tienen una dirección predominantemente N-S y están controladas por el pilar de Chichinautzin, con orientación E-W y delimitado por las fallas Xochimilco y La Pera. Este bloque es asimétrico y está basculado hacia el sur, debido a que el drenaje y los derrames de lava emplazados sobre este pilar tienen trayectorias más largas hacia la parte sur que hacia la porción norte.

El análisis del drenaje y las direcciones que presenta indica que las tendencias principales en las tres zonas es compatible con las direcciones de fallas N-S, NE-SW y E-W, por lo tanto tiene un fuerte control estructural (Figura 5). Resultados similares fueron obtenidos para la parte norte de la Sierra de Las Cruces (Ortiz-Pérez y Bocco, 1989).

Análisis del mapa de morfolineamientos

Para la identificación de los morfolineamientos se utilizaron fotografías aéreas, filtrajes direccionales en imágenes de satélite y diferentes modelos de relieve iluminados con diferente trayectoria para resaltar los morfolineamientos perpendiculares a dicha dirección de iluminación. Además se utilizaron criterios geomorfológicos, como redes lineares del drenaje, escarpes rectos, contraste en tonalidades, alineación de estructuras volcánicas, acantilados, cambios de pendientes, taludes y variaciones altimétricas. De este análisis se reconocieron un total de 972 morfolineamientos.

SIN TEXTO

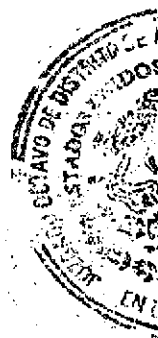


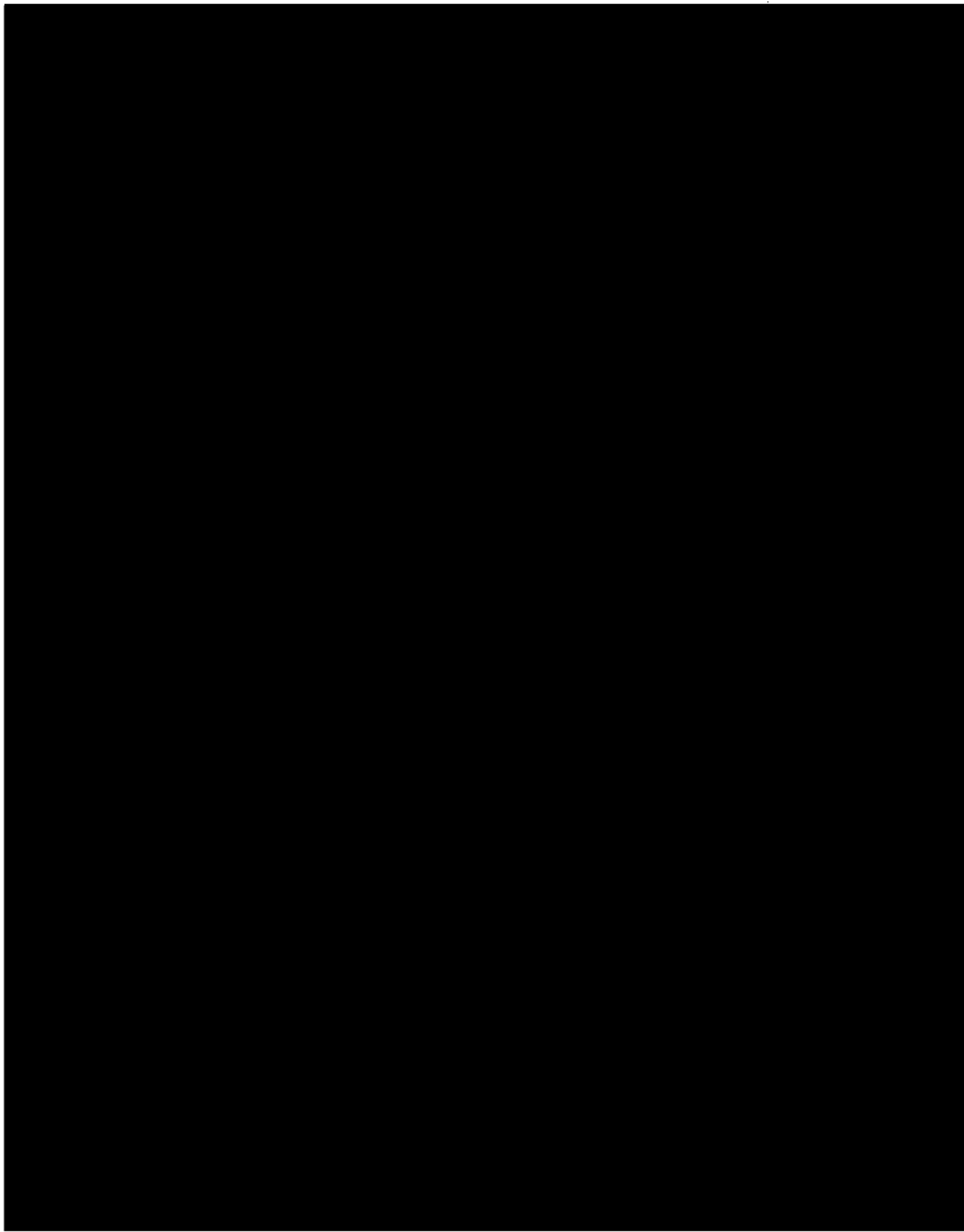
Éstos se analizaron en diagramas de rosas, a partir de lo cual se lograron identificar tres orientaciones principales: N-S, NE-SW y E-W, mostradas en el recuadro de la Figura 6a, las cuales posteriormente fueron corroboradas en trabajo de campo (Figura 6 a, Tabla 1).

La orientación N-S varía entre los $N15^{\circ}$ W a $N20^{\circ}$ E y representa el 35% del total de morfolineamientos, sin embargo, es importante resaltar que las tendencias $N20^{\circ}$ E, corresponden con estructuras secundarias asociadas a los morfolineamientos principales; el sistema NE-SW varía entre los $N45^{\circ}$ E a $N65^{\circ}$ E y abarca un 24%; y por último la orientación E-W, que se encuentran entre $N75^{\circ}$ E a $S80^{\circ}$ W, con un 41% del total. Del mapa de morfolineamientos

se desprende que los tres sistemas de morfolineamientos (N-S, NE-SW y E-W) están presentes tanto en el bloque norte como en el centro, mientras que en el bloque sur son predominantes los morfolineamientos con dirección E-W (Figura 6a, recuadro). Por otro lado, se realizó un inventario de los morfolineamientos que sirvió como base para generar el "mapa de densidad", el cual muestra la longitud de morfolineamientos que existen por unidad de área (Figura 6b). Se obtuvieron los valores y se establecieron ocho rangos para la densidad de morfolineamientos, los cuales son (en $\text{km}/25\text{km}^2$): 0-3; 3-9; 9-14; 14-20; 20-26; 26-32; 32-38 >38. En la Figura 6b se muestra que la mayor densidad de morfolineamientos corresponde con el bloque norte, donde

10
K
A
M
A
S





SECRET



local de estructuras volcánicas en dirección N-S, como los domos localizados en el volcán San Miguel (Romero-Terán, 2001); la alineación en general de la sierra volcánica de Las Cruces; la mayor longitud de los abanicos piroclásticos hacia la cuenca de México que hacia la cuenca de Toluca debido al control y presencia de la fosa Tula-Mixhuca, localizada al este de la Sierra de Las Cruces (Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005; García-Palomo y Guerrero-Orozco, 2006); la afectación de rocas volcánicas del Pleistoceno, como es el caso de los flujos piroclásticos de la región de Los Cipreses, donde existen estructuras sigmoidales y estrías con escalones incongruentes en posición vertical que indican una actividad normal; estructuras volcánicas afalladas como es el caso de la caldera de Atizapán, la cual es cortada por la falla del mismo nombre (Mooser, 1992; Flores-Moro, 2006) (Figura 7a); desnivel de calizas en los pozos profundos de PEMEX (Petróleos Mexicanos); anomalías gravimétricas; sismos (Pérez-Cruz, 1988; CIGSA, 2000); zonas de hundimiento; abundante fracturamiento; control de cuerpos de agua; control del vulcanismo; indicadores cinemáticos; y amplias zonas de brecha de falla (Servicio Geológico Metropolitano, 2005).

Una de las fallas importantes que pertenecen a este sistema es la denominada falla Tula-Mixhuca (Mooser, 1992; Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005; García-Palomo y Guerrero-Orozco, 2006) (Figura 8a). Esta es una amplia zona de deformación con dirección N-S a NNW-SSE localizada entre la ciudad de Tula, Estado de Hidalgo, y la porción sur de la cuenca de México, con una longitud aproximada de 80 km y un ancho de 30 km. Se define de acuerdo con la presencia, sobre los planos de falla, de brechas de hasta 3 metros de espesor, harina de falla, estrías verticales con escalones incongruentes en forma de media luna y estructuras RM (Petit, 1987), estructuras sigmoidales de diferente tamaño, separación de horizontes guía, truncamiento y alineación de estructuras volcánicas, basculamiento de capas y fuerte fracturamiento.

Otras fallas reconocidas dentro de este sistema son

las denominadas fallas Ayotuzco (Romero-Terán, 2001), que consisten en una serie de fallas NNW-SSE que buzanan hacia el SW y están basculadas hacia el NE; estas estructuras conforman una semifosa dentro de la Sierra de Las Cruces (Figura 8a).

La zona de fallas NE-SW es el segundo sistema de fallas que caracteriza a la Sierra de Las Cruces y pertenece a la zona de cizallamiento Tenochtitlan (de Cserna *et al.*, 1988), que se localiza entre Petatlán, Guerrero, y la porción norte de la cuenca de México. Se trata de una estructura reactivada para la cual se ha documentado que actuó como un sistema de fallas laterales izquierdas durante el Mioceno tardío en la región de Apan, Estado de Hidalgo (García-Palomo, 2002), y posteriormente como fallas normales durante el Pleistoceno, y que han controlado el vulcanismo y deformación desde las inmediaciones de Toluca (García-Palomo *et al.*, 2000; Aguirre-Díaz *et al.*, 2006b; Blatter y Carmichael, 1998) hasta la región de Apan (Ledezma-Guerrero, 1987; García-Palomo, 2002).

En la Sierra de Las Cruces este sistema de fallas presenta un rumbo general entre N45°E a N 65°E, y también son definidas tendencias N20°E con un arreglo geométrico paralelo y anastomosado. Dentro de este sistema se reconocen varias zonas de fallas importantes, como la que se localiza en la parte norte de la SC y se denomina zona de fallas de La Catedral, propuesta en este trabajo, la cual define zonas de más de 40 km de longitud, con dirección NNE-SSW y buzamiento hacia el NW, escalonándose en esa misma dirección y formando una geometría de semifosa. Estas fallas cortan a flujos piroclásticos provenientes del volcán La Catedral con una edad de 3.71 ± 0.40 y 2.7 Ma (Ossete *et al.*, 2000; Aguirre-Díaz *et al.*, 2006a). También se reconoce la zona de fallas de la Sierra de Guadalupe y Barrientos, que corta a rocas miocénicas (14 y 16 Ma) y del Plioceno (Lozano-Barraza, 1968; Jacobo-Albarrán, 1985), las cuales conforman la fosa de Cuauhtepic; y San Martín Obispo, formando en esta última una geometría de falla listrica (García-Palomo *et al.*, 2005) (Figura 7b).

La fosa de las Lomas (Mooser, 1992) es una estructura que se localiza en la parte central de la Sierra de Las Cruces, tiene un rumbo general de N53°E y está delimitada por la falla Sarérite y la falla Contreras, que buzanan al SE y NE, respectivamente. Esta fosa es una de las causantes del hundimiento regional del bloque central de la Sierra de Las Cruces.

La fosa de Cuernavaca (Macías, 2006) es una estructura de 45 km de largo y 25 de ancho, con un rumbo general NE-SW. Estructuralmente está delimitada por la falla Malinalco y la falla de Cañon de Lobos al oeste y este, respectivamente. Sobre ella se han emplazado grandes volúmenes de productos volcánicos y volcánoclasticos provenientes del volcán Zempoala y de los conos de escoria del campo volcánico de Chichinutzin.

El tercer y último sistema reconocido dentro de la SC es el sistema activo de fallas E-W, el cual está regionalmente asociado a la zona de fallas Chapala-Tula (Johnson

311 FAX 10



y Harrison, 1990) o sistema de fallas de Acambay-Morelia (Suter *et al.*, 1991). Esta zona de fallas se caracteriza por la presencia de fosas tectónicas delimitadas por pilares, las cuales son conocidas como: la fosa de Chapala, Cuitzeo, Acambay (Martínez-Reyes y Nieto-Samaniego, 1990), Barrientos (Mooser, 1992; Flores-Moro, 2006), Tláhuac-Tulyehualco (Magaña, 2003; Colín-Rodríguez, 2006) y Aljibes (Suter *et al.*, 1995).

Los elementos que constituyen el sistema de fallas E-W en la SC se caracterizan por tener longitudes cortas,

con arreglos paralelos y *en échelon* (Figura 6a) y conforman varias estructuras importantes entre las que sobresalen la falla Ixtlahuaca. Esta falla tiene 30 km de longitud y 6 km de ancho, está constituida por una serie de estructuras lineales orientadas E-W. En general, la falla en planta es cóncava hacia el norte, en la misma dirección del buzamiento. Es muy característica la presencia de facetas triangulares y bloques escalonados.

El sistema de fallas Tenango se caracteriza por una serie de fallas escalonadas que forman a la semifosa de Toluca

RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. DEPT. OF JUSTICE



o del Alto Lerma. Tienen una dirección predominante E-W, con buzamiento hacia el norte y basculamiento hacia el sur. Son curvas, discontinuas y con arreglo *en échelon* derecho (Mooser y Maldonado-Koerdell, 1961; Bloomfield, 1974; García-Palomo *et al.*, 2000; Norini *et al.*, 2006). El pilar de Chichinautzin (Siebe *et al.* 2004; Colín-Rodríguez, 2006) es un alto topográfico delimitado al norte por la semifosa de Tláhuac-Tulyehualco (Campos-Enríquez *et al.*, 1997; Montiel-Rosado, 1989; Magaña, 2003; Colín-Rodríguez, 2006) y al sur por la falla La Pera (Delgado-Granados *et al.*, 1995).

La falla Otomí, propuesta en este trabajo (Figura 7c), es una falla normal con un desplazamiento vertical mínimo estimado de 100 metros; presenta un arreglo *en échelon* de fallas normales con buzamiento hacia el sur y bascula a depósitos vulcanoclásticos (Figura 7c).

La fosa de Barrientos está delimitada al norte por el

pilar de Chilpan, que a su vez es delimitado por las fallas de Chilpan y La Quebrada que buzán hacia el sur, mientras que al sur lo delimita el Pilar de Tlayacampa, definido por las fallas Tlayacampa y Buenavista que buzán hacia el norte (Flores-Moro, 2006). En general, la estructura tienen una dirección E-W y afecta a rocas del Mioceno y Pleistoceno (Flores-Moro, 2006) (Figura 8a).

DISCUSIÓN

La morfoestructura de la Sierra de Las Cruces es compleja. En primer lugar, su división en tres bloques principales se hace patente debido a las diferencias en altitud, pendientes, densidad de fracturamiento, patrones de drenaje, energía del relieve, profundidad de disección y orientación, aunado al complejo arreglo de fallas que la afectan.

RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. AIR FORCE
HEADQUARTERS
WASHINGTON, D.C.

RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. AIR FORCE
HEADQUARTERS
WASHINGTON, D.C.

fallas en la Sierra de Las Cruces tienen la misma edad y movimiento normal a partir del Pleistoceno, formando una serie de pilares y fosas tectónicas. Las fallas fueron identificadas de acuerdo con el reconocimiento de geoformas como escarpes, líneas de falla, facetas triangulares, corrientes desplazadas, corrientes desviadas, basculamientos del terreno y valles longitudinales, así como verificación de trabajo en campo.

La influencia de las fallas y fracturas se refleja claramente en la topografía actual, y el grado de evolución alcanzado se ve determinado en los escarpes que se generan. El control estructural en ríos y arroyos es patente, interpretándose que la mayoría de los ríos de gran longitud corresponden a una falla o zona de fractura. Asimismo, la interrelación de estos sistemas de fallas y su carácter de tipo normal a partir del Pleistoceno provoca levantamiento, hundimiento, escalonamiento y basculamiento de los blo-

ques. Estos arreglos morfoestructurales que caracterizan a la SC están principalmente controlados en la parte sur por las fallas E-W, mientras que en la parte centro y norte de la sierra el control se manifiesta principalmente a través de las fallas N-S y NE-SW (Figuras 8a y 8b).

El resultado del análisis morfoestructural de la Sierra de Las Cruces es de gran importancia para entender aspectos geológicos y estructurales en la cuenca de México. En primer lugar se adquiere un mejor conocimiento de la evolución de la cuenca de México, dejando a un lado modelos simplistas. Además, el análisis realizado permite proponer a la Sierra de Las Cruces y a las fallas que le dieron origen y posteriormente la deformaron como un límite estructural de la cuenca de México, el cual ha sido reactivado y ha controlado el vulcanismo y morfoestructura de la misma y, por lo tanto, no sólo ha actuado como un límite geográfico o hidrológico de la cuenca de México.

SIN TEXTO



Por otro lado, si la sierra de las Cruces tiene un arreglo morfoestructural complejo, es posible que éste pueda extrapolarse al subsuelo de la cuenca de México, el cual podría presentar una configuración similar, al menos hacia su parte poniente donde también deben de coexistir los tres sistemas de fallas, por lo que el basamento podría estar conformado por fosas, pilares y bloques basculados, a diferentes profundidades y altitudes. Lo anterior tendría como consecuencia que el relleno vulcano-sedimentario de la cuenca de México no sea uniforme tanto en distribución, espesor, granulometría y comportamiento mecánico e hidráulico. Si asumimos que esto es cierto, las implicaciones para el peligro geológico serían importantes: en el caso del hundimiento, se tendrían problemas de asentamientos diferenciales del terreno, asociados entre otros factores a la diferencia de espesores de los estratos arcillosos; para el caso del agrietamiento, posiblemente exista un control estructural que origine la presencia de grietas en los bordes de los bloques que conforman el basamento; y en el caso de la sismicidad se han detectado dos zonas de mayor peligro sísmico, orientadas N-S y E-W (Servicio Geológico Metropolitano, 2005), que podrían deberse a la presencia de fosas delimitadas por fallas con la misma dirección y que controlarían las aceleraciones del terreno, así como los efectos de sitio.

que la conforman, o aplicar técnicas geofísicas en la parte plana de la cuenca de México para definir la geometría del basamento.

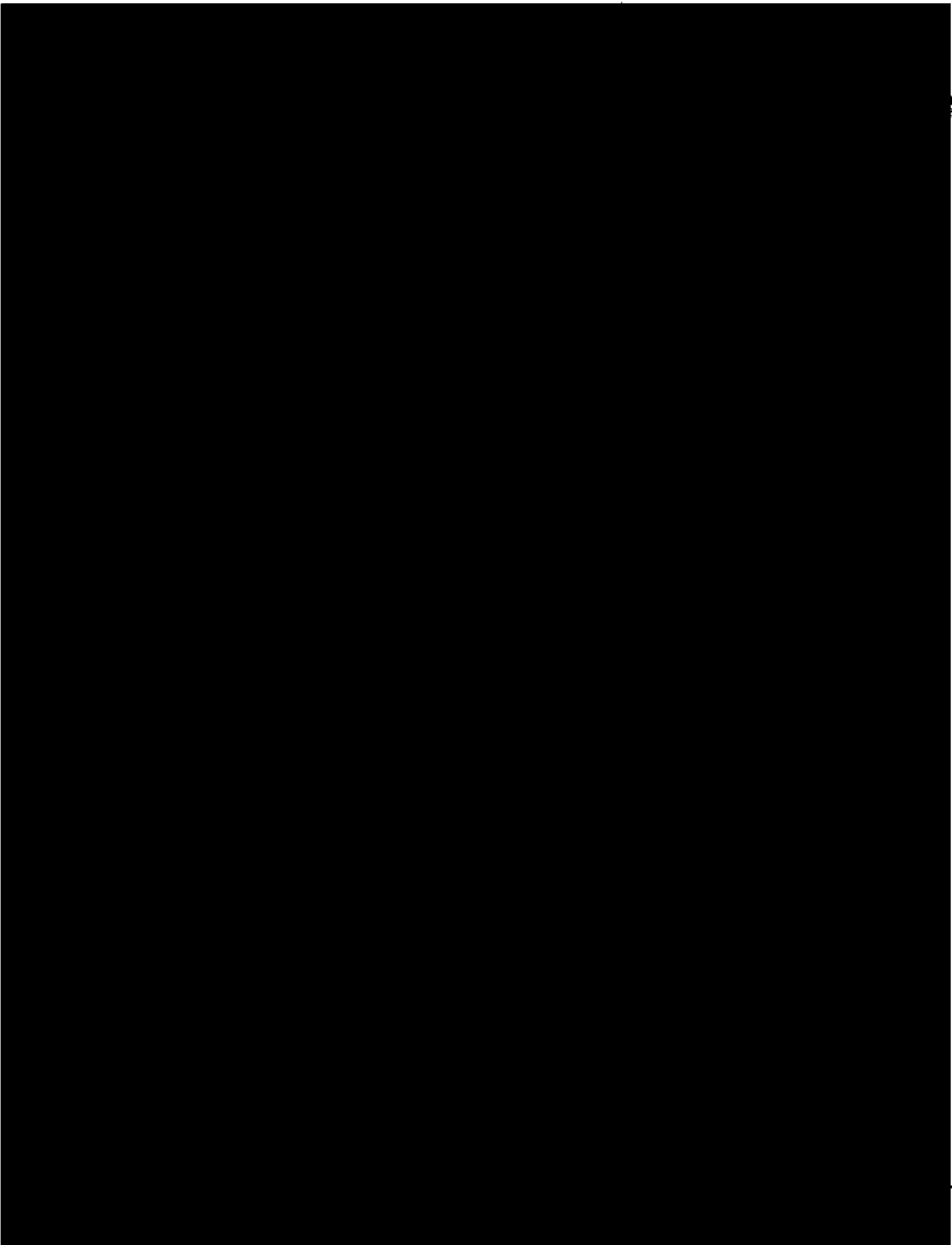
AGRADECIMIENTOS

Se agradece profundamente la ayuda de la estudiante de geología de la Escuela de Ciencias de la Tierra del IPN América Shannon Ramírez, por su asistencia en el presente trabajo; al Ing. Luis Wintergerst T., Director General de Protección Civil, al Dr. Elías Miguel Moreno Brizuela de la Secretaría de Protección Civil, al Dr. Gustavo Tolson, Director del Instituto de Geología, por el apoyo y financiamiento recibido para el trabajo realizado por el Servicio Geológico Metropolitano. A Ana María Rocha por el soporte técnico. Asimismo al Dr. José Ramón Hernández S. del Instituto de Geografía y Dr. Fernando Ortega del Instituto de Geología, por sus atinados comentarios y sugerencias. Por último, se agradece enormemente los comentarios realizados por los Drs. Ángel Nieto Samaniego y G. Norini quienes mejoraron de manera sustancial el manuscrito. Este trabajo fue también financiado por el proyecto SEP-CONACYT Número 46138 a cargo del Dr. Roberto Ortega del CICESE, Unidad La Paz.

363

01/10/1970





The image is a high-contrast, black and white scan of a document page. The page is tilted and contains faint, illegible text and a large, dark, irregular shape in the upper right corner. The overall quality is poor, with significant noise and artifacts.

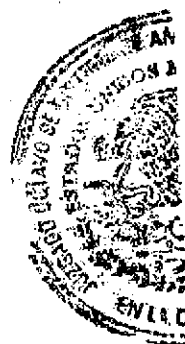
00241

178

303

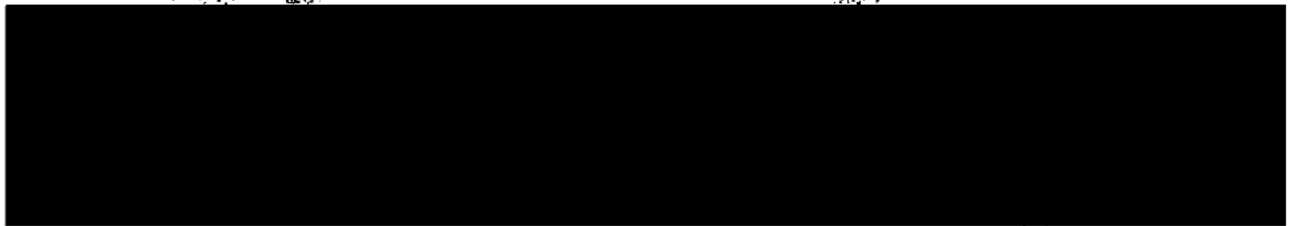
00177

SIN TEXTO



00242

366



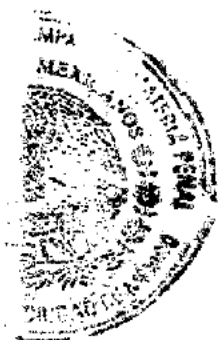
• 00178

ORIGINAL
RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. DEPT. OF JUSTICE



00243

00 367



• 00179

59





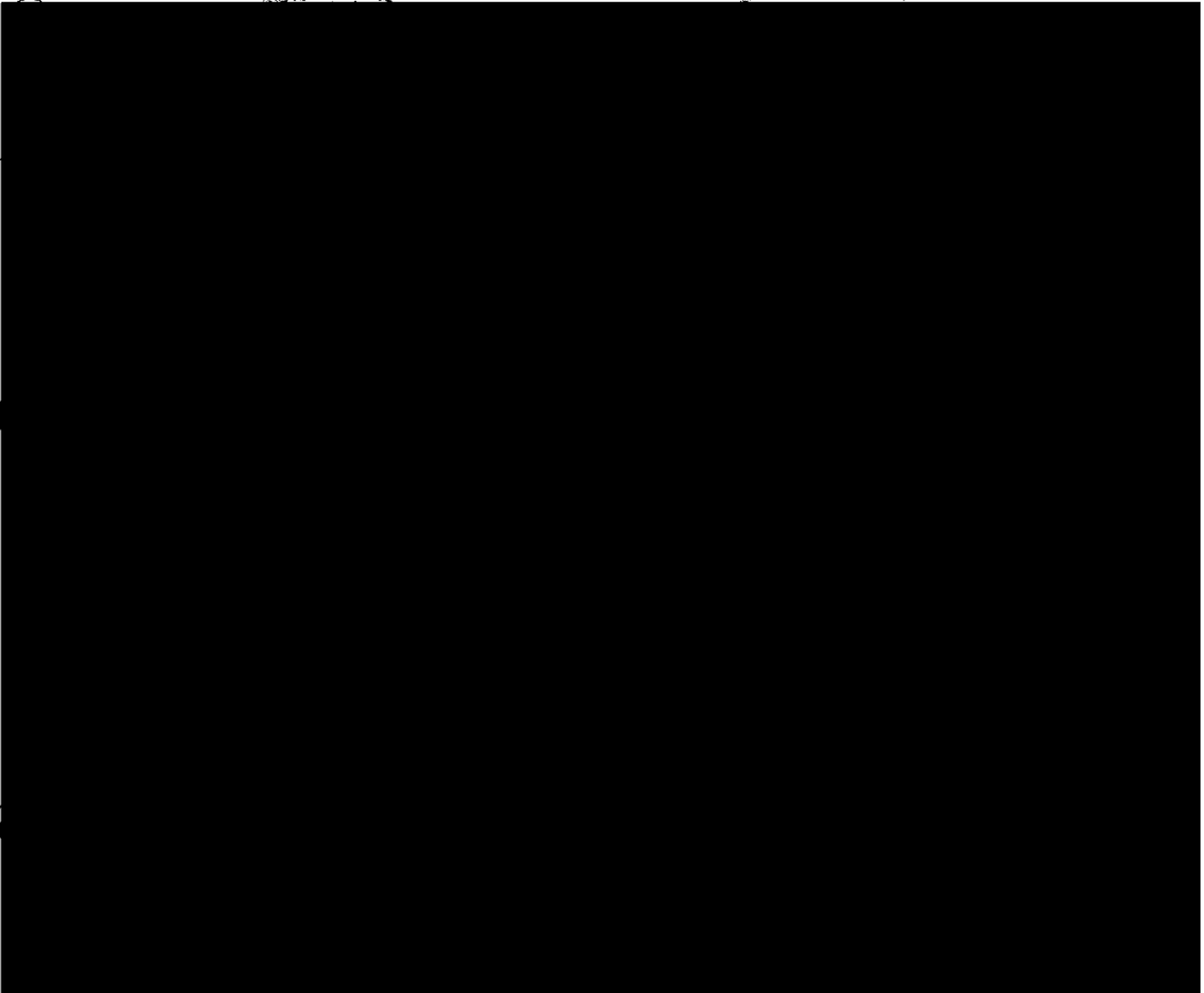
2.1 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

2.1.1 Zona de estudio

36

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) forma parte de una cuenca endorreica¹, con una altitud promedio de 2,240 msnm², abarca la totalidad del Distrito Federal y parte del Estado de México. En el contexto geográfico, la zona de estudio, se ubica en la parte Este de la región conocida como Sistema Neovolcánico Transversal, formando parte del ecosistema de Bosque Templado y de la región fisiográfica del Eje Neovolcánico. Se sitúa entre los 19° 03'-19° 54' de latitud Norte, y los 98° 38'-99° 31' de longitud Oeste.

Por las características de crecimiento, dinámica social, económica y ambiental, en el año 2006, se publicó el decreto mediante el cual se amplía la ZMVM, quedando integrada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 59 municipios del Estado de México³; ésta nueva superficie representa 0.25% de la superficie total⁴ del país.



RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. DEPT. OF JUSTICE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D.C.

RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. DEPT. OF JUSTICE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D.C.

RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. DEPT. OF JUSTICE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D.C.





La gran altitud a la que se encuentra la ZMVM, ocasiona que los procesos de combustión operen deficientemente y emitan una mayor cantidad de contaminantes a la atmósfera; esto como consecuencia del bajo contenido de oxígeno del aire, el cual es aproximadamente 23%⁵ menor que al nivel del mar, así mismo, la cadena montañosa que la rodea, propicia el estancamiento de los contaminantes.

370

Asociado a esto, su posición latitudinal ocasiona que reciba una radiación solar intensa que acelera la formación fotoquímica de contaminantes atmosféricos como el ozono y las partículas secundarias. Aunado a esto, su ubicación en el centro del país permite que a lo largo del año, la ZMVM resulte afectada por sistemas anticiclónicos, los cuales mantienen el cielo despejado y aumentan la capacidad fotoquímica de la atmósfera; además, estos sistemas también inducen a que la velocidad de los vientos disminuya cerca de la superficie del suelo, situación que inhibe el movimiento vertical y horizontal del aire, dificultando la dispersión de los contaminantes.

2.1.2 Rasgos geoclimáticos

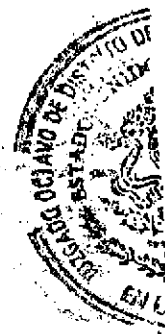
Las características geográficas y climáticas de la ZMVM se consideran como unos de los principales factores que condicionan la acumulación o dispersión de los contaminantes, generados fundamentalmente por procesos antropogénicos. Así mismo, el clima y el estado del tiempo en pequeña escala o microclima de la ZMVM, tiene considerables influencias que afectan el aire y el comportamiento de los contaminantes.

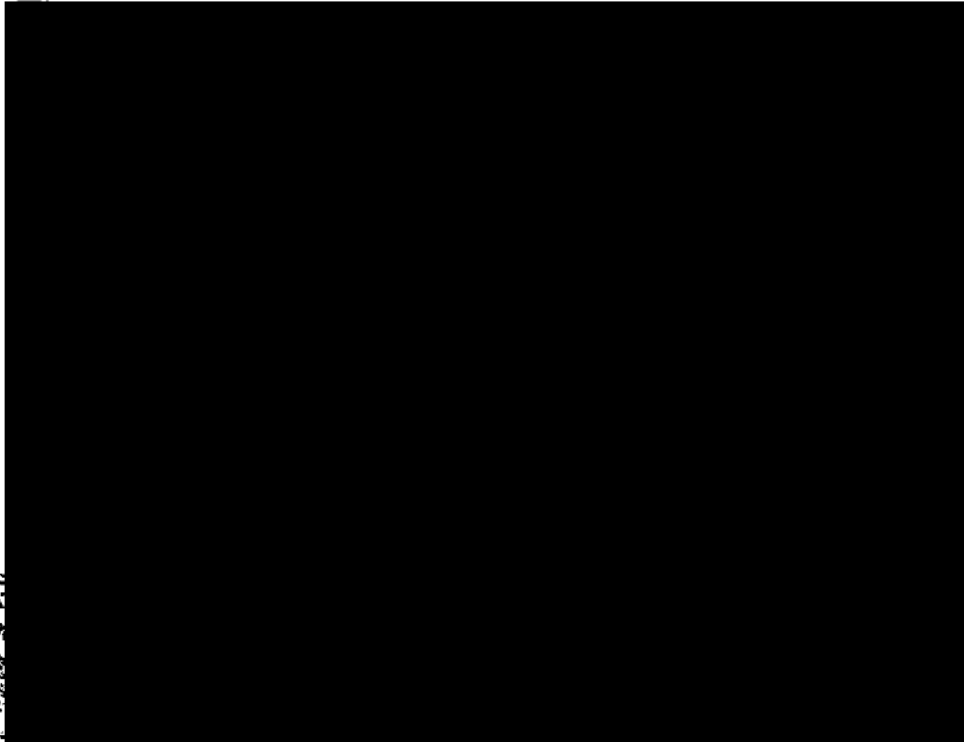
De acuerdo con datos climatológicos del área de estudio, se presentan tres subtipos de climas, como resultado de las diferencias de elevación y relieve del terreno; y cabe mencionar que estos subclimas, influyen significativamente en las condiciones meteorológicas de áreas específicas. En la ZMVM, se presenta un clima templado con lluvias en verano, templado húmedo y subhúmedo con lluvias en verano y un clima seco (ver Figura 2.1.2.).

En los últimos años las condiciones meteorológicas y climáticas del Valle de México han cambiado, provocando que casi no se distingan los cambios estacionales, aún se puede reconocer una estación húmeda (lluvias) y una estación seca que se caracteriza por presentar contenidos de humedad baja; sin embargo, las variaciones de temperatura de hasta 15 °C que se presentan en esta última estación, permiten dividirla en dos estaciones: Seca-Caliente y Seca-Fría. La primera comprende de marzo a mayo y la segunda de noviembre a febrero.

Por otro lado la temporada de lluvias y humedad relativa alta, se presenta desde mediados de mayo, pero se vuelve más evidente entre junio y octubre, ocasionando que disminuyan los niveles de algunos contaminantes por la inestabilidad atmosférica. Los niveles más altos de precipitación se registran en las zonas montañosas y los más bajos en la zona oriente (nororiente principalmente) (INEGI, 2007)⁶.

SECRET





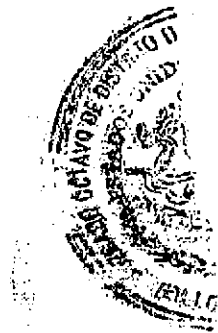
Precipitación pluvial y humedad relativa

El promedio de precipitación pluvial, indica que la mayor cantidad de lluvia se presenta en la parte occidental del Distrito Federal, al pie de la sierra Ajusco-Chichinautzin. Esta situación se presenta por el flujo de viento de verano, durante las lluvias más intensas y reforzada por el levantamiento mecánico del aire que golpea una montaña, rebota y asciende. Debido a la humedad suficiente, ésta se condensa formando nubes y produce la precipitación. El incremento de la precipitación pluvial propicia un efecto de "lavado troposférico", lo cual favorece una mejor calidad del aire de la zona, puesto que mitiga la generación de partículas.

El aumento de las lluvias en la ZMVM de junio a septiembre, se asocia a la entrada de aire tropical, con alto contenido de humedad procedente del Océano Pacífico, Mar Caribe y Golfo de México. Durante estos meses se registra un periodo conocido como canícula donde hay un intenso calor, con lluvias escasas y normalmente se da en agosto (aunque no siempre se presenta).

Es importante mencionar que dentro de la ZMVM se presentan diferentes patrones de intensidad de lluvias; debido a lo anterior y para fines del presente Inventario de Emisiones, la ZMVM se caracterizó en tres regiones con base en la intensidad de la precipitación pluvial; cabe mencionar que la región 3 es la que recibe la mayor cantidad de precipitación y la región 1 es la más seca (ver Gráfica 2.1.1).

SECRET
SINTEXIO



00248

CC 372

• 00184

1000 OCTAVO DE...
ESTAD...
1000 OCTAVO DE...
ESTAD...



Viento

Desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, el viento es uno de los factores más importantes, ya que a partir de su *dirección*, se identifican los sistemas meteorológicos que afectan a determinado lugar. Así mismo, la *intensidad* es una de las variables que determina, si los contaminantes en capas cercanas a la superficie, se acumulan o se dispersan. Cabe mencionar que la dispersión vertical de los gases contaminantes en la atmósfera, dependen en gran manera de la estabilidad y turbulencia de la zona, así como del calor y la fricción producida por los vientos y la superficie del suelo. 373

En el Valle de México, la entrada principal del viento se ubica en la zona norte, región donde el terreno es más plano. Dependiendo de la época del año, la influencia de sistemas meteorológicos hacen que exista una segunda entrada del viento por la región noreste del Valle; incluso, puede darse que el flujo del viento sea de sur a norte, cuando el viento en capas medias de la troposfera es suficientemente intenso como para que, a pesar de la barrera montañosa, se imponga esa dirección, sobre todo en los meses invernales. Es necesario remarcar que las dos últimas direcciones descritas normalmente se presentan en un porcentaje bajo, de tal forma que estos comportamientos no siempre se detectan (INEGI, 2007).

Adicional, y en conjunto con los rasgos orográficos del Valle, se forman remolinos, líneas de confluencia y zonas de convergencia del viento, mismos que tienden a incrementar la acumulación de los contaminantes.

RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D.C.



La Figura 2.1.3 muestra las rosas de viento con datos promedio de 5 estaciones meteorológicas de la Red Meteorológica en el año 2006. Al centro de la ZMVM (Tlalnepantla-TLA, Xalostoc-XAL, Merced-MER), se observa una dirección de viento variable, sin embargo, la componente principal es del norte. Así mismo, las velocidades de viento en esta zona, llegan a alcanzar los 6 m/s en su componente principal. En las estaciones del sur, como la del Cerro de la Estrella (CES), los vientos dominantes provienen del sureste y en el caso del Pedregal (PED), la dirección predominante es del suroeste. La velocidad del viento de dichas estaciones, se mantuvieron en el rango de 1-4 m/s.

En cuanto a la dispersión vertical del viento a través del día, prevalece la dirección del norte en las horas de la mañana, con baja velocidad; se va incrementando a lo largo del día y presenta los máximos en la tarde. Después de medio día y durante las siguientes tres horas, la dirección del viento comienza a ser más variable, coincidiendo con la máxima altura de la capa de mezclado, dicha mezcla es producida por el calor almacenado en las capas inferiores.

Temperaturas e inversiones térmicas en el Valle de México

Normalmente en la ZMVM, la temperatura máxima, mínima y promedio mensual tienden a presentar un patrón estacional como reflejo de la época del año; de esta manera, los valores más bajos se registran en la época seca-fría y los más altos en la seca-caliente, así mismo, los valores moderados se presentan durante la época de lluvias, cuando la formación de nubes es significativamente mayor y la insolación es interceptada por éstas.

La gráfica de temperaturas muestra la variación mensual de la temperatura máxima, promedio y mínima mensual, durante el año 2006. Y como se mencionó anteriormente, se observa un patrón estacional a lo largo del año, en particular con las temperaturas mínimas en la época fría y con las máximas para la época seca.

Las inversiones térmicas se presentan con el aumento de la temperatura en ciertas capas de la atmósfera que frenan los movimientos del aire, puesto que el aire frío y denso de las capas bajas, no puede elevarse. Son sinónimo de estabilidad atmosférica de tipo temporal y por lo tanto, favorecen el estancamiento de las emisiones contaminantes.



En la ZMVM son de tipo radiativas, ocasionadas por la presencia de sistemas de alta presión, provocando cielo despejado durante la noche y la fuga de calor del suelo. Debido a esta fuga de calor durante la noche, las capas inferiores registrarán temperaturas más bajas y estancamiento de aire. En el año 2006, las inversiones térmicas se presentaron con mayor frecuencia en el mes de enero. Su origen, es el resultado de la posición geográfica y morfológica del Valle, asociado a los sistemas de alta presión, cuando se ubican hacia el norte del territorio en la época de invierno, ya que desplazan aire frío hacia el centro del país.

37

Capa de mezclado

La capa de mezclado, por definición, es la región de la atmósfera en la cual se dispersan los contaminantes, su altura varía constantemente dependiendo de las condiciones de calentamiento del aire y de la velocidad del viento, por lo tanto, está en función de la estabilidad de la atmósfera. Al igual que muchas variables meteorológicas, la capa de mezclado presenta una evolución a través del día y a lo largo del año. El valor de este parámetro es muy importante, ya que nos da una idea del volumen de aire en el que se está llevando a cabo la mezcla de contaminantes, a causa de la turbulencia atmosférica en las capas bajas.

La Gráfica 2.1.5 muestra la altura promedio mensual de la capa de mezclado para el año 2006; se puede observar que desde marzo, hasta finales de mayo se alcanzan las alturas de mezclado más elevadas, presentando un máximo en el mes de abril; a partir de agosto se tienen las más bajas y cabe mencionar que la mínima se presentó en el mes de noviembre.

SIN TEXTO



En cuanto a la dispersión vertical a través del día, se menciona que la capa de mezclado de la ZMVM no presenta un comportamiento típico como en otros lugares, donde la altura máxima ocurre pocas horas después de la salida del sol (Arya, 2001 en E. Velasco, Márquez, *et al*, 2007), sino que el máximo ocurre tres o cuatro horas después del mediodía (A. Soler, 2007⁷).

376

2.2 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.2.1 Población

En las últimas dos décadas, el país ha experimentado un importante proceso de reestructuración, el cual ha modificado las tendencias tanto de la distribución territorial de las actividades económicas como de la población. No obstante a dichas tendencias, el patrón de distribución territorial de la población continúa siendo polarizado: se mantiene una alta concentración de población en un número reducido de ciudades, y presenta una gran dispersión de la población en miles de localidades pequeñas (CONAPO, 2001⁸).

La ZMVM es el principal escenario económico y social del país y lo será al menos, por unos años más, pues cabe mencionar que el Estado de México es la entidad más poblada, seguida por el Distrito Federal. Así mismo, la alta densidad de población y concentración de actividades productivas, implica la presencia de factores de presión ambiental y es, por tanto, un ecosistema crucial para la sustentabilidad.

Según datos del II Censo de Población y Vivienda 2005, la ZMVM registró para este año, alrededor de 20 millones de habitantes, cifra que representa el 19% del total nacional. De ellos, el 44% vive en las 16 delegaciones del DF, el 56% en los 59 municipios del Estado de México. Además, cabe mencionar que más de la mitad de la población de la ZMVM, vive aglutinada en 5 delegaciones del Distrito Federal y 5 municipios del Estado de México.

La población del Estado de México presentó una tasa de crecimiento media anual del 1.19% durante el período 2000-2005⁹, en el quinquenio anterior la tasa fue del 2.66%. En lo que se refiere al Distrito Federal, dicha población creció a una tasa media anual de 0.24%, cuando cinco años antes fue de 0.32%.



2.2.2 Vivienda

La vivienda tiene un lugar relevante en el desarrollo urbano de la ciudad, constituye uno de los principales satisfactores sociales, capaz de promover el crecimiento económico, pero sobre todo, es uno de los bienes fundamentales del desarrollo social, no se entiende la vida de una persona si no tiene acceso a una vivienda digna. Según el II Conteo de Población y Vivienda 2005, hay más de 24 millones de viviendas particulares a nivel nacional, de éstas, el 19% se concentra en la ZMVM. De las viviendas de la ZMVM, que son aproximadamente cinco millones, el 52% se ubica en los municipios conurbados del Estado de México.

377

En promedio, de las viviendas ubicadas en la ZMVM, aproximadamente el 98% cuenta con electricidad, el 96% tiene agua entubada y un 94% con drenaje. En general las condiciones de vivienda de las ZMVM son mejores a los promedios nacionales y en particular, el Distrito Federal presenta mayor nivel de equipamiento que las viviendas del Estado de México. Ver Figura 2.2.4.

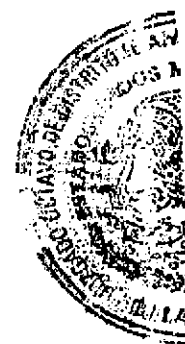
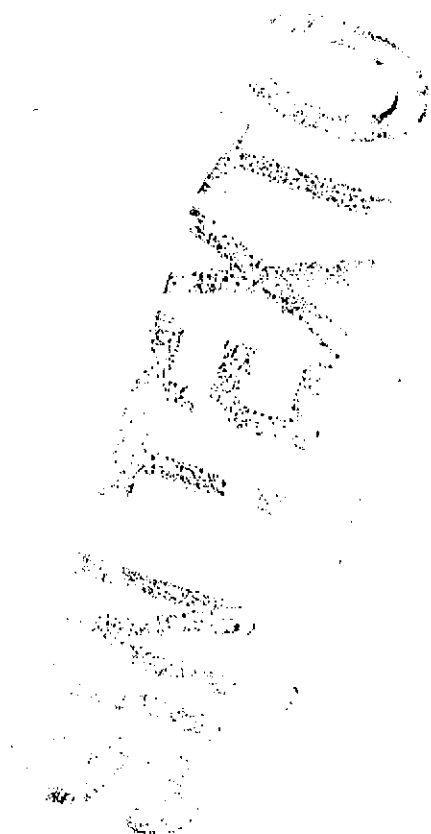
2.2.3 Industria

De acuerdo al Censo Económico 2004 realizado por el INEGI¹⁰, existen más de 328 mil industrias manufactureras a nivel nacional, y el 16% se encuentra ubicado en la ZMVM, principalmente en grandes parques industriales.

En el Distrito Federal existen 28,025 establecimientos del sector manufacturero, por lo cual, ocupa el segundo lugar a nivel nacional. El subsector correspondiente a la producción de alimentos, bebidas y tabaco, es el giro de mayor representación con un 36%, le siguen las manufacturas de productos metálicos con el 23% y la producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales con el 15%.

00189

Journal of Management Education 30(6)



●

●

El comportamiento que tiene la industria manufacturera a nivel delegacional, es que sólo cuatro delegaciones concentran el 53% de las manufacturas (Iztapalapa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero e Iztacalco).

Estadísticamente en 13 de las 16 delegaciones predomina la manufactura de productos alimenticios, bebidas y tabaco. Para el caso de las delegaciones Cuauhtémoc y Benito Juárez predomina la producción de productos de papel, imprentas y editoriales, y para la delegación Azcapotzalco la fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo. En las delegaciones Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza, la producción de alimentos, bebidas y tabaco. Finalmente de acuerdo con el tamaño de la industria, los establecimientos manufactureros ubicados en el Distrito Federal se distribuyen de la siguiente manera: el 92% corresponde a la industria micro, el 5 % a la pequeña, el 2.6% a la mediana y sólo el 0.4% a la industria grande.¹¹

En el caso del Estado de México, la actividad industrial se concentra en los municipios de Tlalnepantla, Naucalpan y Ecatepec; los principales subsectores son: productos alimenticios, bebidas y tabaco, seguido de los productos metálicos, maquinaria y equipo. Además, en esta entidad se encuentran ubicadas las plantas generadoras de energía eléctrica.

2.2.4 Transporte

Debido al crecimiento poblacional de la ZMVM, la mancha urbana ha seguido creciendo en forma horizontal sin un ordenamiento y planeación, haciendo que las distancias y tiempos de traslado dentro de la misma hayan aumentado. Asimismo, la falta de un transporte público metropolitano masivo y eficiente, ha ocasionado que continúe creciendo la flota vehicular de uso particular principalmente (ver Gráfica 2.2.1).

Por otro lado, los autos particulares en el año 2006, representan el 80% de las unidades destinadas al transporte de personas y sólo captan cerca del 20% de los viajes por persona



por día que se realizan en la ZMVM, en contraste con las combis y microbuses que representan menos del 2% y en ellos se realizan cerca del 60% de los viajes por persona por día. Ver Tabla 2.2.1.

379

2.2.5 Servicios

Las actividades de servicios tienen una participación cada vez mayor en la economía nacional y se han concentrado en regiones, como en la Zona Metropolitana del Valle de México. Parte de su explicación proviene de los flujos migratorios campo-ciudad y ciudad-ciudad, entre cuyos destinos está el de la ZMVM que continúa siendo un polo de atracción, aunque con menos fuerza que en décadas anteriores. Asimismo, debe destacarse la débil capacidad de respuesta de las actividades industriales para absorber la sobreoferta de mano de obra. El resultado entonces, viene siendo la terciarización de esta economía urbana y con un gran sector informal en constante crecimiento, en el cual no hay prestaciones salariales, ni contribuciones fiscales.

A diferencia de los procesos industriales, en el caso específico de la ZMVM, la importancia de los servicios radica no sólo en su dimensión y lo caprichoso de la diversificación de su oferta, sino también en los impactos ambientales que pueden derivarse de dichas actividades. Los patrones de consumo, en su caso, están determinando la intensidad a la que se somete el aprovechamiento de los recursos naturales y los volúmenes y grado de contaminación. Con base en información del SIEM (Sistema Empresarial Mexicano¹², 2007), la ZMVM concentra aproximadamente 200 mil establecimientos registrados, de los cuales el 94% se dedica al comercio y servicios; además, el 93% de ellos se ubican como micro empresas.

La participación de la ZMVM al PIB nacional es muy significativa, debido al tamaño y cantidad de actividades comerciales y de servicios que concentra, al ser la metrópoli más importante del sistema urbano nacional, y cabe mencionar que generó el 31%¹³ del PIB del país.

1000

1000



2.2.6 Uso de suelo y vegetación

Estudios importantes respecto a la flora en la ZMVM, revelan que se identificaron 1,500 especies de plantas vasculares aproximadamente. Actualmente se presentan 7 tipos de vegetación que responden a los climas templado frío y semiárido, estos tipos de vegetación forman parte, principalmente, de las zonas de conservación y son: bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, asociaciones de matorral, asociaciones de pastizal, agrupaciones halófilas y vegetación acuática. Mientras que en la zona urbana, la vegetación original se encuentra modificada o incluso ha desaparecido.

Los usos del suelo que predominan en la ZMVM, se pueden clasificar en: bosques, pastizales, matorrales, agricultura y zona urbana. En particular, con respecto a la agricultura, las tierras de temporal son las que ocupan mayor superficie y se localizan desde las llanuras hasta las altas sierras.

El Suelo de Conservación Ecológica del Distrito Federal está definido y caracterizado en el Programa General de Desarrollo Urbano y los Programas Delegacionales; la Declaratoria determina la línea límite entre el área de desarrollo urbano y el área de conservación ecológica, el destino de su zona de protección y los usos y destinos para el área de conservación ecológica y para los poblados del Distrito Federal. De acuerdo con éstos, cubre una superficie de 88,442 hectáreas. (INEGI, 2002).

La superficie del suelo de conservación constituye poco más del 59% de la superficie total del Distrito Federal, limitando al norte, este y oeste con el Estado de México y al sur con Morelos. Lo compone principalmente el área rural del Distrito Federal en su región sur y surponiente; se localiza en las delegaciones de Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco, así como una pequeña área al norte de la Ciudad de México en la delegación Gustavo A. Madero.

SECRET



2.2.7 Actividad Agropecuaria

Dentro del Distrito Federal esta actividad se concentra principalmente en las delegaciones Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco y Tláhuac, aunque abarca extensiones menores en las delegaciones de Álvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos y La Magdalena Contreras. Existen poco más de 30,000 hectáreas de uso agrícola y 8,000 hectáreas de pastizales. En dicha superficie, laboran alrededor de 40,000 campesinos dedicados a actividades agrícolas, pecuarias y agroindustria (INEGI, 2002).

La Zona Metropolitana del Valle de México cuenta con 4,184¹⁴ km² de suelo destinado a la agricultura (430 km² en el Distrito Federal y 3,754 km² en el Estado de México), generalmente se producen bienes de consumo familiar, no obstante, algunos cultivos representan una fuente significativa de ingresos, como es el caso de Milpa Alta, en donde el volumen de producción de nopal tiene asegurado un mercado amplio y suficiente. En el suelo agrícola se siembran principalmente cultivos de temporal (avena forrajera y el maíz principalmente), así como cultivos permanentes, entre los que destaca el nopal y los frutales.

La obtención de los diferentes productos pecuarios se caracteriza por su proclividad hacia la explotación extensiva, así como el predominio de los animales de traspatio, destinados preferentemente al autoconsumo. Esta actividad se observa especialmente en las delegaciones con mayor tradición agropecuaria como son Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta.

Así mismo, es importante destacar que en la ZMVM, la especie animal mayoritaria es el ave de corral, existiendo también la cría de cerdos, ovejas y borregos; debido a su capacidad de adaptación y desarrollo en espacios reducidos, la explotación de porcinos está presente en casi todas las áreas rurales mismas que se han convertido en las áreas habitacionales periféricas de bajos ingresos que no son ni urbanas ni rurales; se trata más bien de espacios degradados tanto para la producción agrícola como para un razonable uso habitacional.

2.3 CONSUMO ENERGÉTICO

A continuación, el consumo energético de la ZMVM presenta las estadísticas del destino de la energía primaria, es decir, nos da un panorama de la oferta y demanda de la energía, desde 1990 al año 2006. La energía destinada al consumo final de la ZMVM para el año 2006, se contabilizó en 545 PJ, con un ligero aumento del 1% con respecto al Inventario de Emisiones 2004.

Los sectores más importantes por su demanda de energía en el periodo, es el sector transporte, el cual ha tenido una participación promedio de 57% del consumo energético, así como el sector industrial con 27% (ver Tabla y Gráfica 2.3.1). El incremento en el consumo por parte del sector transporte es un reflejo del constante crecimiento de la flota vehicular, sin embargo, el resto de los sectores se han mantenido relativamente constantes, excepto el caso del sector residencial, el cual ha presentado una ligera disminución, atribuida esencialmente al uso de electrodomésticos, en particular calentadores y estufas de encendido electrónico.



El consumo promedio diario de los combustibles en la ZMVM para el año 2006, se estimó en 306 mil barriles equivalentes de gasolina; es decir 49 millones de litros por día.

En la Tabla 2.3.2 se presenta el consumo por tipo de combustible y se observa que la demanda energética de la ZMVM es cubierta principalmente por gasolina la cual representó el 43% de la demanda.



En segundo lugar se tiene al gas natural, el cual participó con el 24%, es importante mencionar que el consumo de gas natural es abundante, debido a que produce 6 MJ por barril, a diferencia de los demás combustibles, que generan alrededor de 5,000 MJ por barril de combustible.

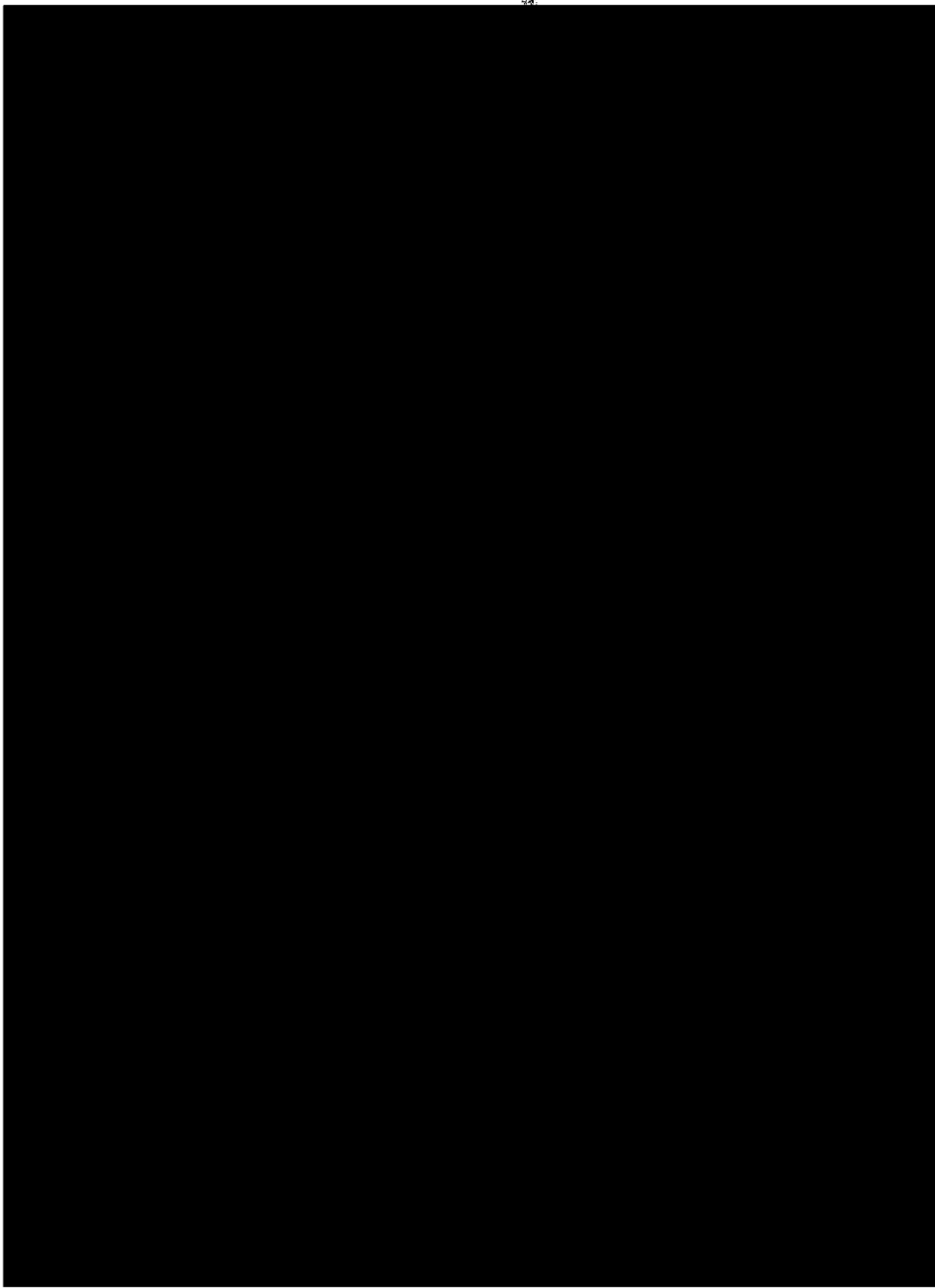
383

Los sectores más importantes por su demanda de energía es: el sector transporte, el cual tuvo una participación del 57% del consumo energético total, teniendo a la gasolina como el principal combustible utilizado; mientras que el sector industrial consumió el 27%, utilizando en su mayoría gas natural.

Para satisfacer los requerimientos de cocción, iluminación, calentamiento, uso comercial y de servicios, la ZMMV utilizó gas licuado de petróleo y gas natural, sin embargo, los principales requerimientos los cubrió el GLP con una participación del 93% y 94% del consumo en el sector residencial y de servicios, respectivamente.

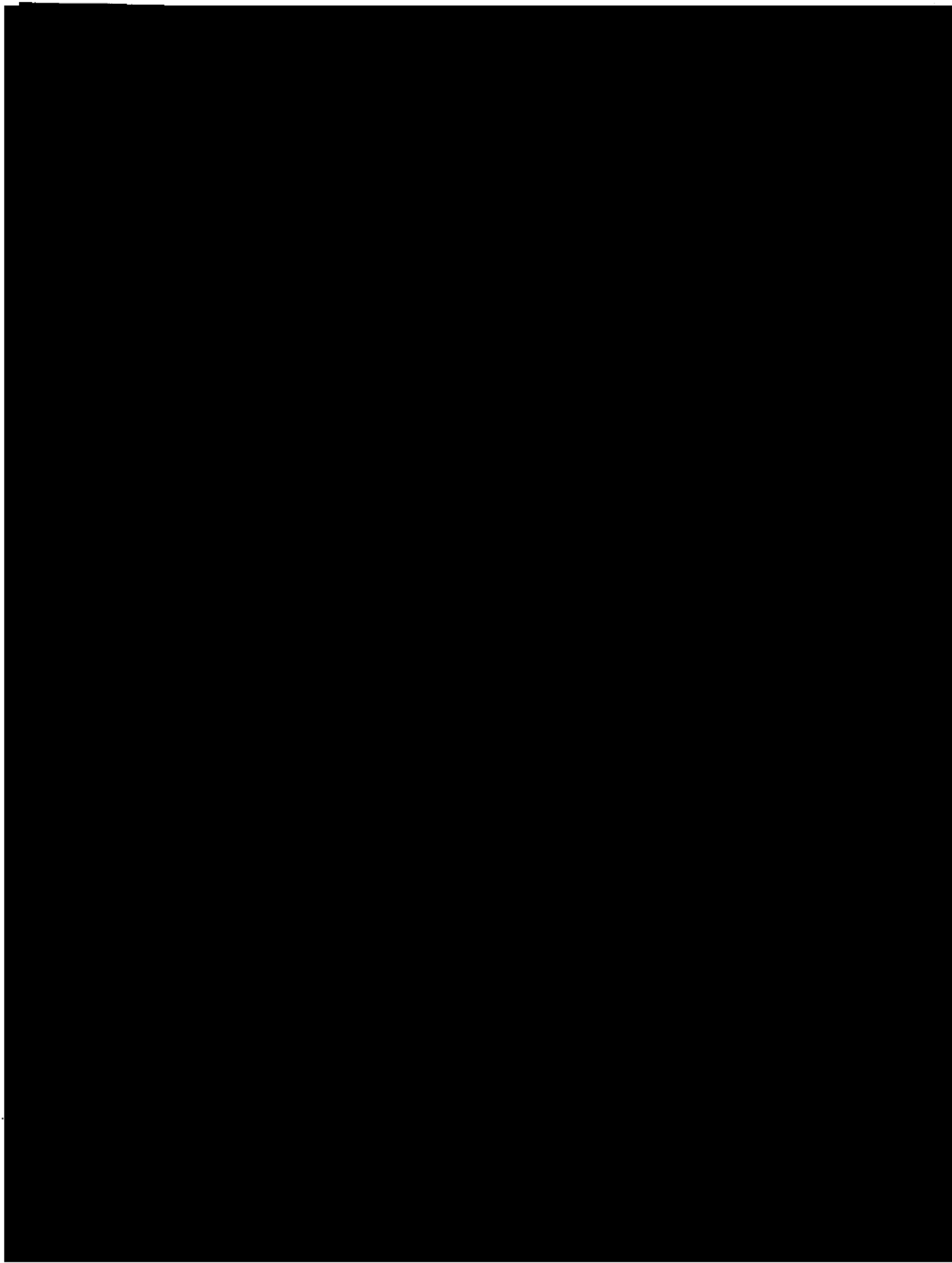
ORIGINAL
MIC



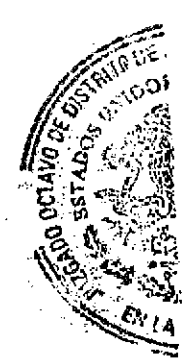




00261



1950
MAY 10
1950



00262

385

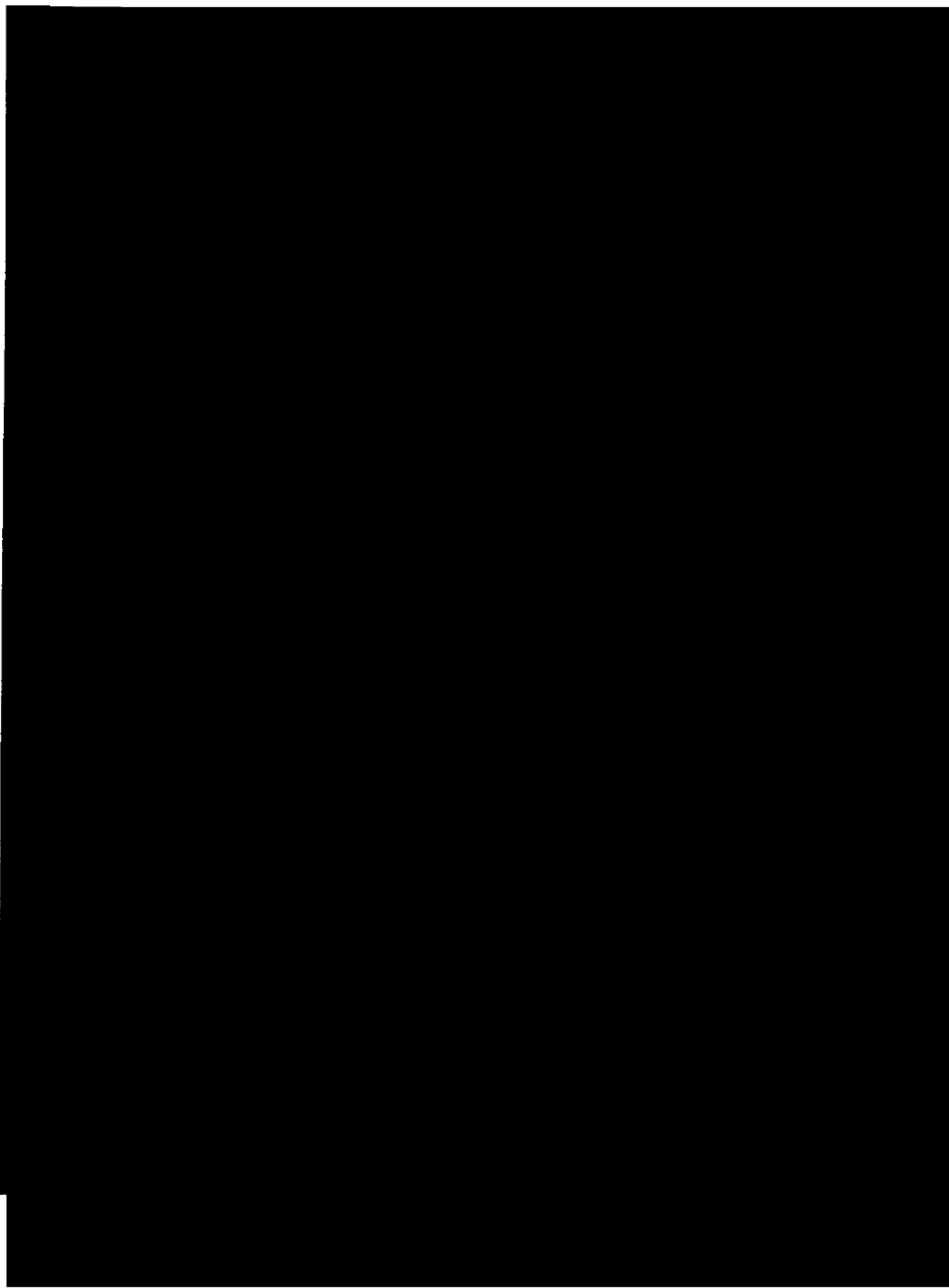


00263

37

9





EXHIBIT



00265

89

01

ORIGINAL
TEXT
CIVIL



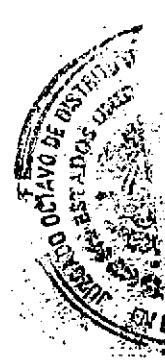
890

OLYMPIC

OLYMPIC
OLYMPIC
OLYMPIC
OLYMPIC



391



SECRET



00269

393

205

SMITEXIO



OLIVIA

1944



00271

35

207

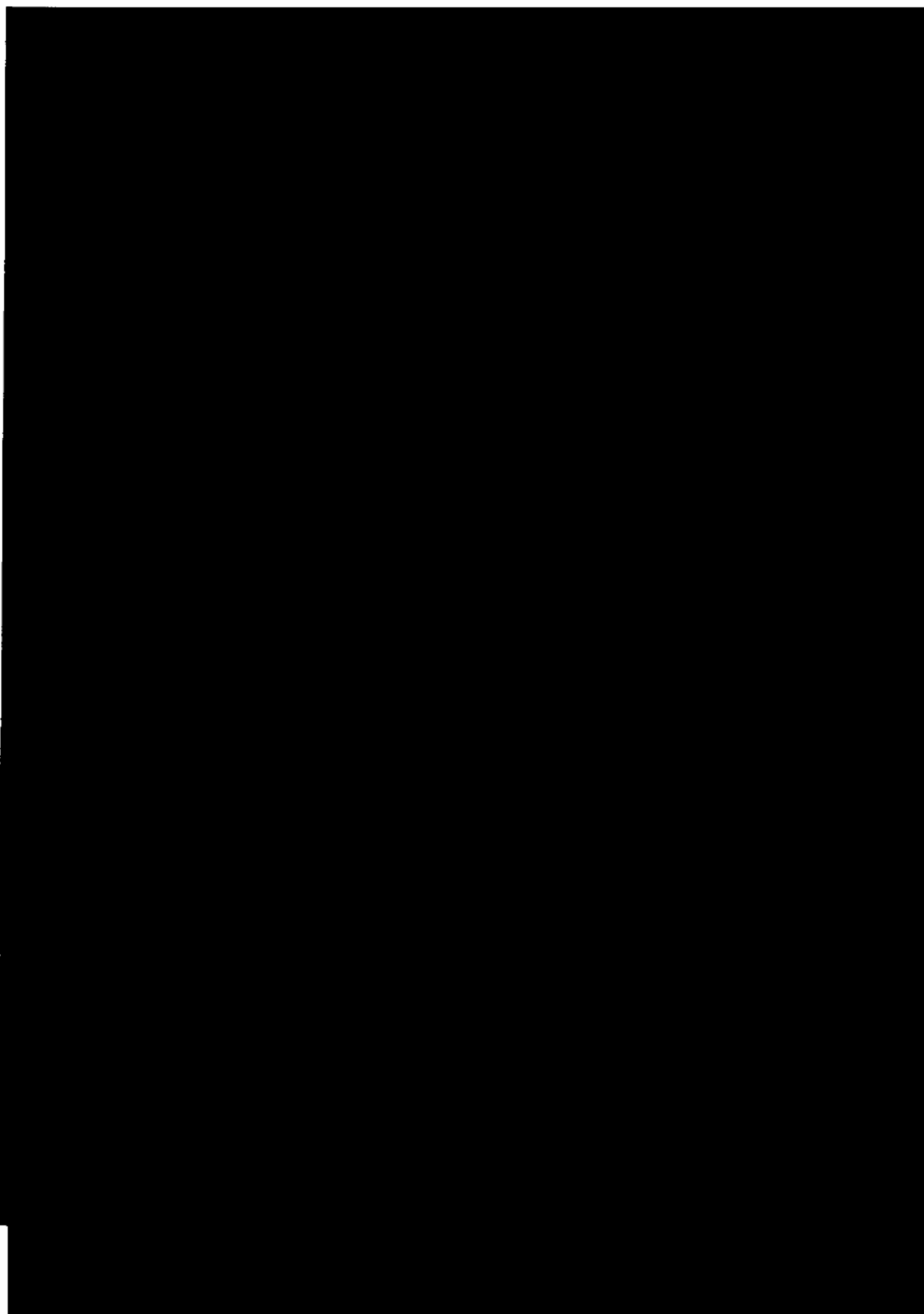


00272

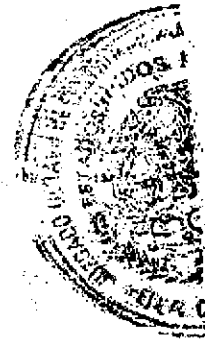
00 396

STREET
111
R





SIN TEXTO



00274

00 396

RETORNO

00219

OK
10
10
10



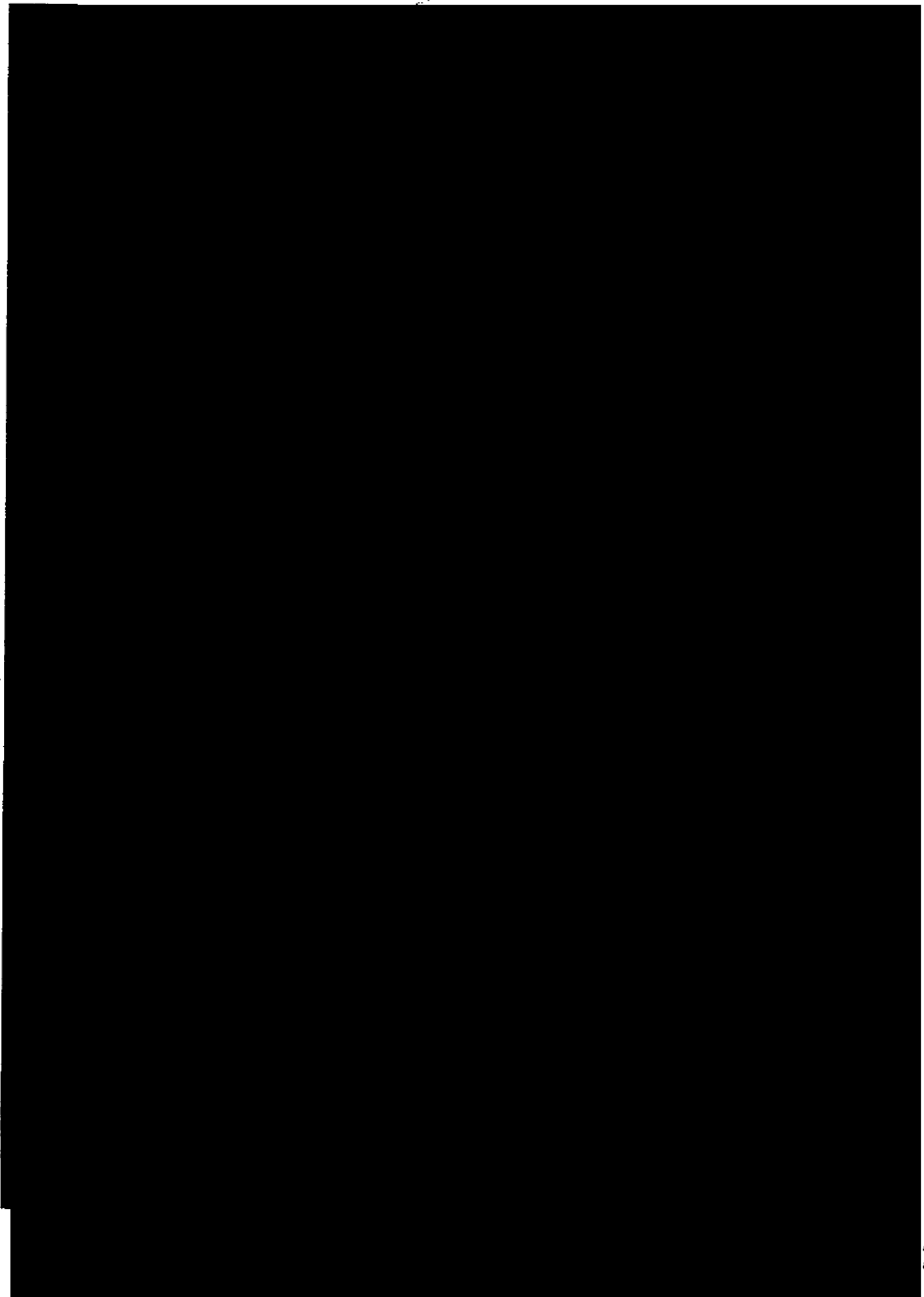
00275

00 399

1952



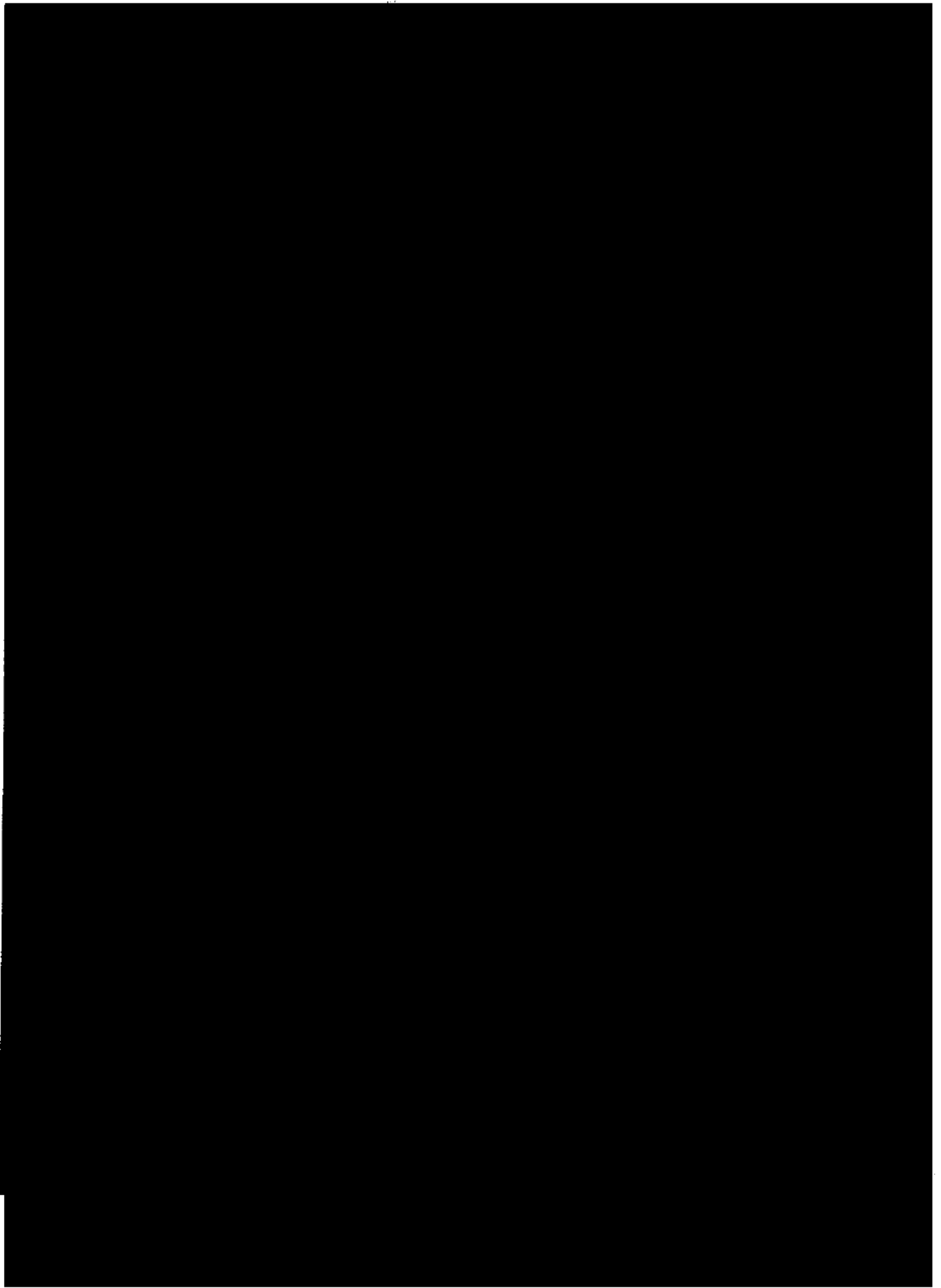
11



RECEIVED
JAN 14 1964
U.S. DEPT. OF JUSTICE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D.C.

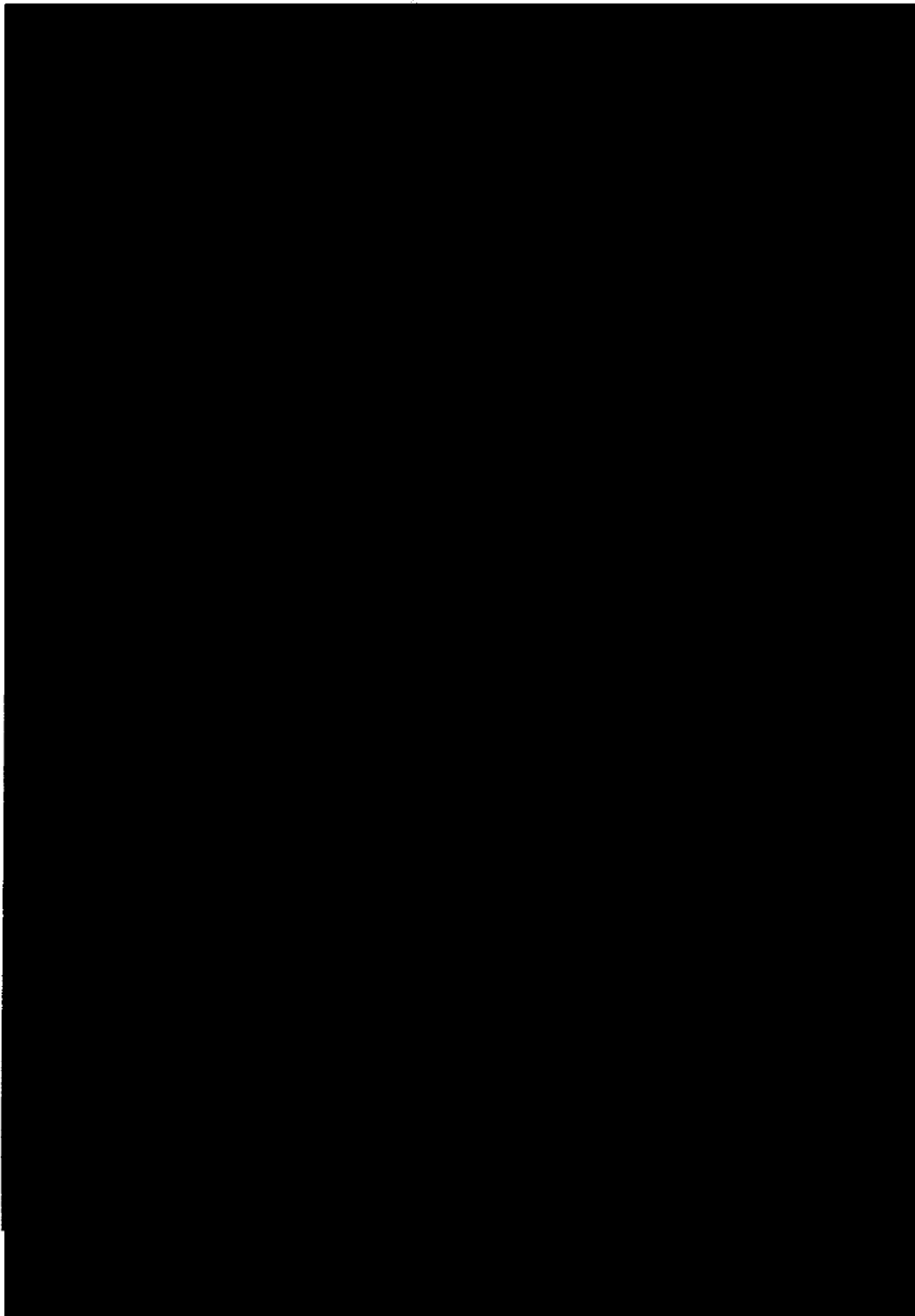


00277 00 401

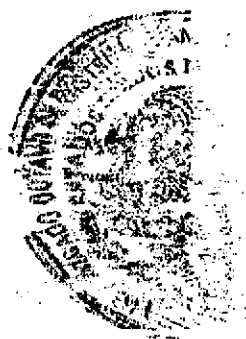


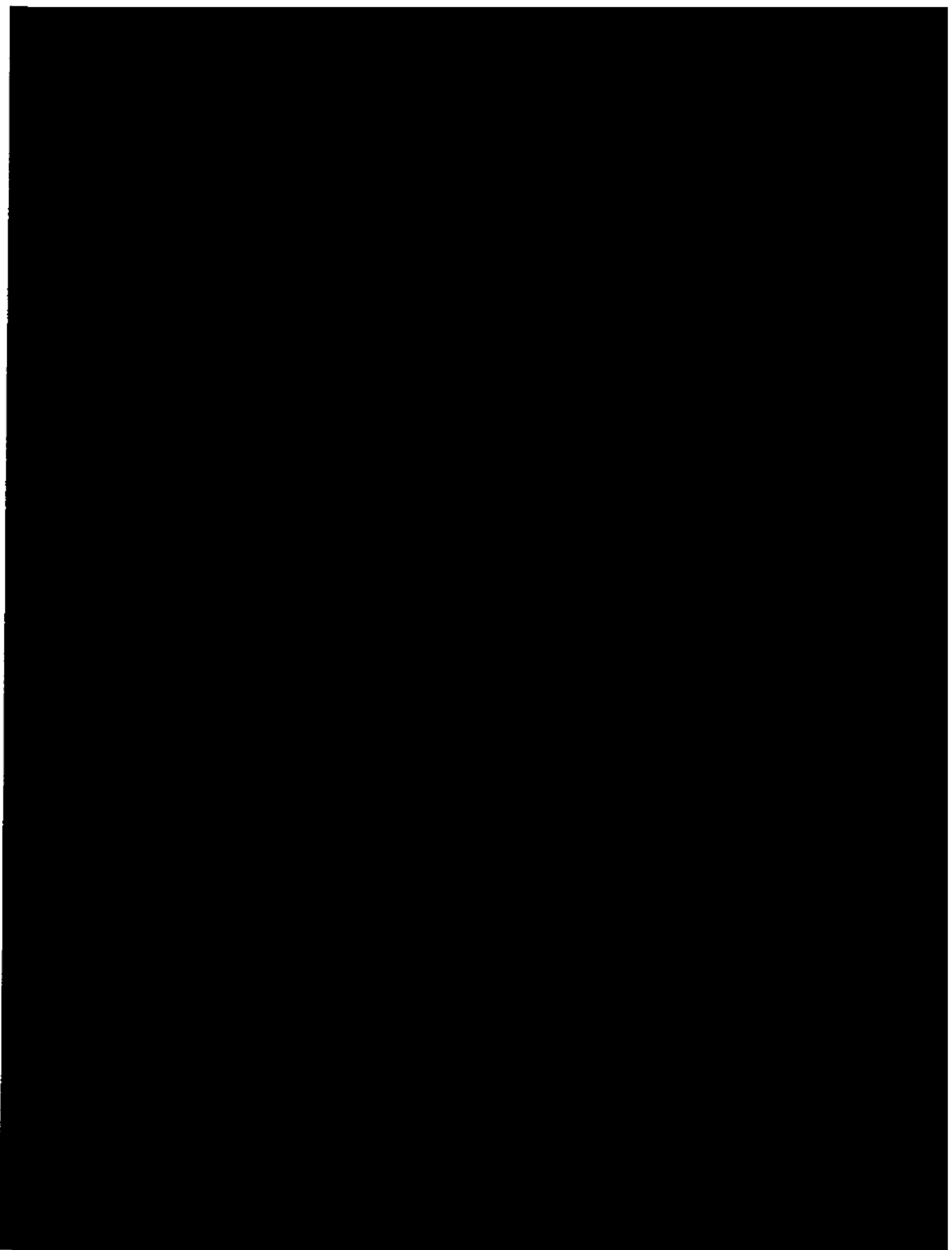
SIN TEXTO



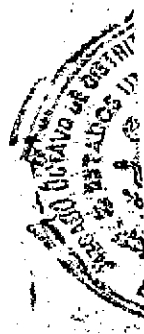


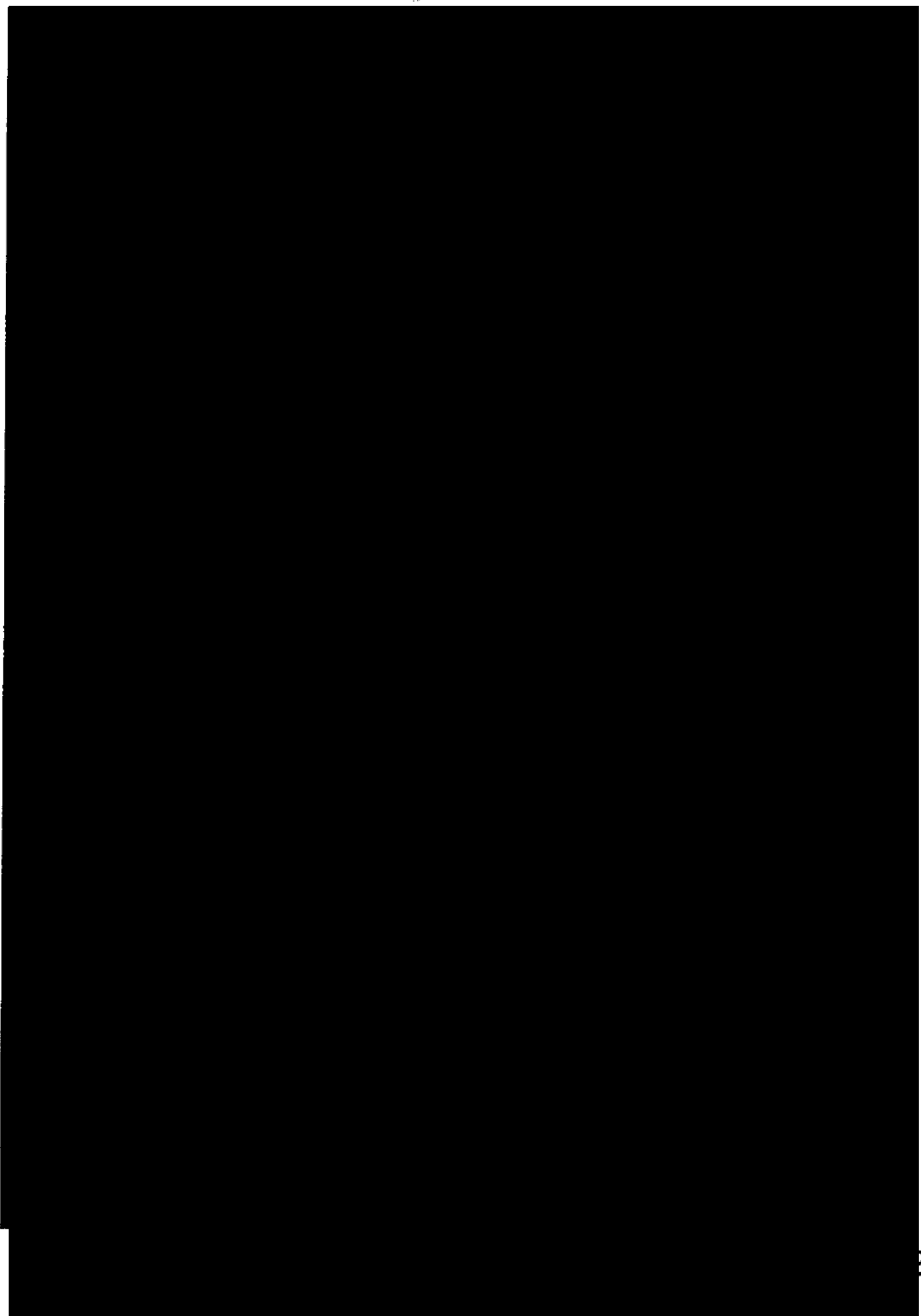
SIN TEXTO





01111





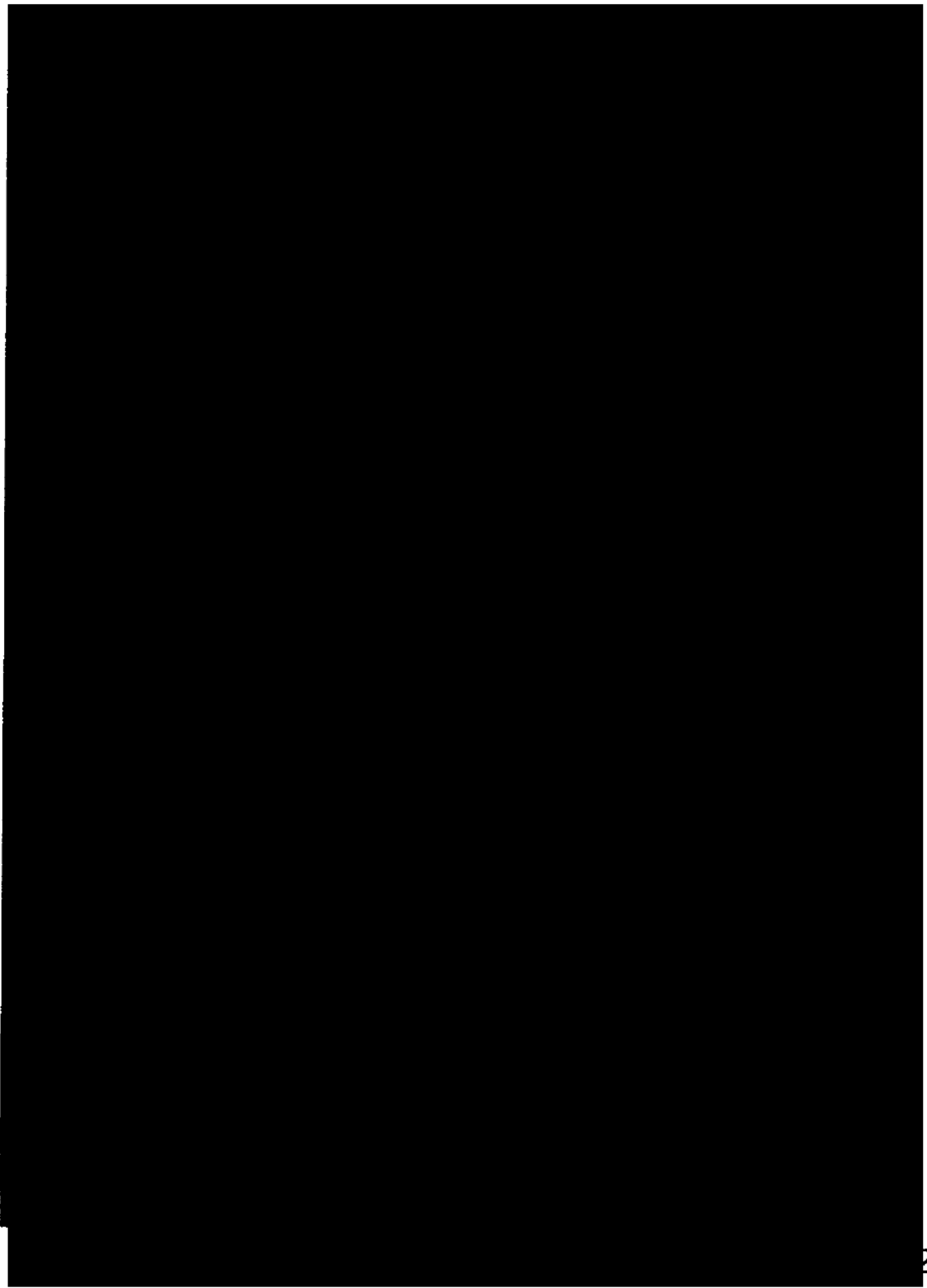
OKED
11/11/54



11/11/54

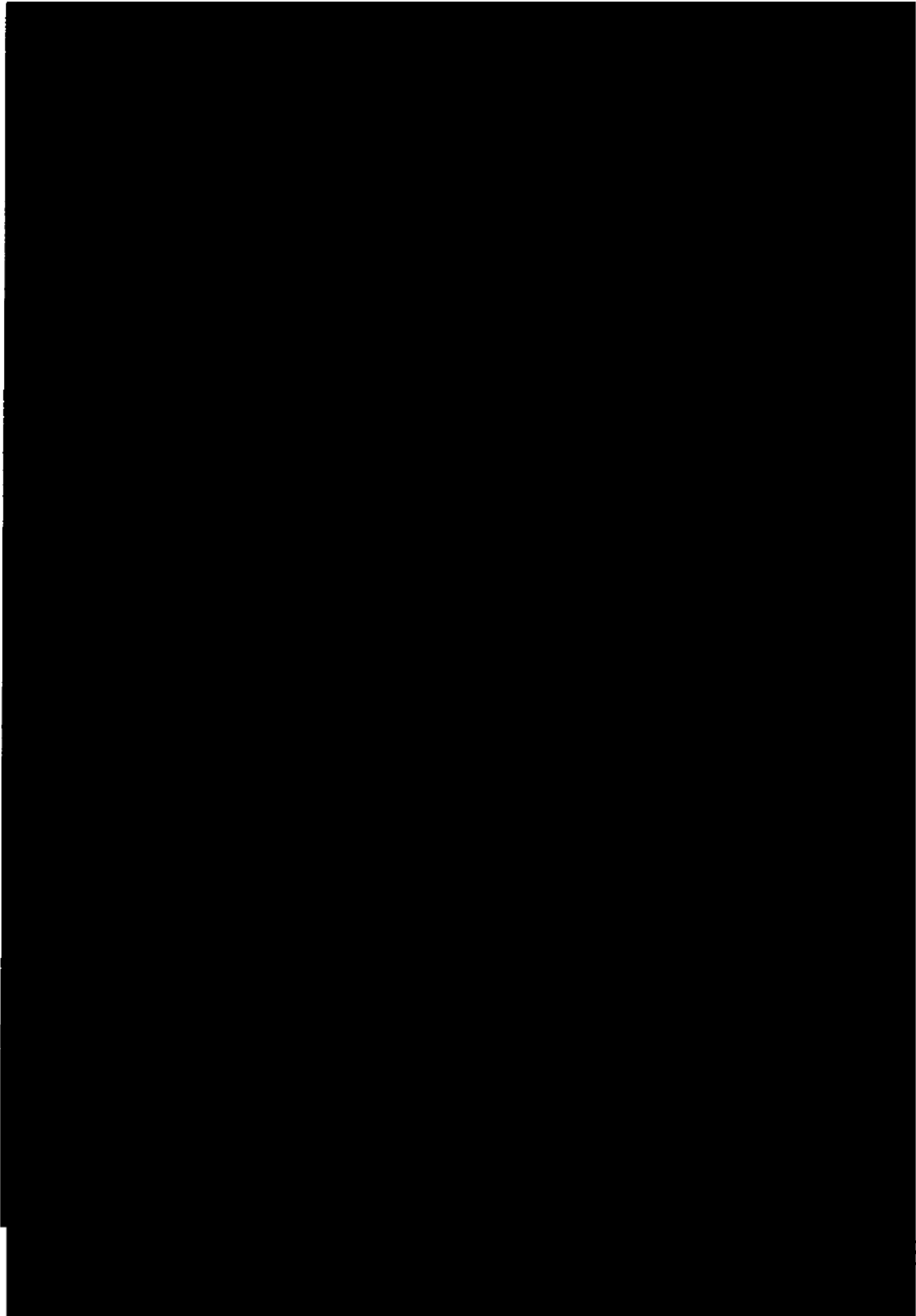
00281

00 405



ALL TEXT





ORIGINAL
1/15/50

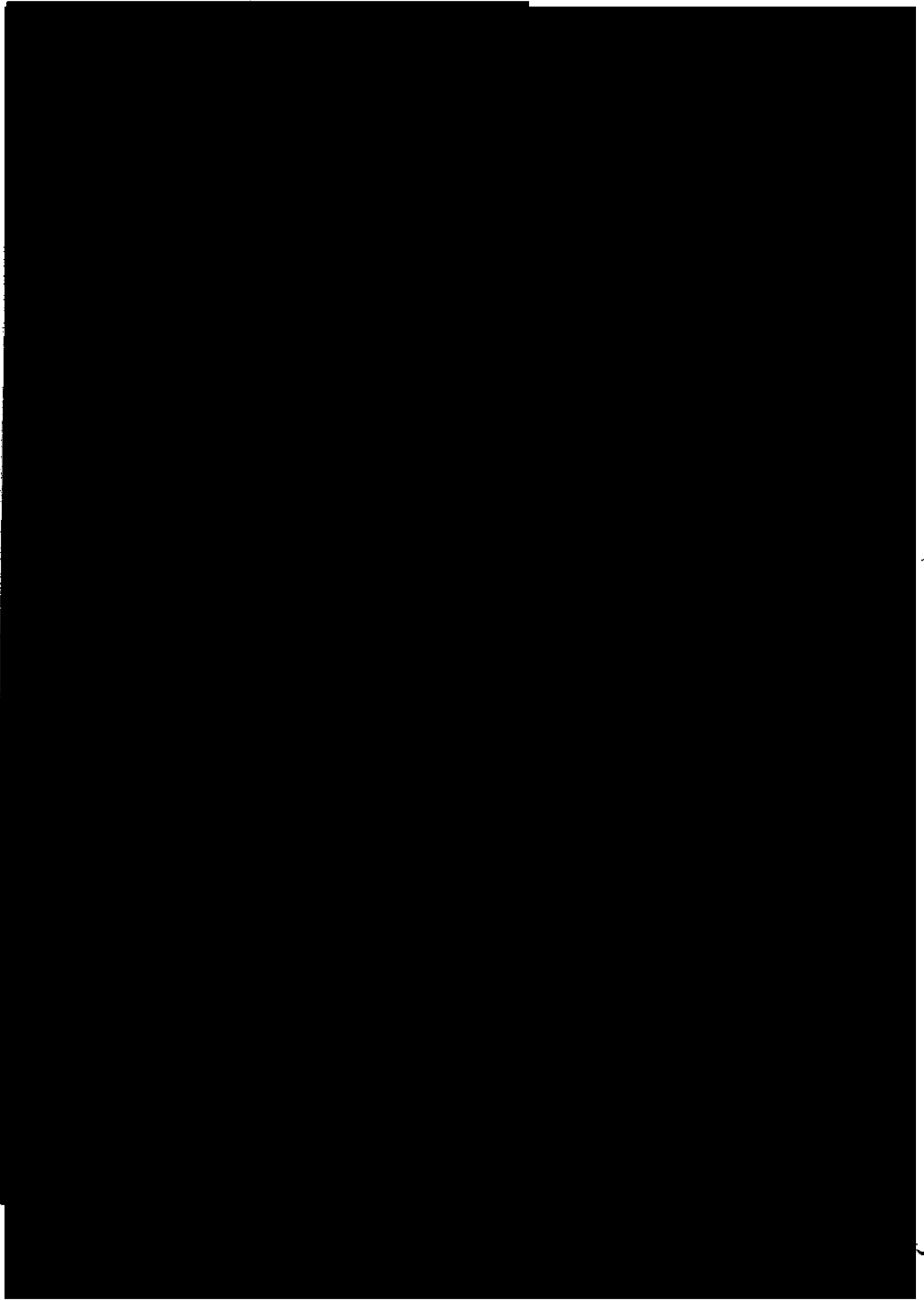


00283
00 407

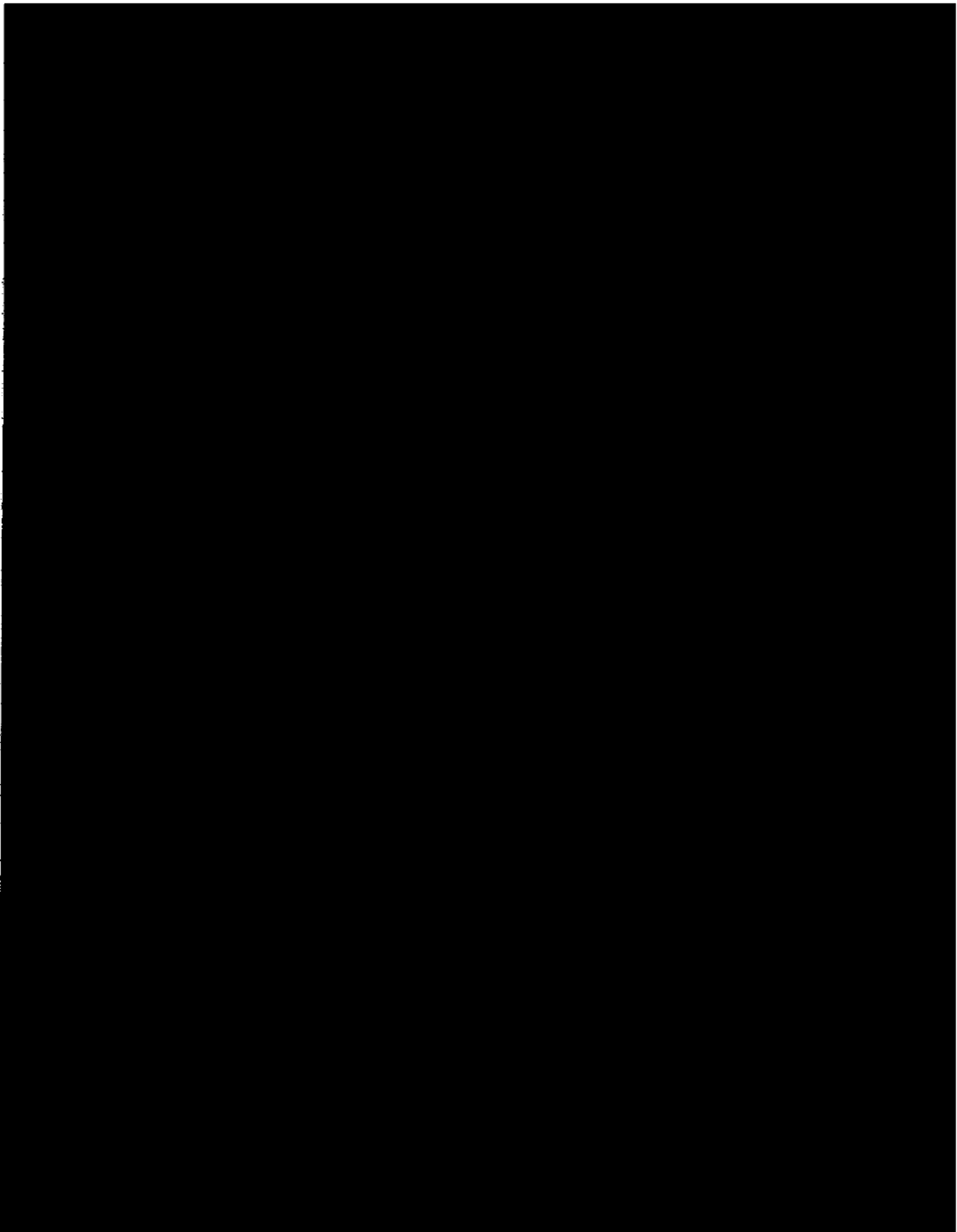
RECEIVED
JUN 10 1964
FBI
WASHINGTON
D.C.



00284 00 408



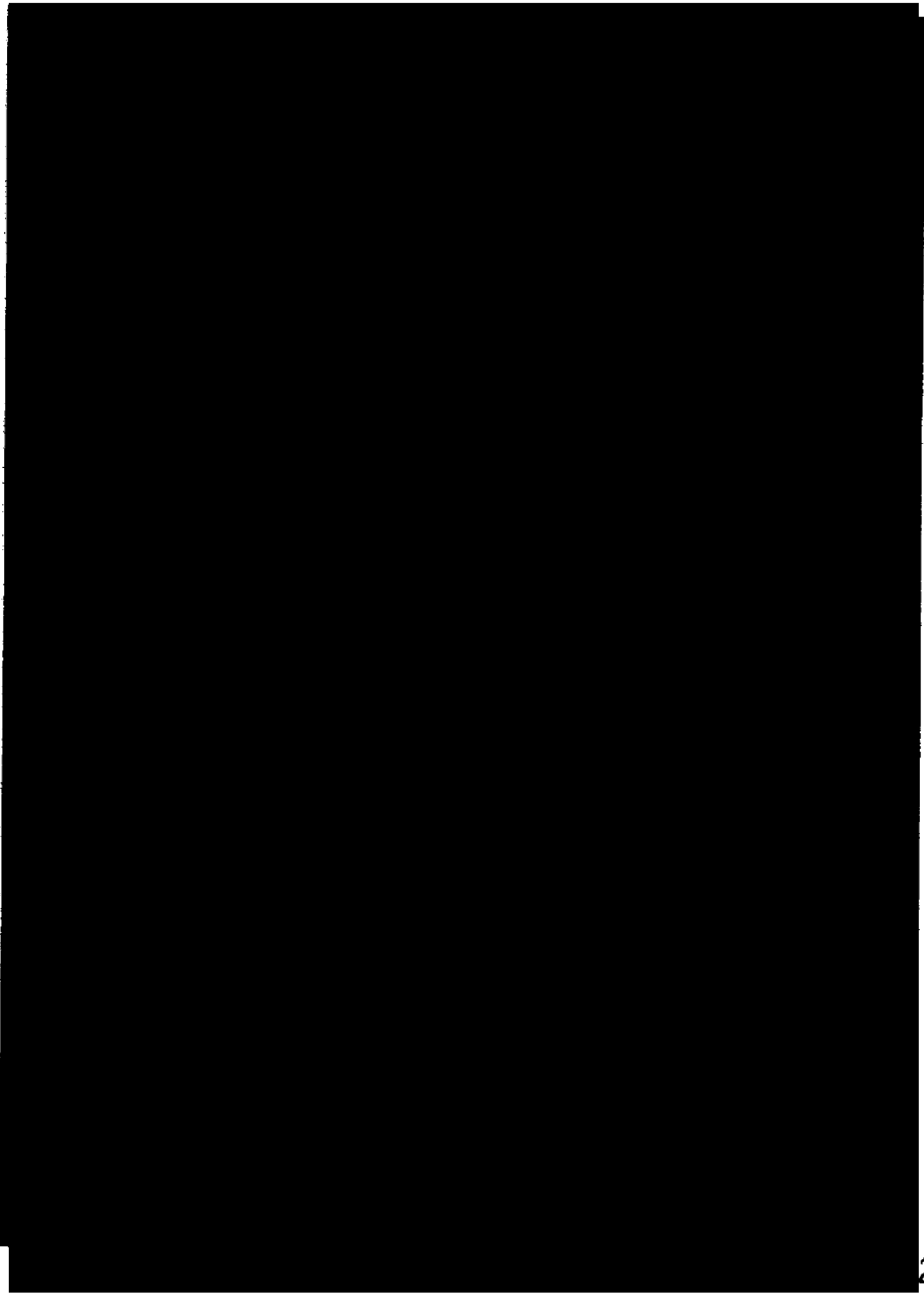




OKT
TAKO
SIN



00286



SECRET

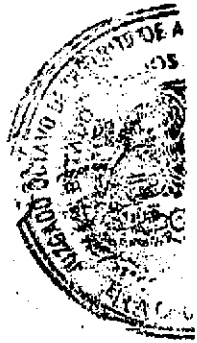


00287

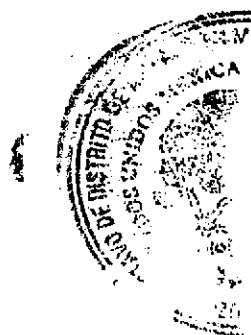


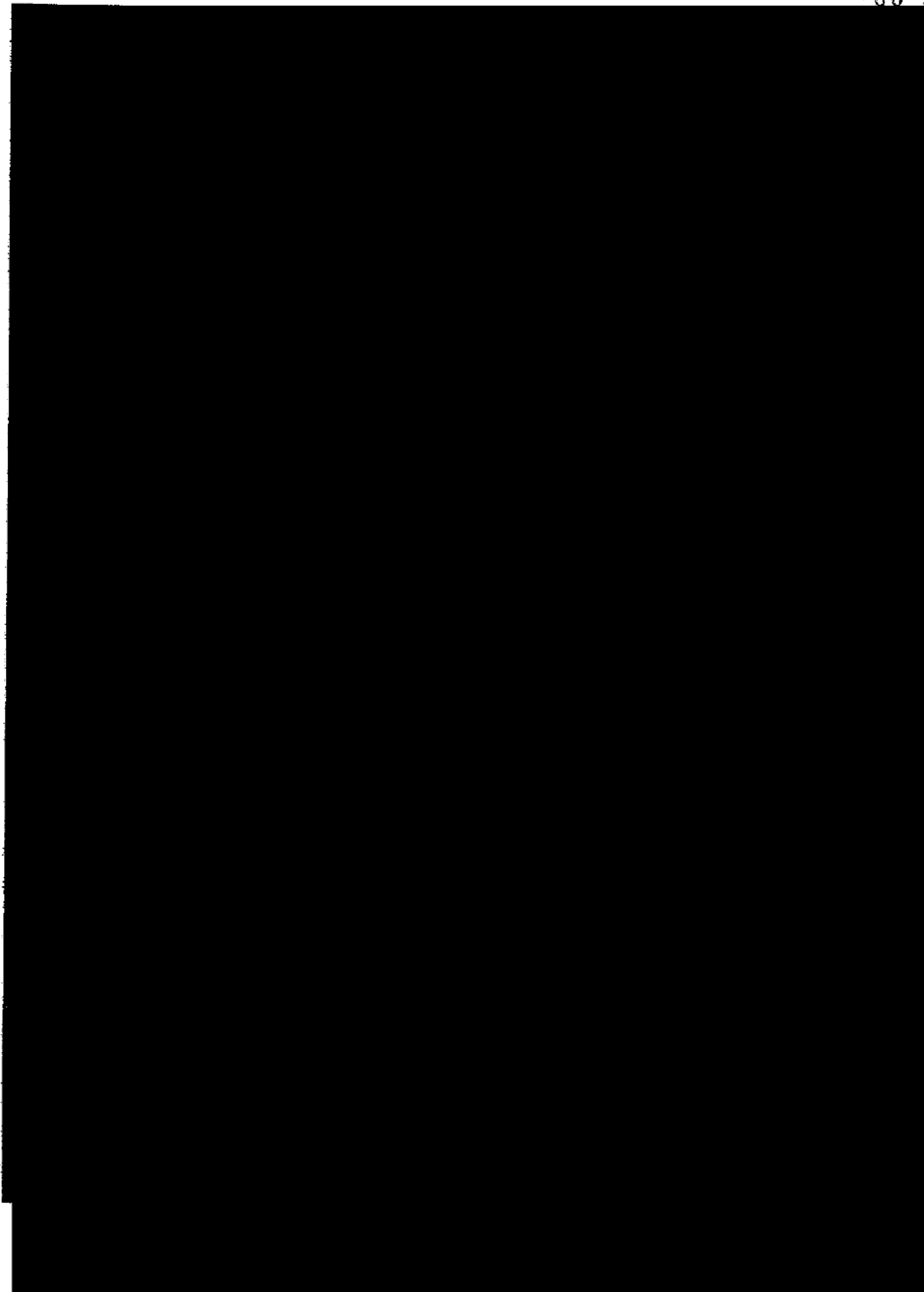
00288

00 412

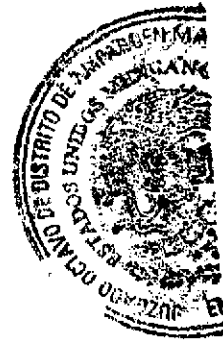


SIN TEXTO

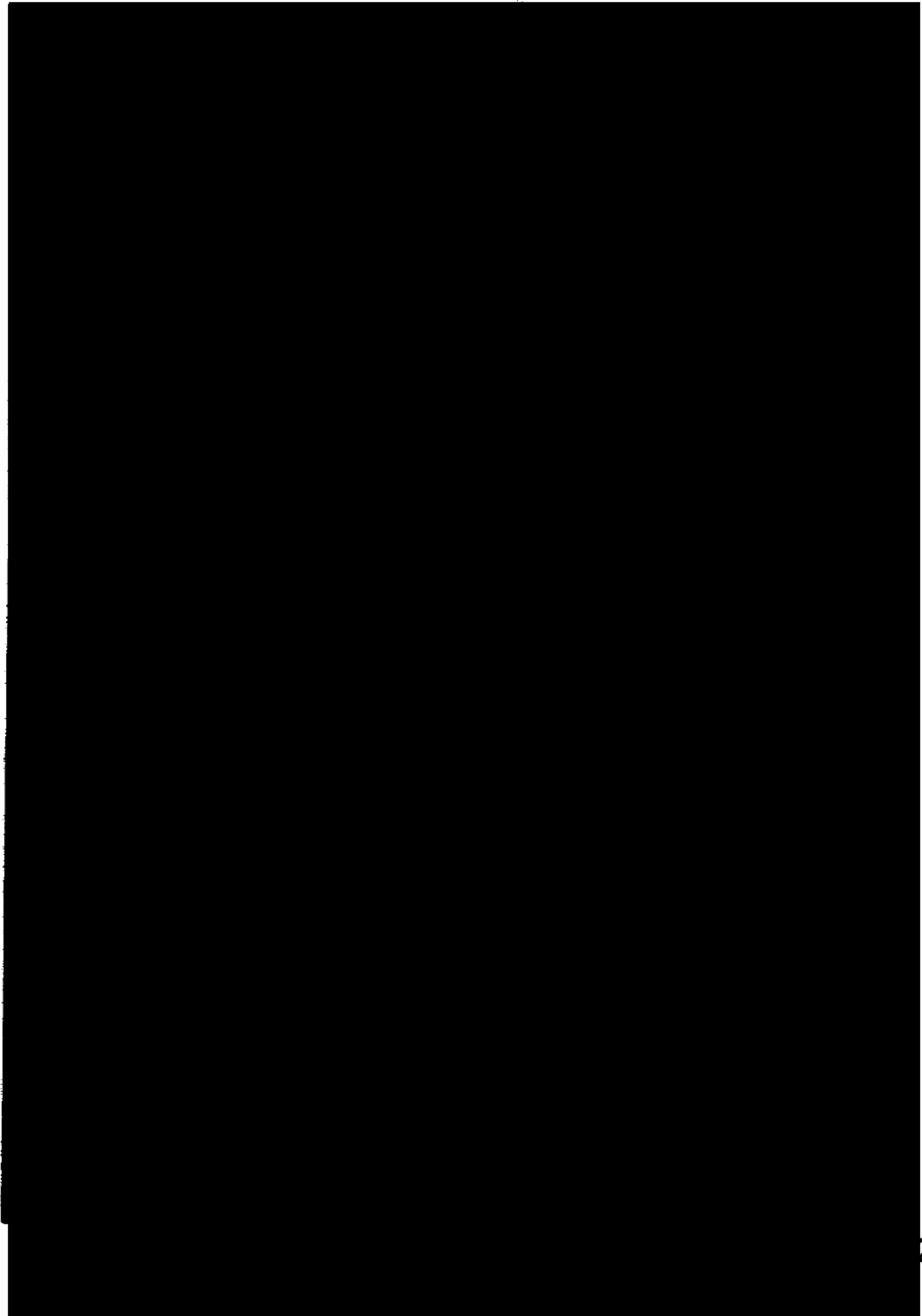




SIN
TEXTO



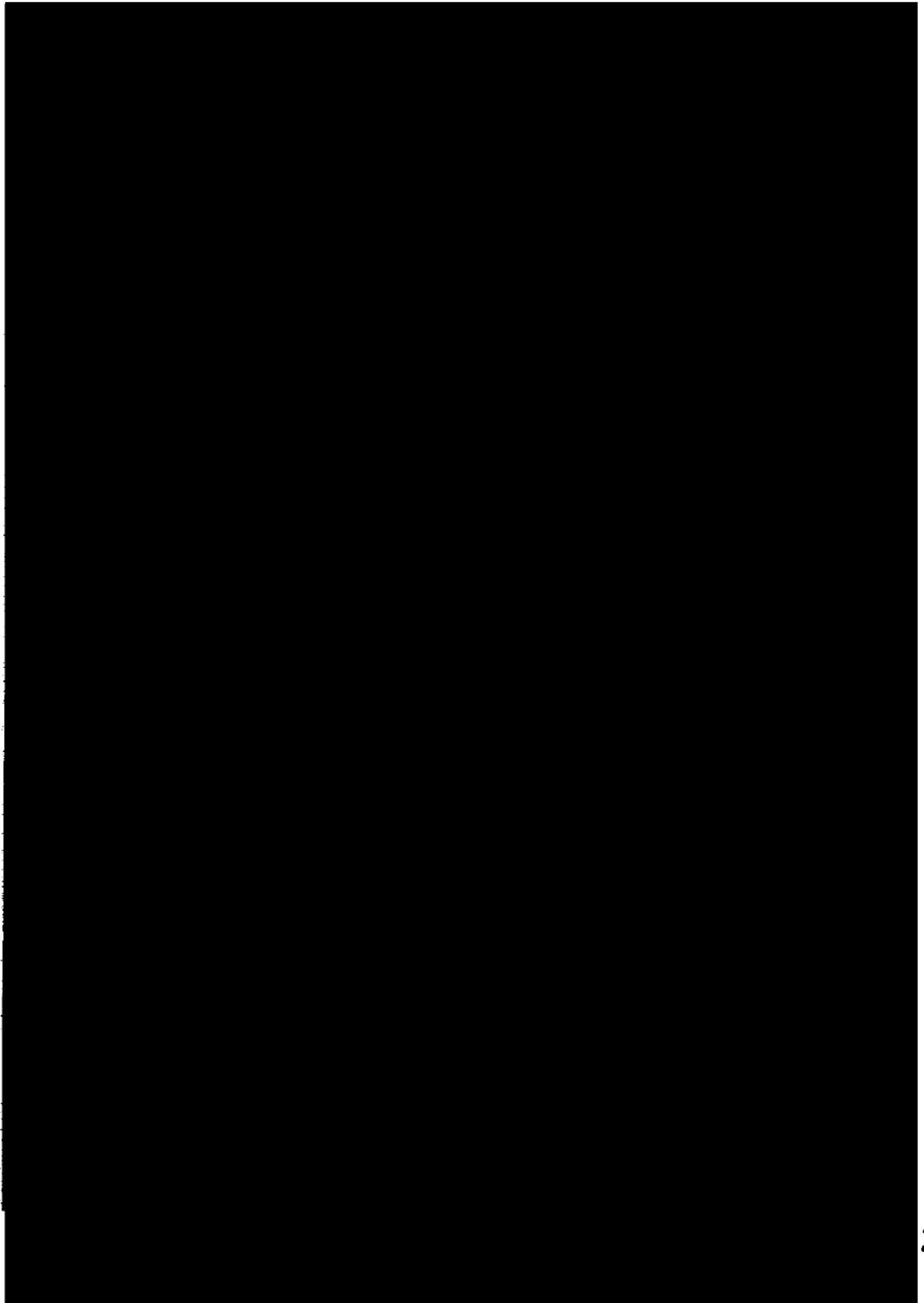




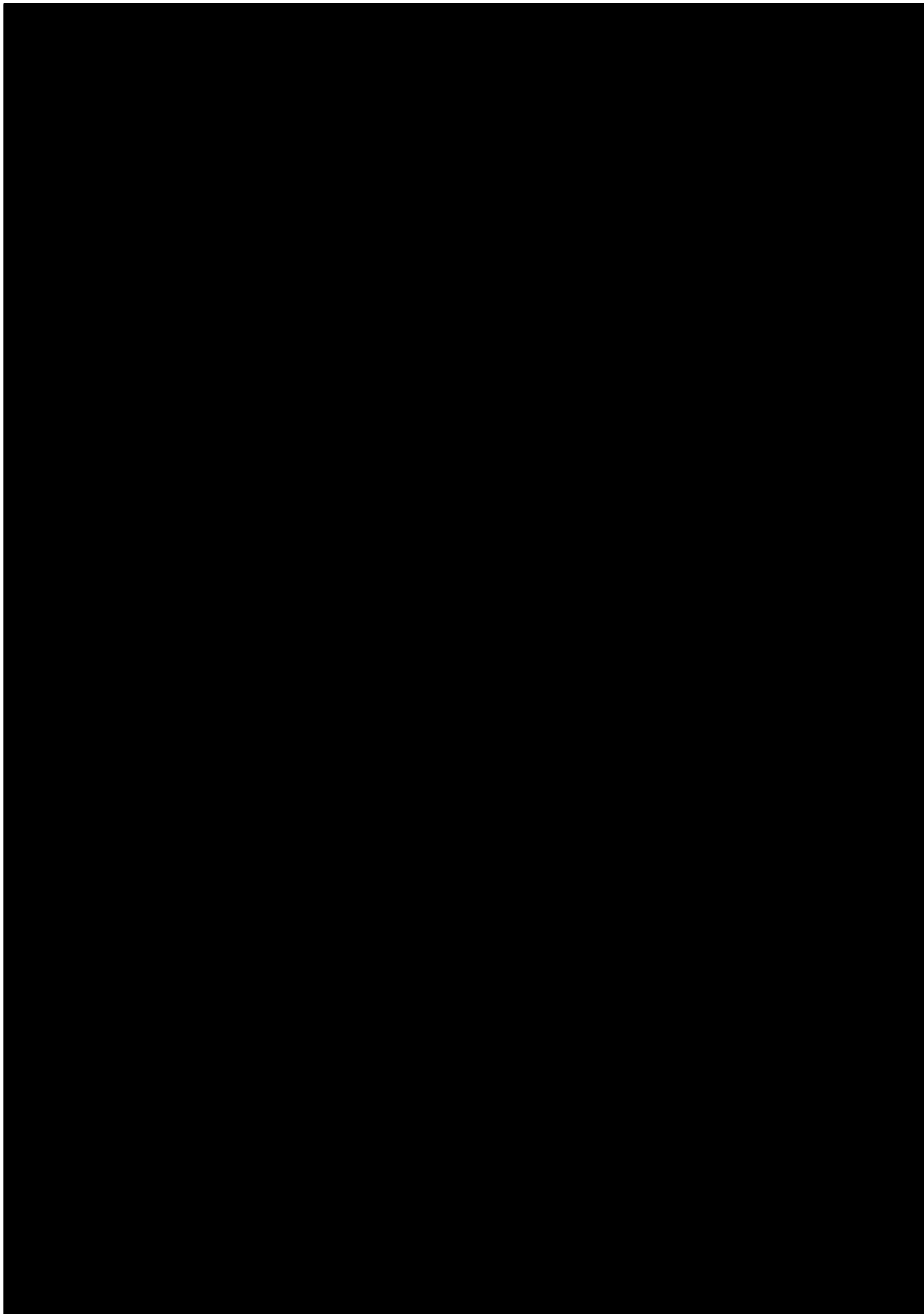


00293

00 417

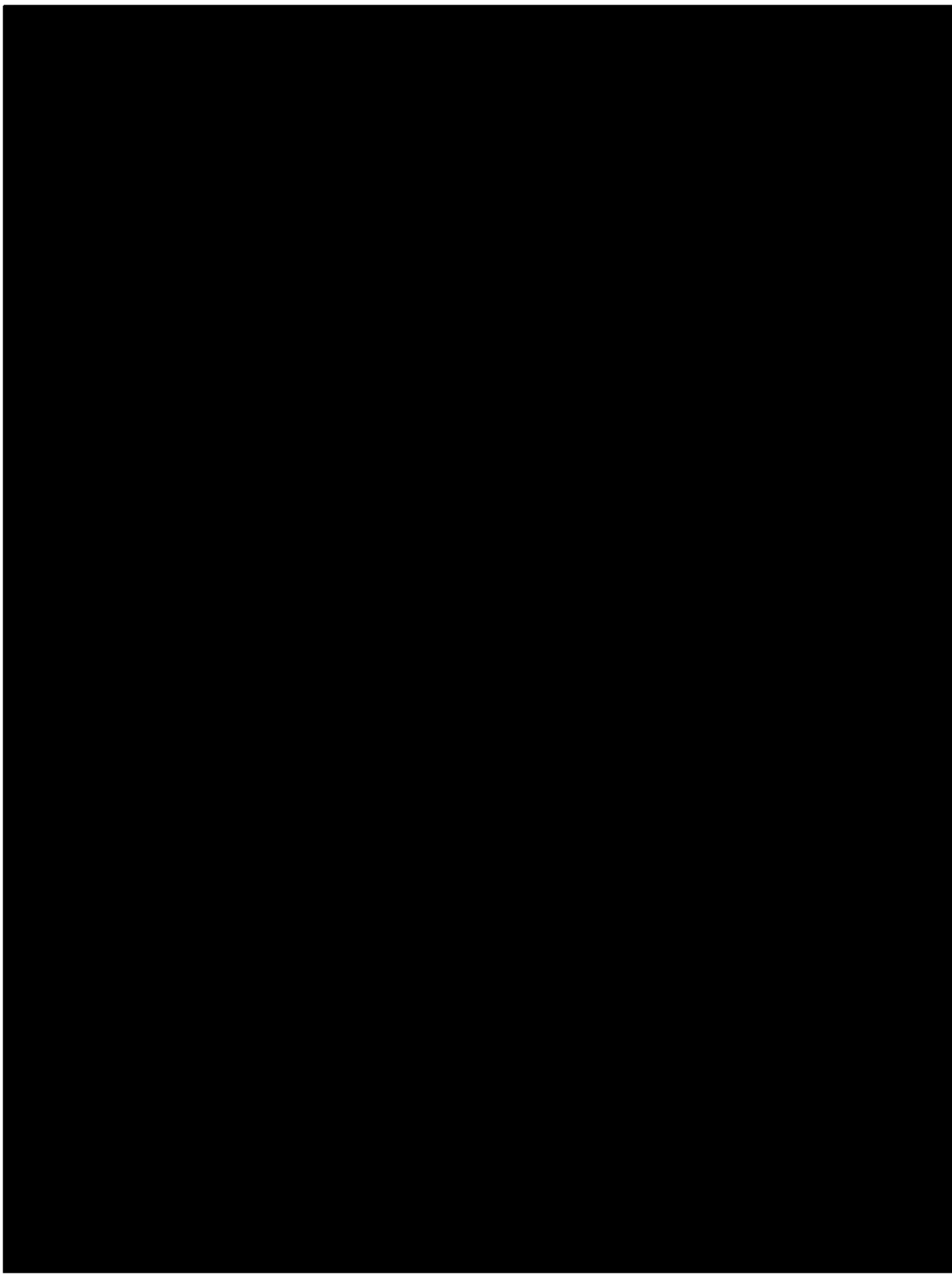






Handwritten text, possibly a signature or date, oriented vertically.





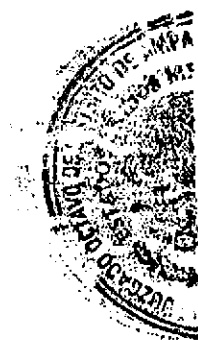
SHENKIO



00296

-00 420

SIN TEXTO



EXHIBIT

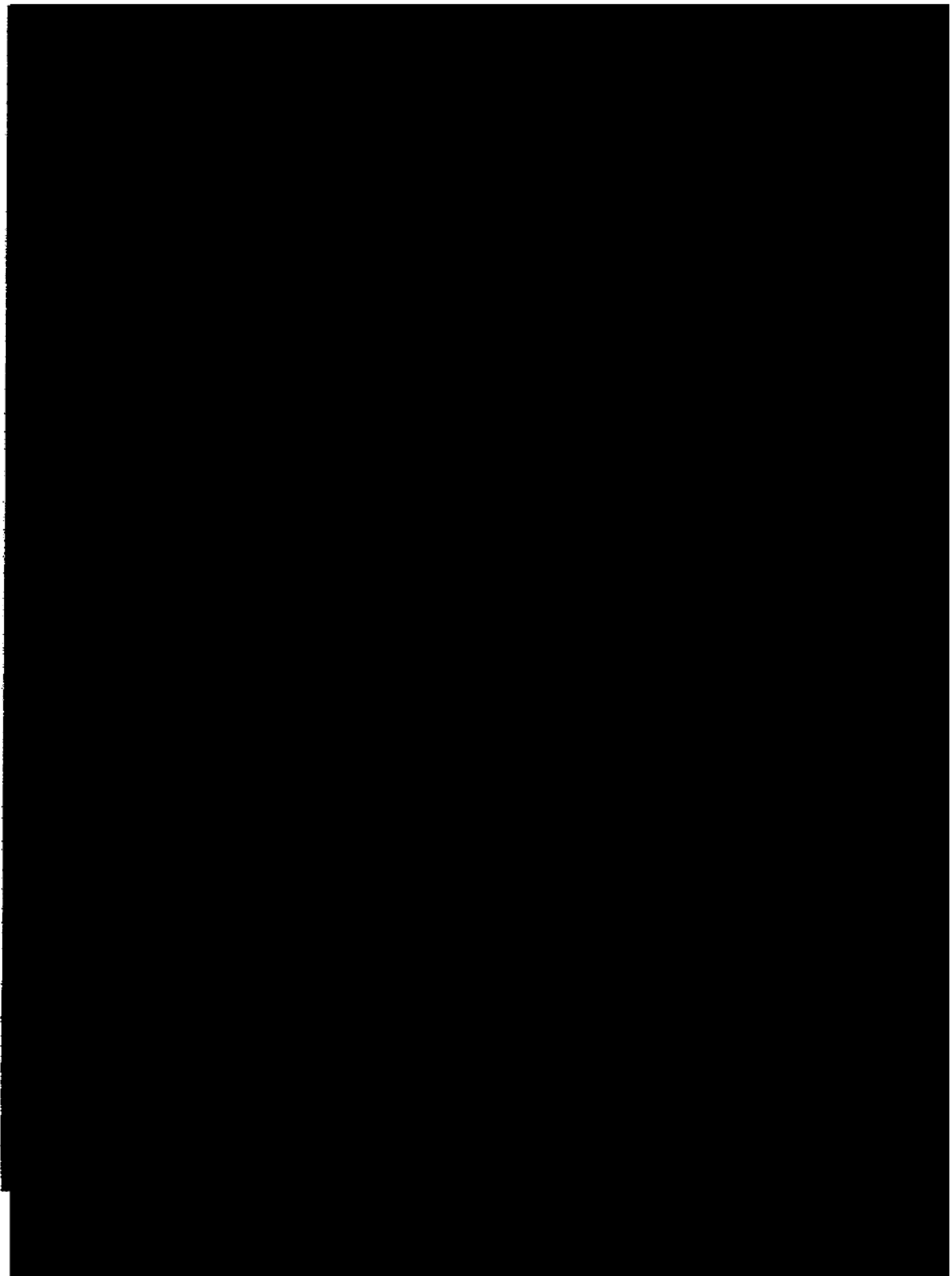


00298

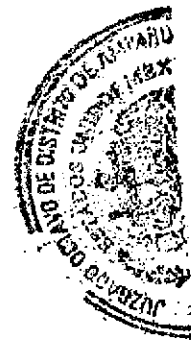
00 422

[Faint, illegible handwritten text]

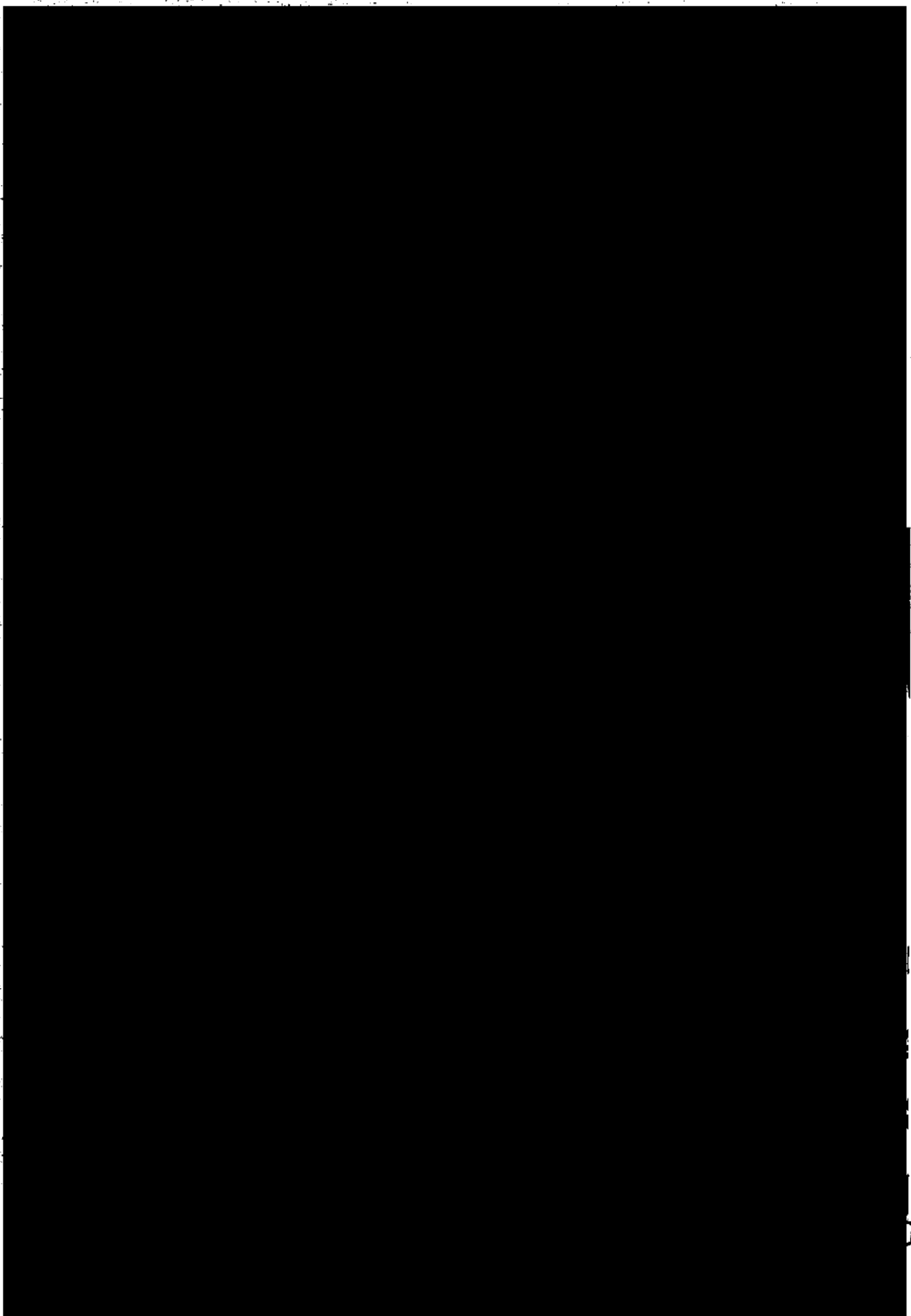




11

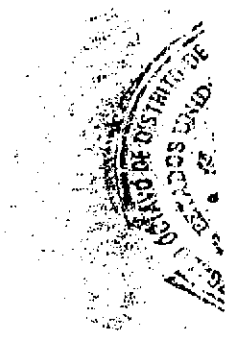


00300 00 424

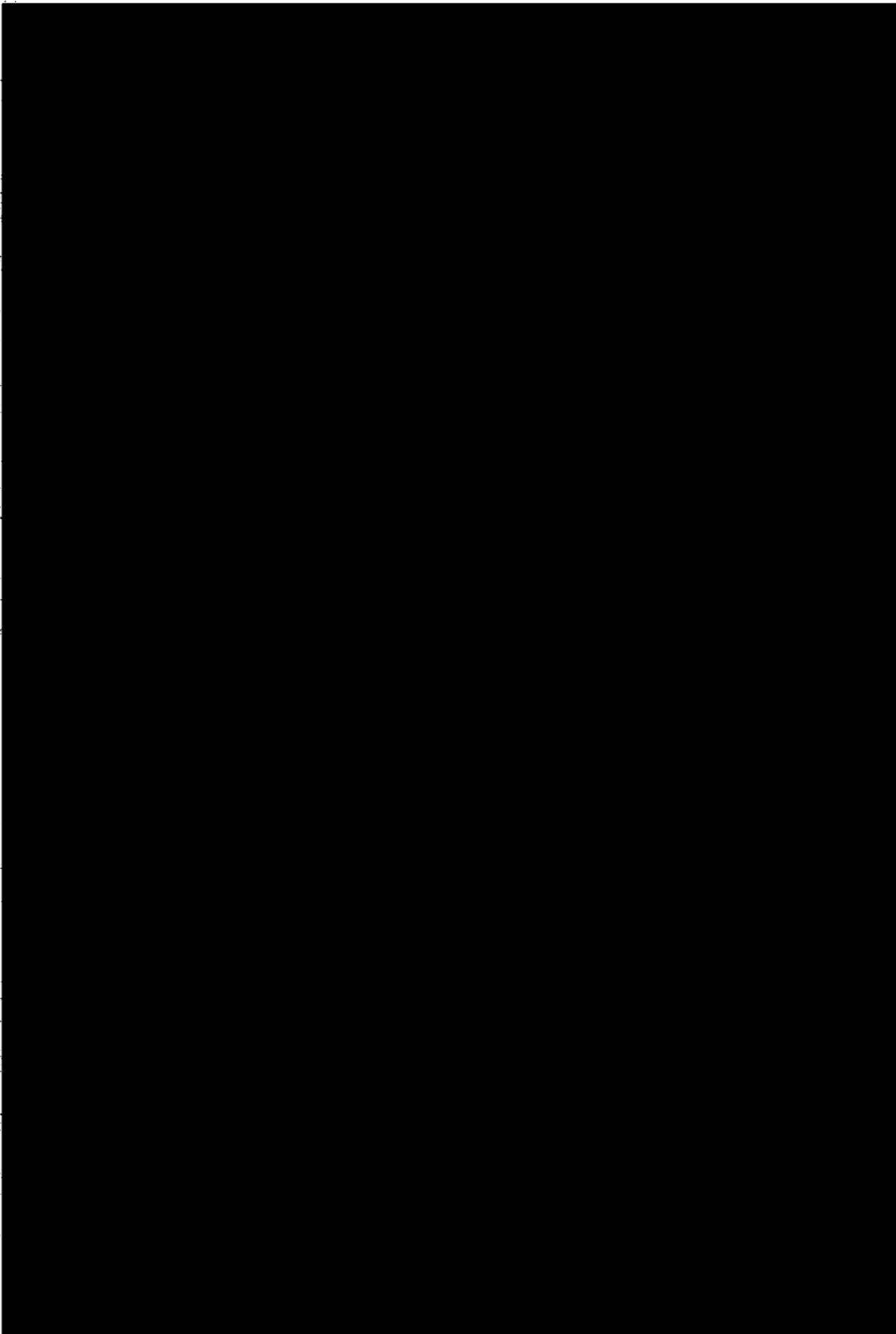


0236

SIN TEXTO



00301 00 425



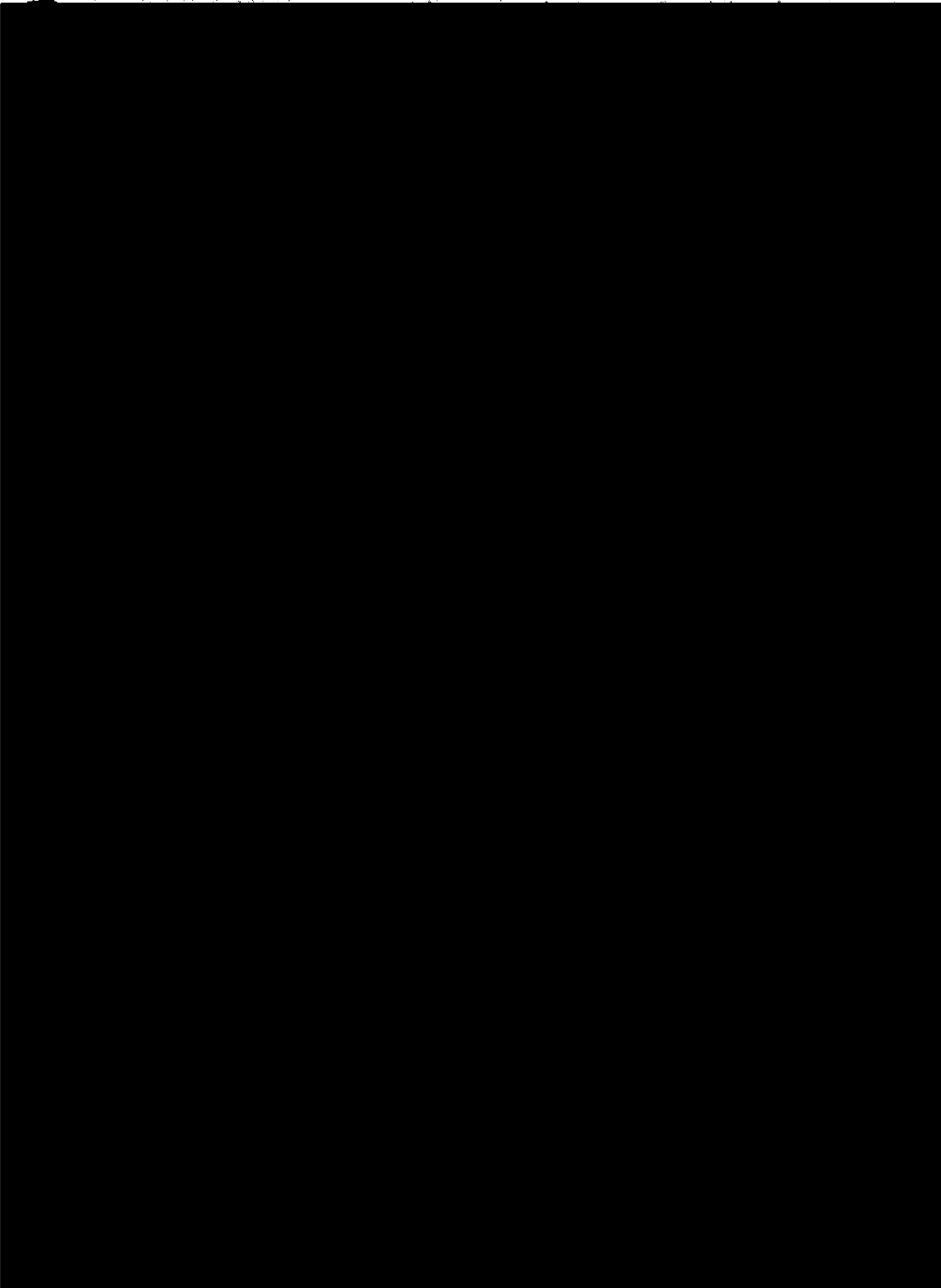
00237

OKT 1971



00302

00 426



00238



00303

)

)

)

)

)

497

00239



[Faint, illegible handwritten text, possibly a signature or stamp]

00304

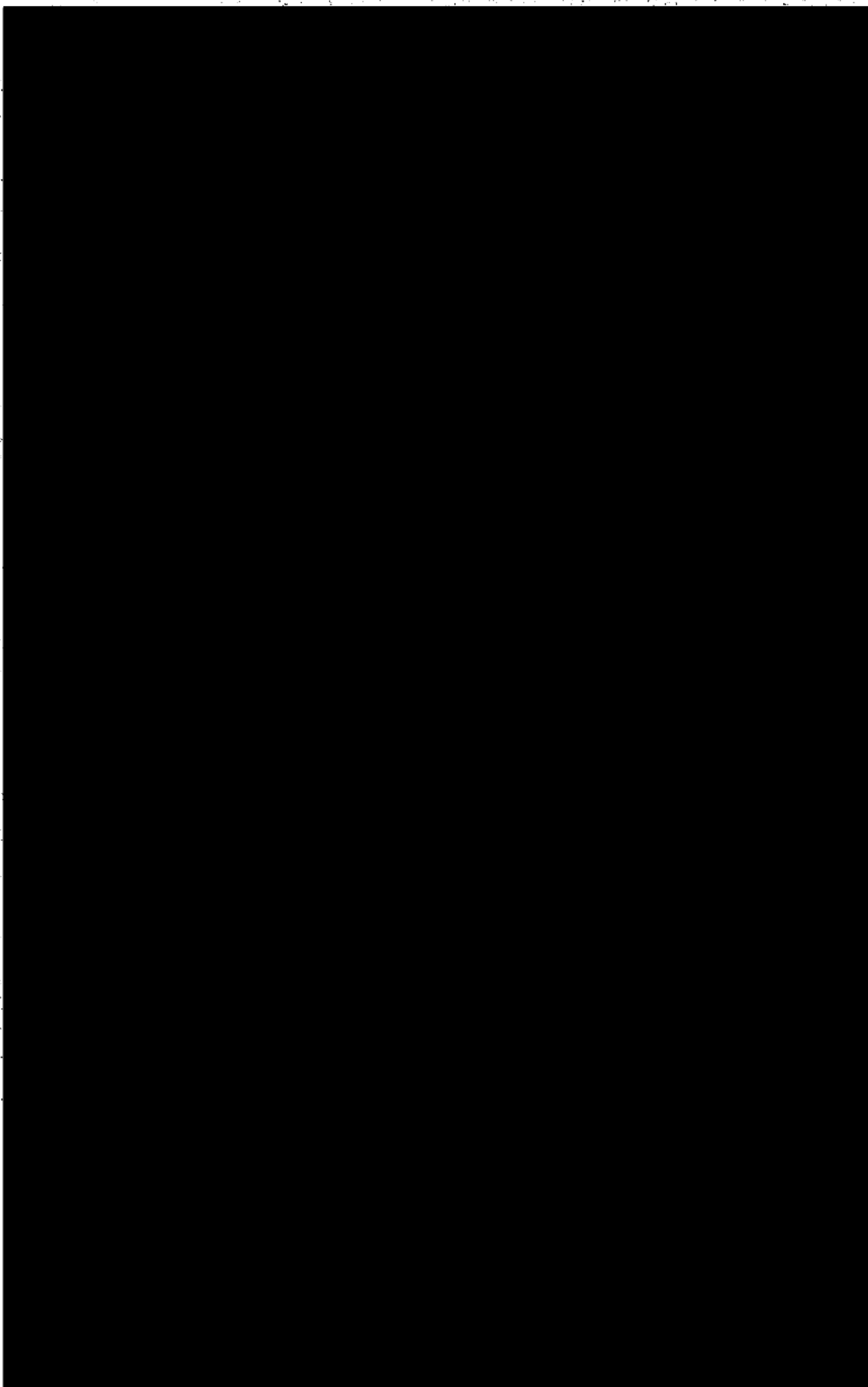
METODOLOGIA

00249



SIN TEXTO

00305



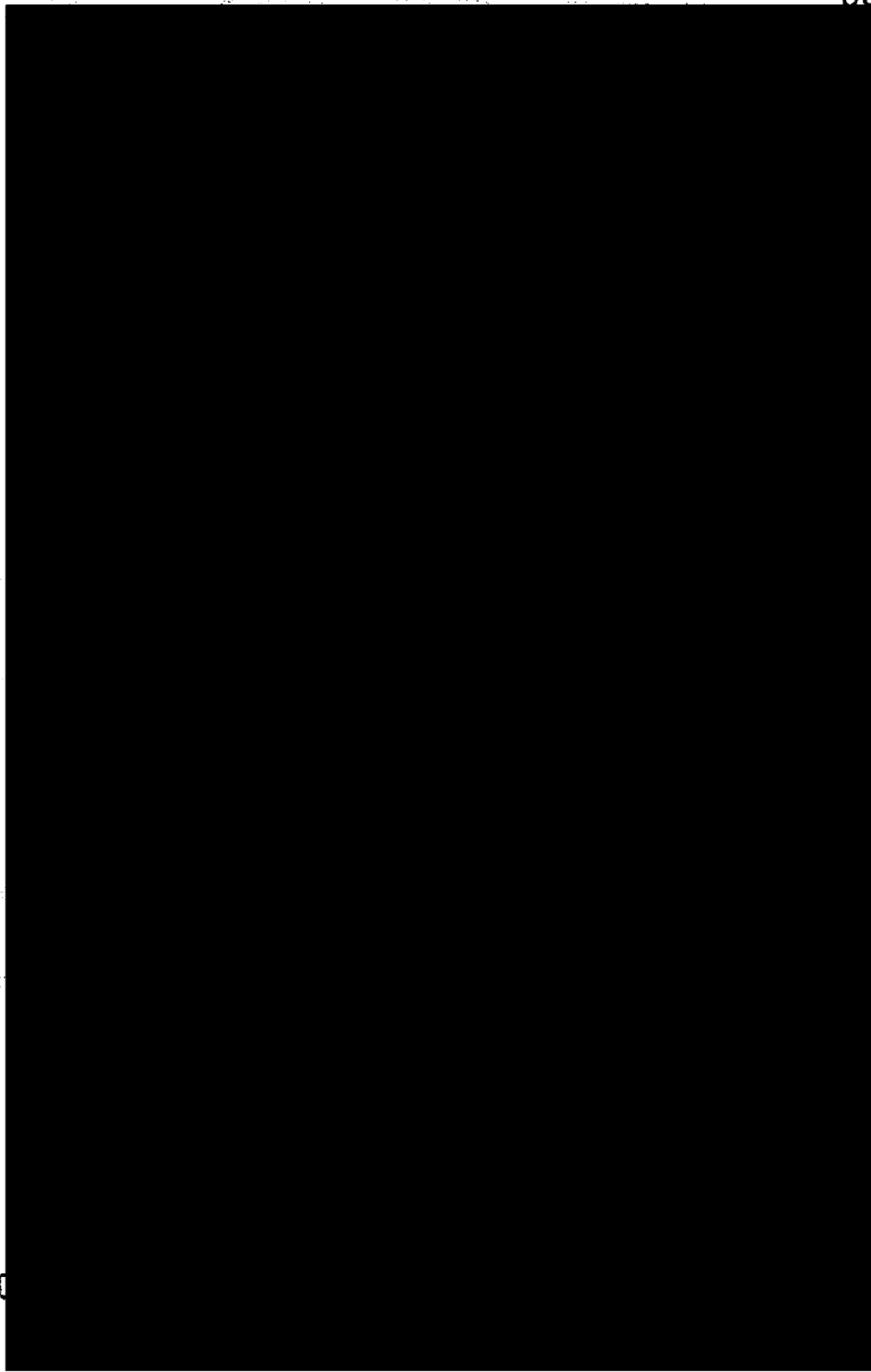
00 429

00241



RECEIVED
JUN 10 1964
OFFICE OF THE
SECRETARY OF DEFENSE
WASHINGTON, D.C.

00306

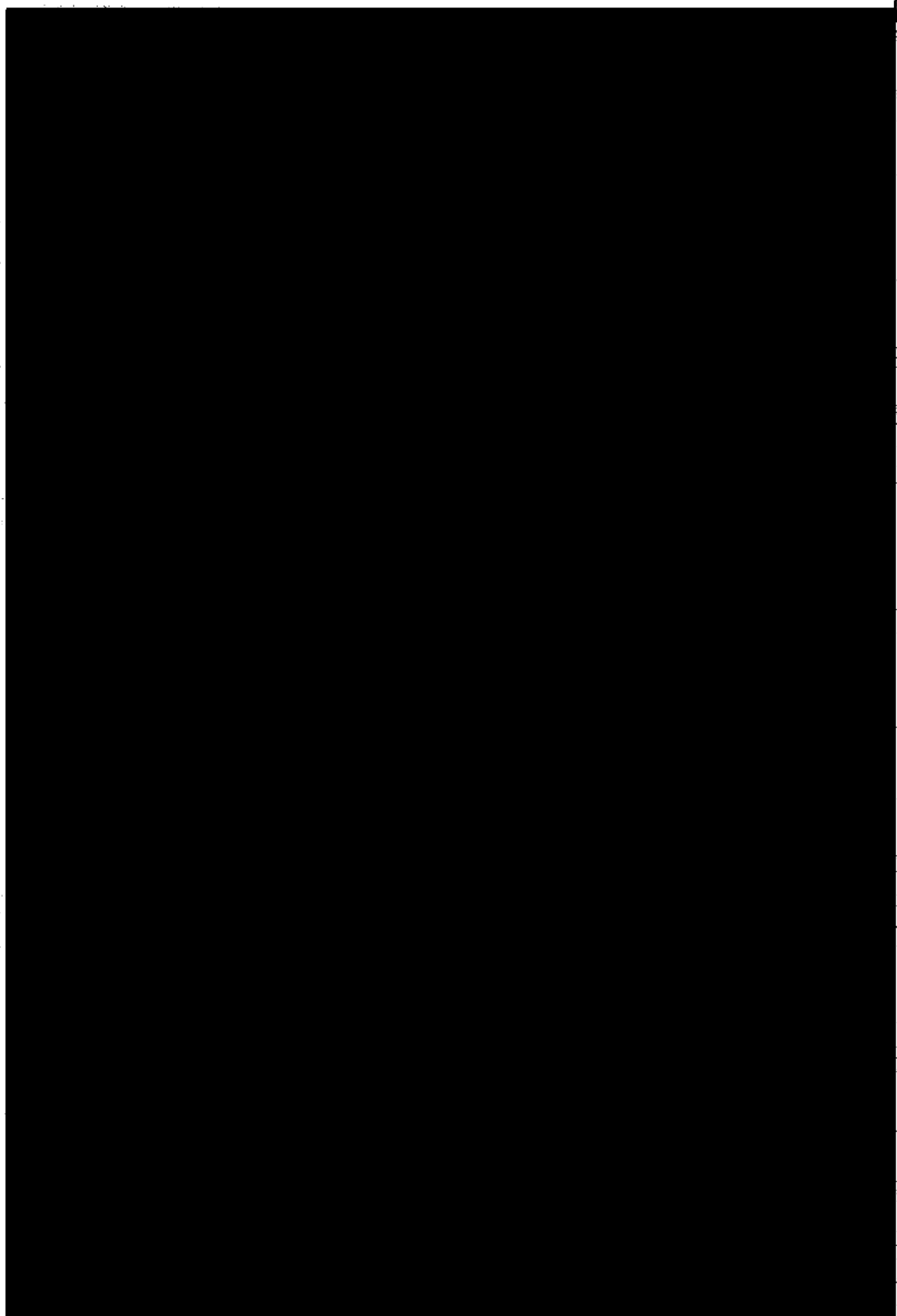


00 730

00242



00307



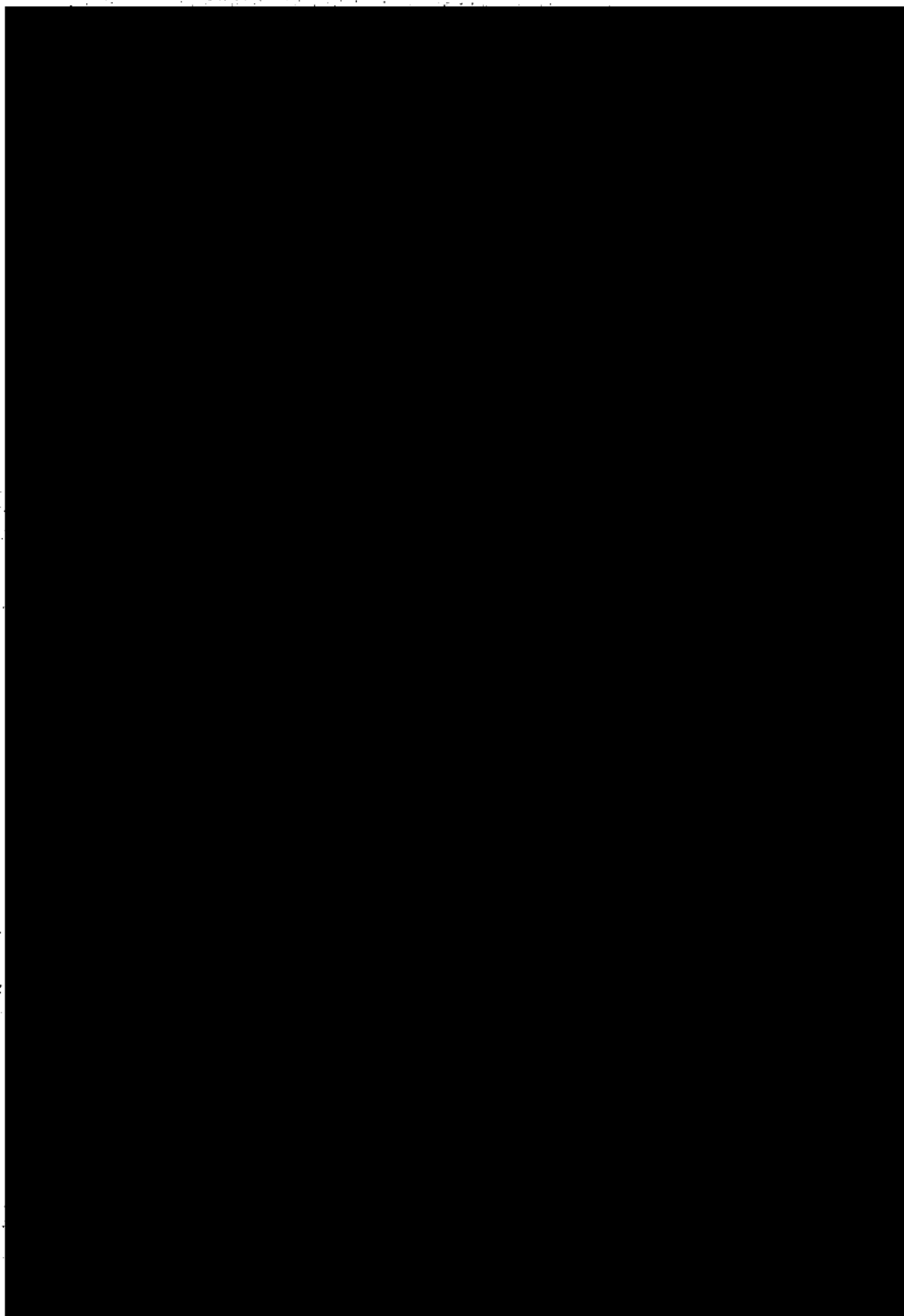
00 431

00243



SECRET
TEXT

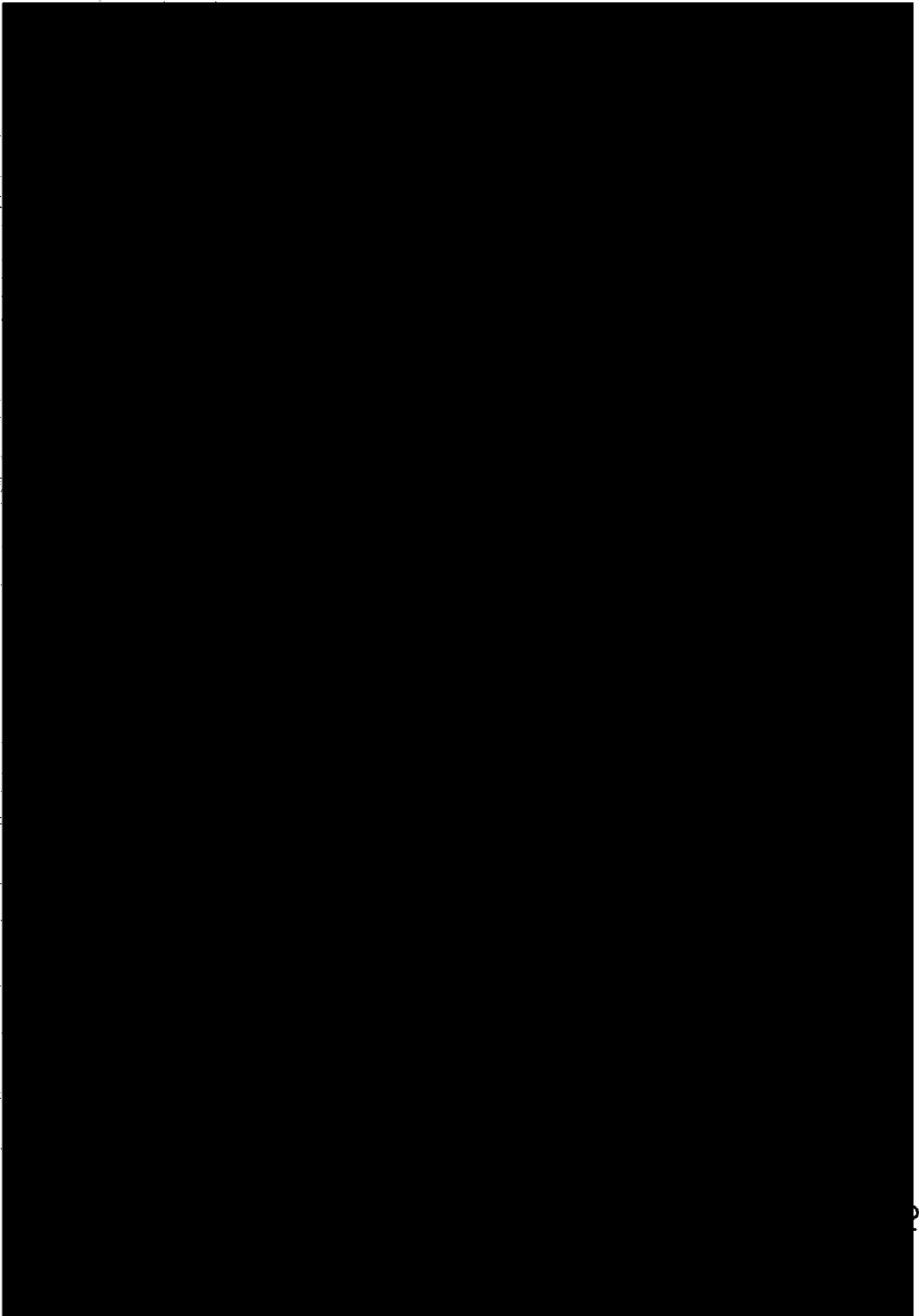
00308



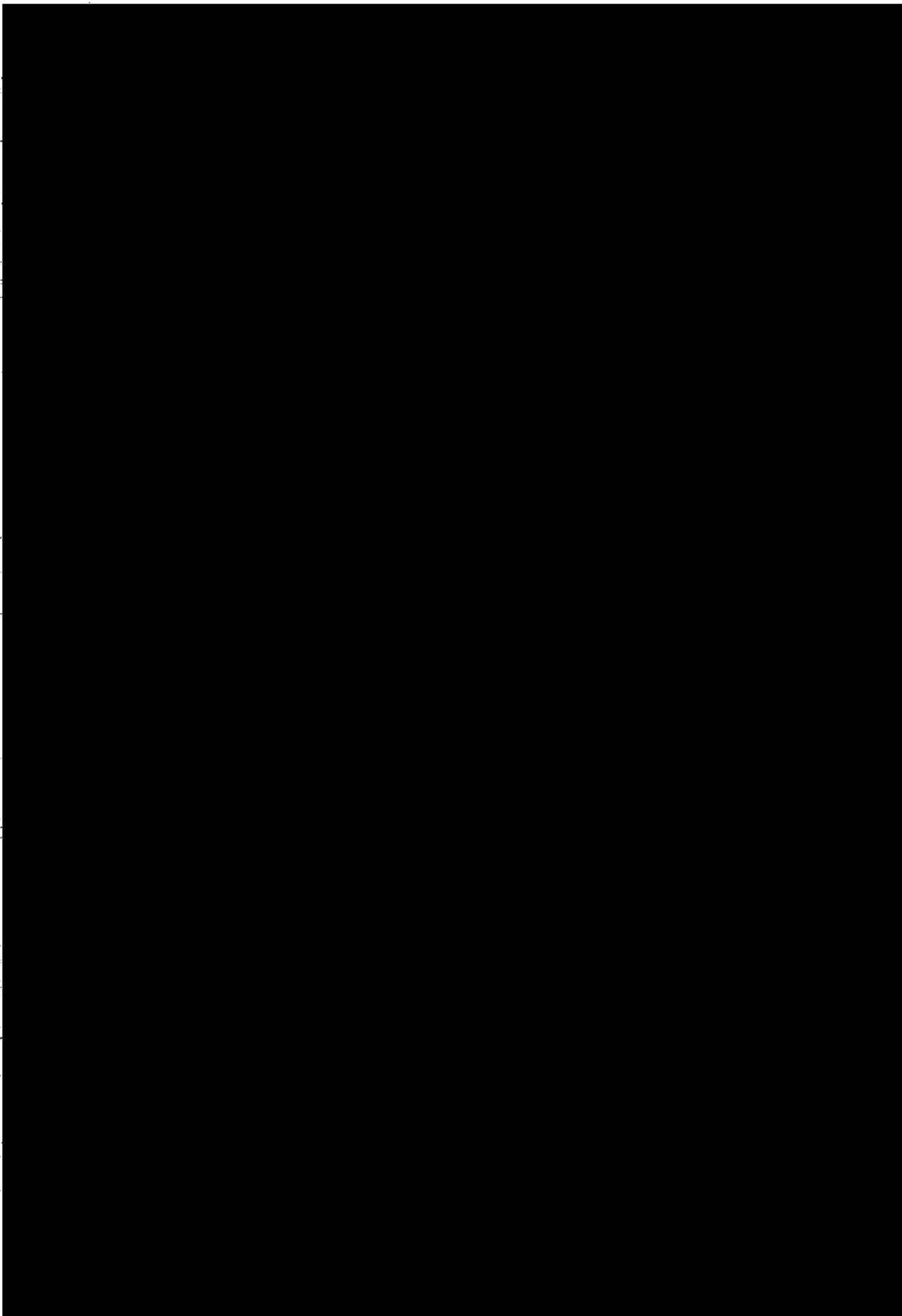
00244



ORIGINAL
DEL
TEXT



CONFIDENTIAL



SIN TEXTO

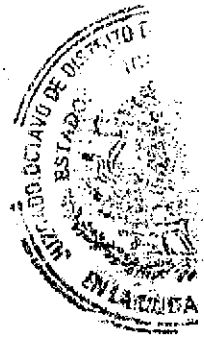


00311

435

00247

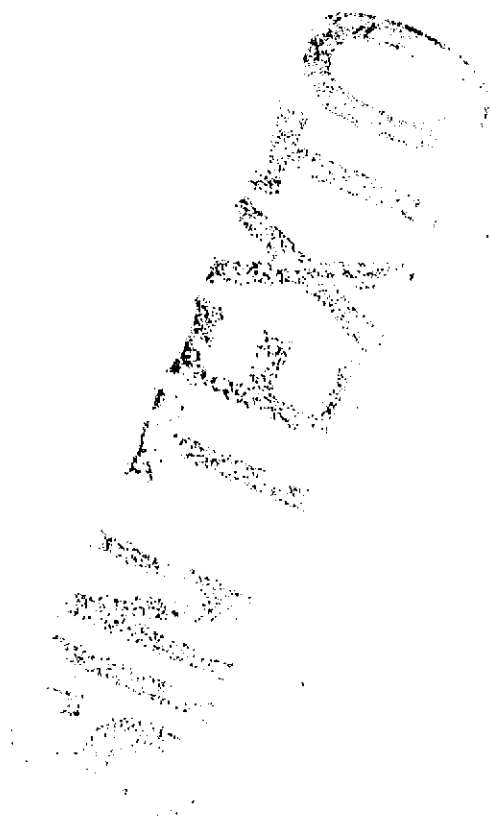
EX-10
MIG



00312

00 238

00248



00313

90 437

00249

[Faint, illegible handwritten text]

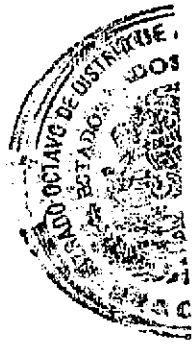
[Faint, illegible handwritten text]



00314

433

00250



00315

00 439

00251

STANDARD
SINCE

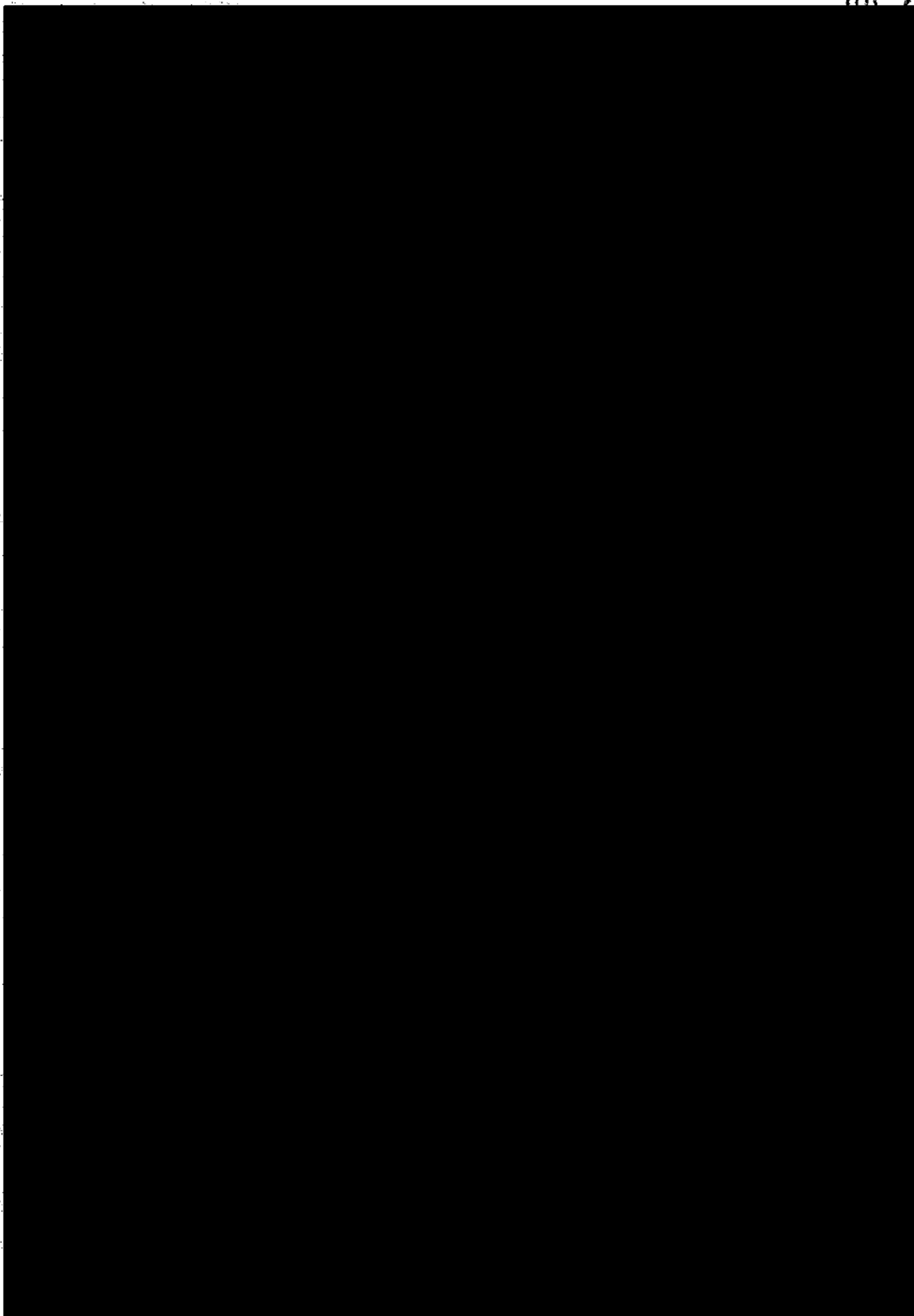


00316
00 440

EX-10



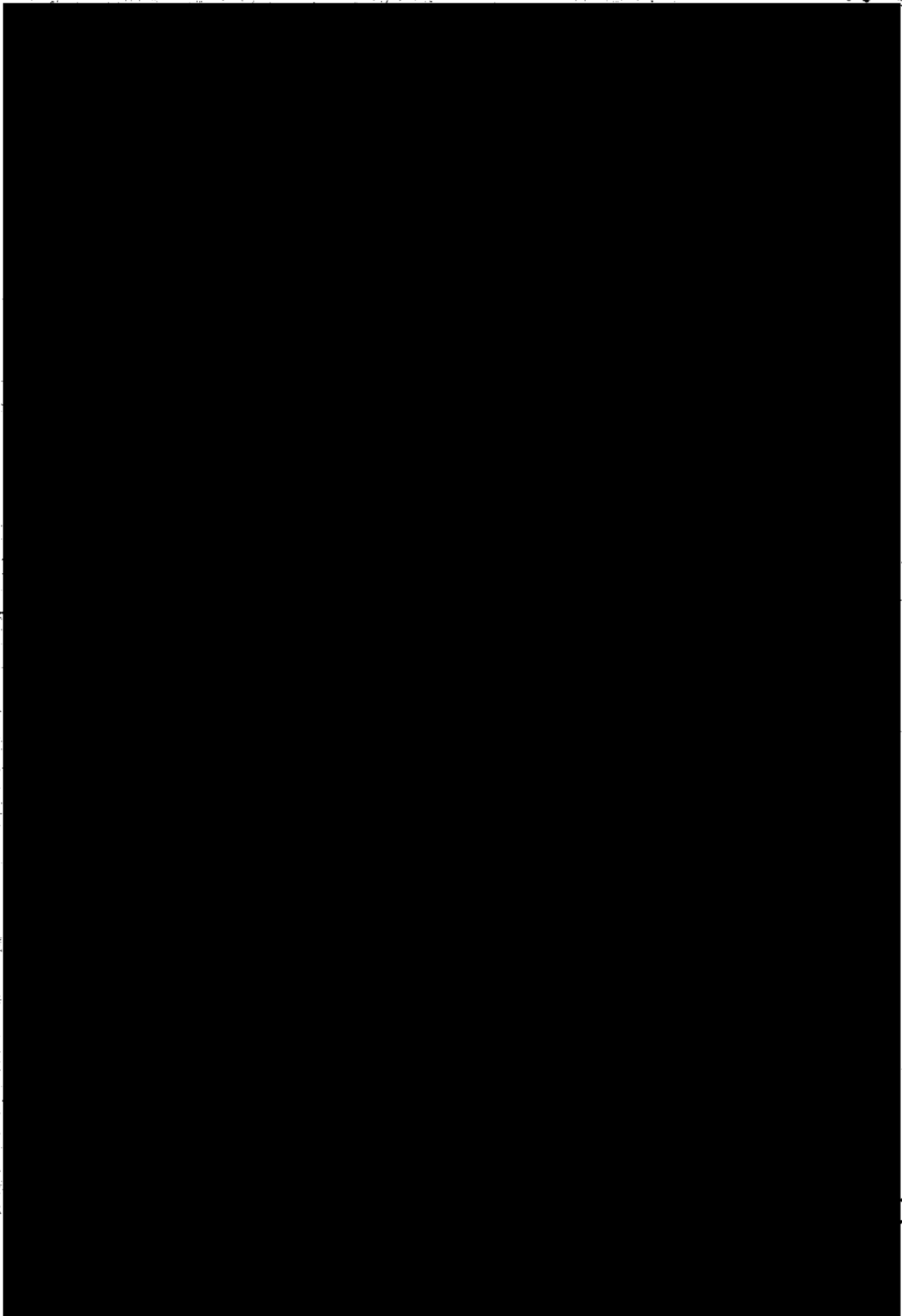
00317
00 441



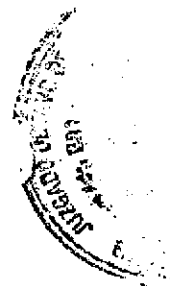


00319

00 443



00255



4.- LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN

4.1.- PRECIPITACIÓN EN LA ZMVM

La precipitación es considerada como cualquier forma de agua que cae a la superficie de la tierra, como parte importante del ciclo hidrológico, e incluye a la lluvia, nieve, aguanieve y el granizo. La precipitación es producida por las nubes, que cuando alcanzan el punto de saturación, las gotitas de agua (o cristales de hielo) crecen hasta caer a La Tierra por efecto de la gravedad.

La determinación de los valores de cada una de las distintas modalidades de precipitación se efectúa mediante instrumentos estandarizados para registrar las cantidades en horarios preestablecidos, con la finalidad de que los datos puedan ser compatibles y comparables. La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos. Los instrumentos deben estar instalados en localidades apropiadas donde no se produzcan interferencias por edificaciones, árboles u otros obstáculos. La unidad de medida que se emplea para cuantificar la precipitación es el milímetro (mm), la cual equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría al caer un litro de agua sobre una superficie plana e impermeable de un metro cuadrado de superficie. La precipitación puede clasificarse según su origen, en los siguientes tipos:

- **PRECIPITACIÓN FRONTAL:** Ocurre cuando se encuentran dos masas de aire, con distintas características de temperatura y presión.
- **PRECIPITACIÓN CONVECTIVA:** Es la generación de lluvia a partir del ascenso de una masa de aire calentada por contacto con la superficie terrestre que ha recibido la radiación del Sol. AL ascender, el aire se enfría y condensa la humedad contenida provocando la precipitación.

SIN TEXTO



- **PRECIPITACIÓN OROGRÁFICA:** Es la que se genera durante el ascenso de una masa de aire con alto contenido de humedad, a través de una pendiente como las laderas de las montañas y cordilleras.

La ZMVM presenta un régimen anual definido de precipitación entre los meses de mayo a octubre, debido a la intensidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos sinópticos en las costas del Pacífico y Atlántico mexicanos. Los otros meses son de sequía, aunque pueden tener lugar lluvias aisladas, éstas no constituyen un régimen definido. Cabe mencionar que por su gran extensión, la ZMVM presenta un esquema de precipitación no uniforme.

En la Zona Metropolitana del Valle de México existe una red de estaciones pluviométricas pertenecientes al Sistema de Aguas de la Ciudad de México, que se distribuye tal como se ilustra en la Figura 1, de la cual se tomaron datos registrados durante el año 2005 para caracterizar la precipitación pluvial.



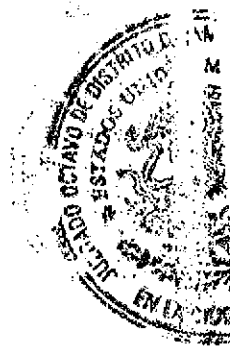
En la Tabla 1 aparece un listado con el número y nombre de las estaciones integrantes de la red pluviométrica. Cabe aclarar, que en el mapa donde se localizan los puntos de registro no aparecen algunas estaciones, debido a que se encuentran fuera del área considerada para el propósito de este informe, como es el caso de las estaciones San Joaquín (9), El Venado (49), Sierra de Guadalupe (62), Chapingo (64), L. de Guadalupe (66), S. Luis Chalco (67), La Grande (68), S. L. Ameca II (69), Coatepec (70), Km 27-25 (71) y Puente Colgante (72). O quedan encimadas como el caso de Campamento Mecoaya (7) que se encuentra relativamente cerca a la estación Linda Vista (3).

214

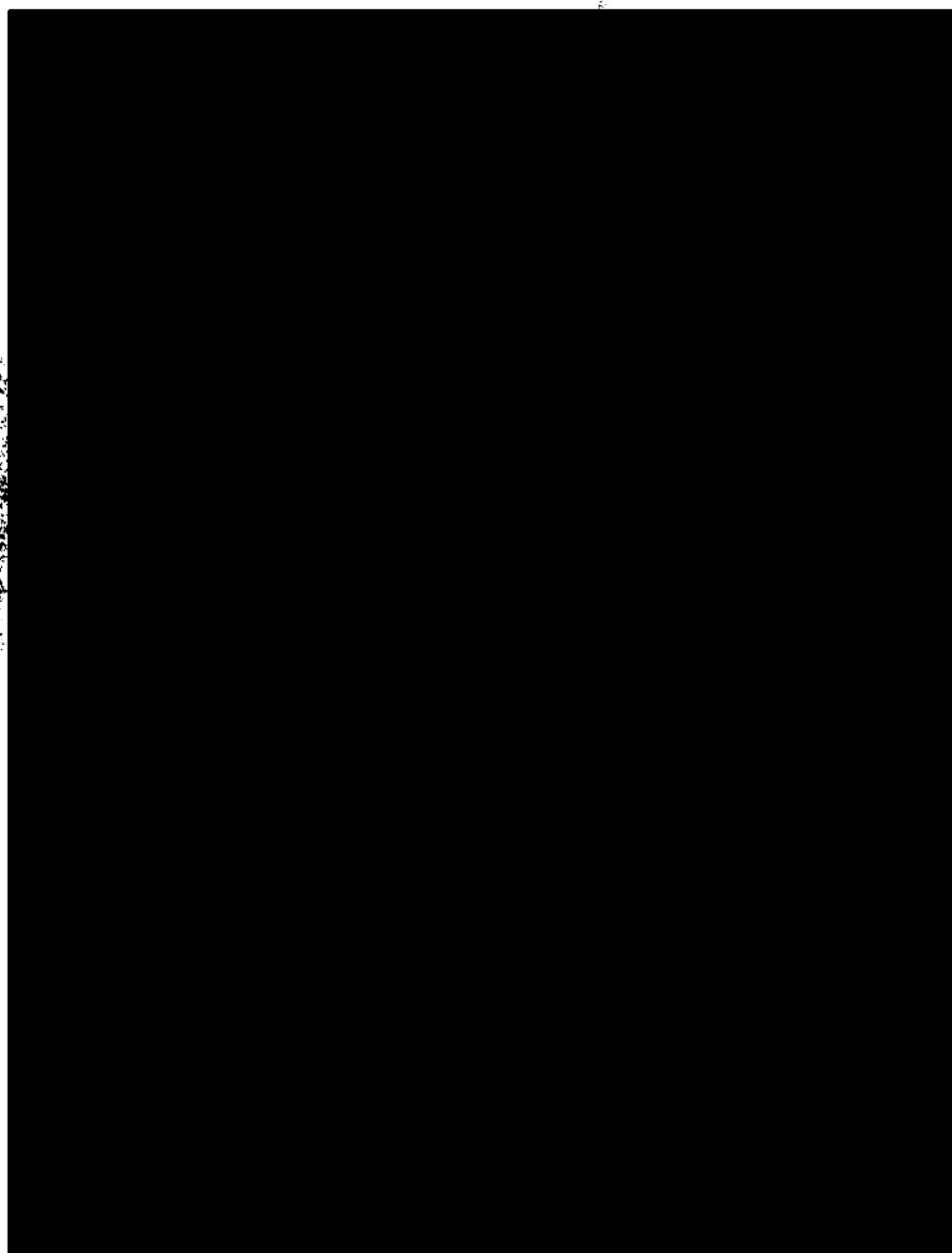


A continuación se presenta una serie de mapas que muestran la distribución de la precipitación acumulada mediante líneas de igual valor de precipitación (isoyetas) para los meses significativos de cada época del año, de tal manera que se obtiene una representación estacional con respecto a la lluvia tal que el mes de enero corresponde a lo ocurrido en el invierno; el mes de abril a la primavera; julio para el verano, y octubre para el otoño. Los demás meses del año se representan con las Figuras presentadas en el Anexo VI al final del documento.

1944



La Figura 2, muestra el mapa con la precipitación acumulada para el mes de enero donde se aprecia que la mayor cantidad de agua precipitada (10 a 14 mm) se concentró en el poniente de la ZMVM, hacia las montañas; mientras que en el resto de la misma se acumularon alrededor de 2 a 6 mm durante todo el mes.



SIN TEXTO



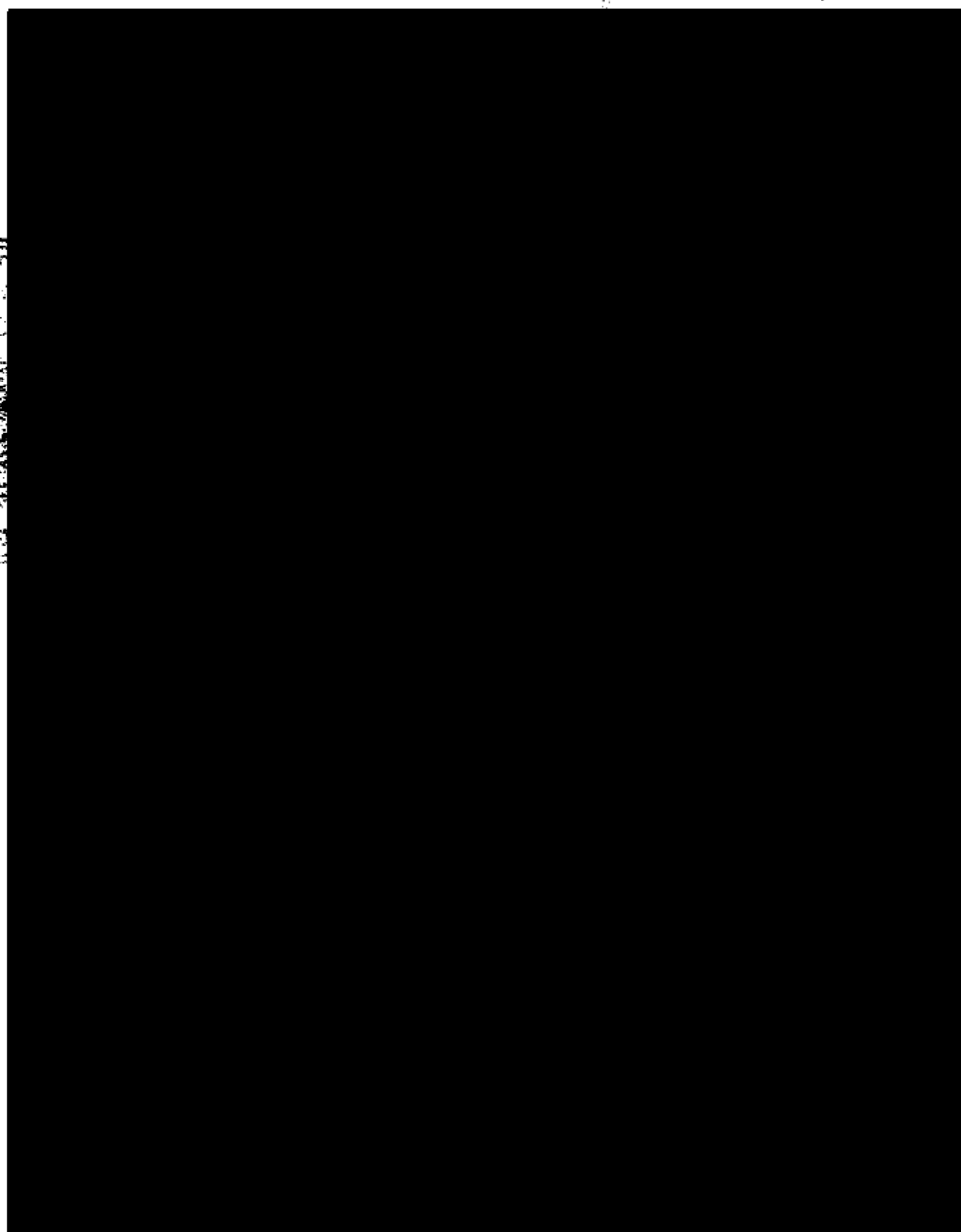
La Figura 3, correspondiente a la precipitación acumulada en el mes de abril, donde se muestra que los registros aumentaron en comparación con el mes de enero; tal que se observan dos núcleos de precipitación con rangos de 30 a 60 mm (mayor acumulación) en el occidente de la ZMVM. En el resto de la misma los valores se incrementaron también hasta alcanzar los rangos de 6 a 24 mm.



RECEIVED
FEB 11 1964
U.S. DEPARTMENT OF
THE ARMY
WASHINGTON, D.C.

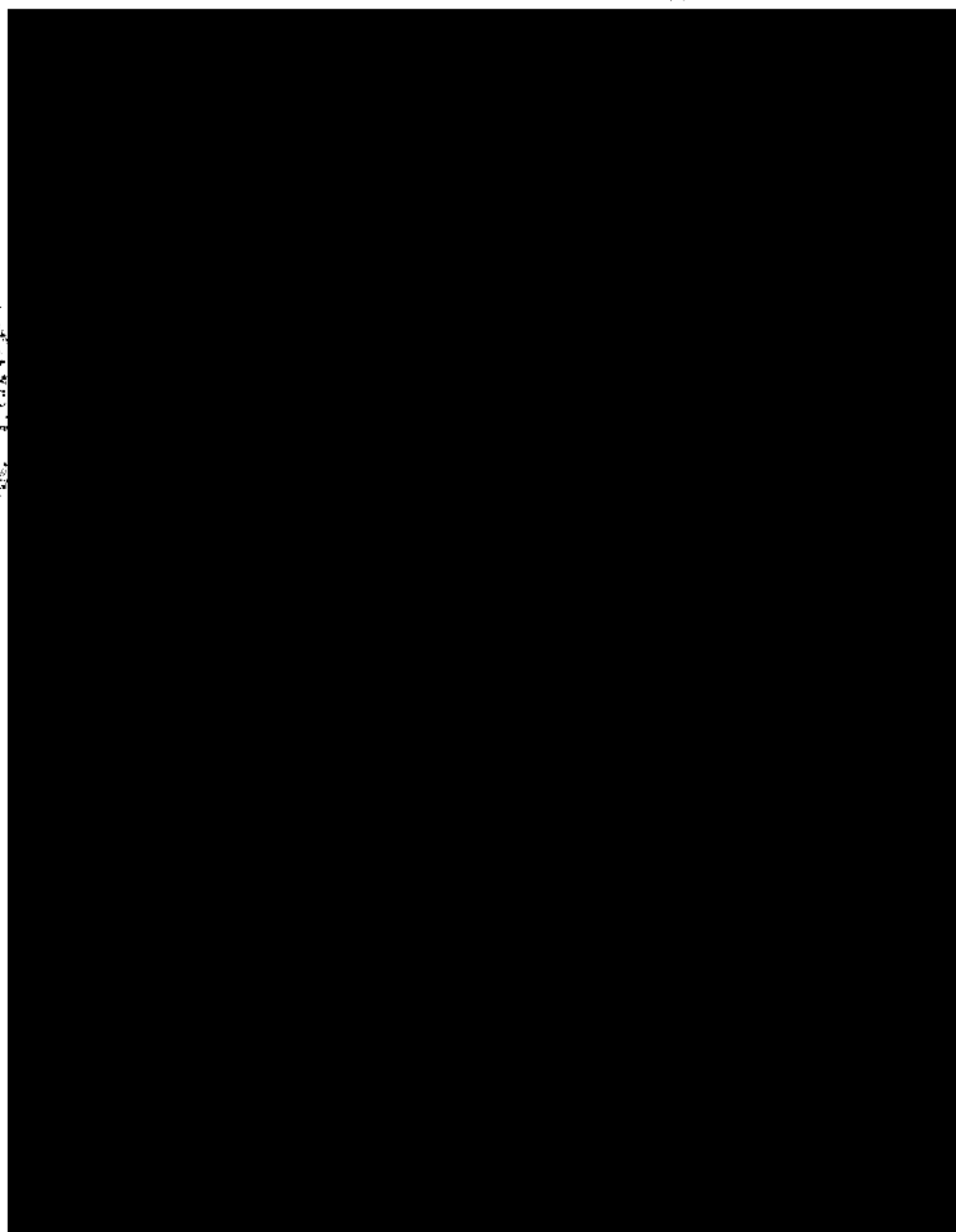


La Figura 4 muestra el comportamiento de la precipitación acumulada en el mes de julio. En el sur y suroeste de la ZMVM se presentaron las mayores acumulaciones (180 a 300 mm); también se aprecian valores altos (120 a 210 mm) en la región central de la misma. Por otro lado, los valores de precipitación acumulados más bajos (entre 30 y 120 mm) se concentraron tanto en el norte de la ZMVM como en el sureste de la misma.



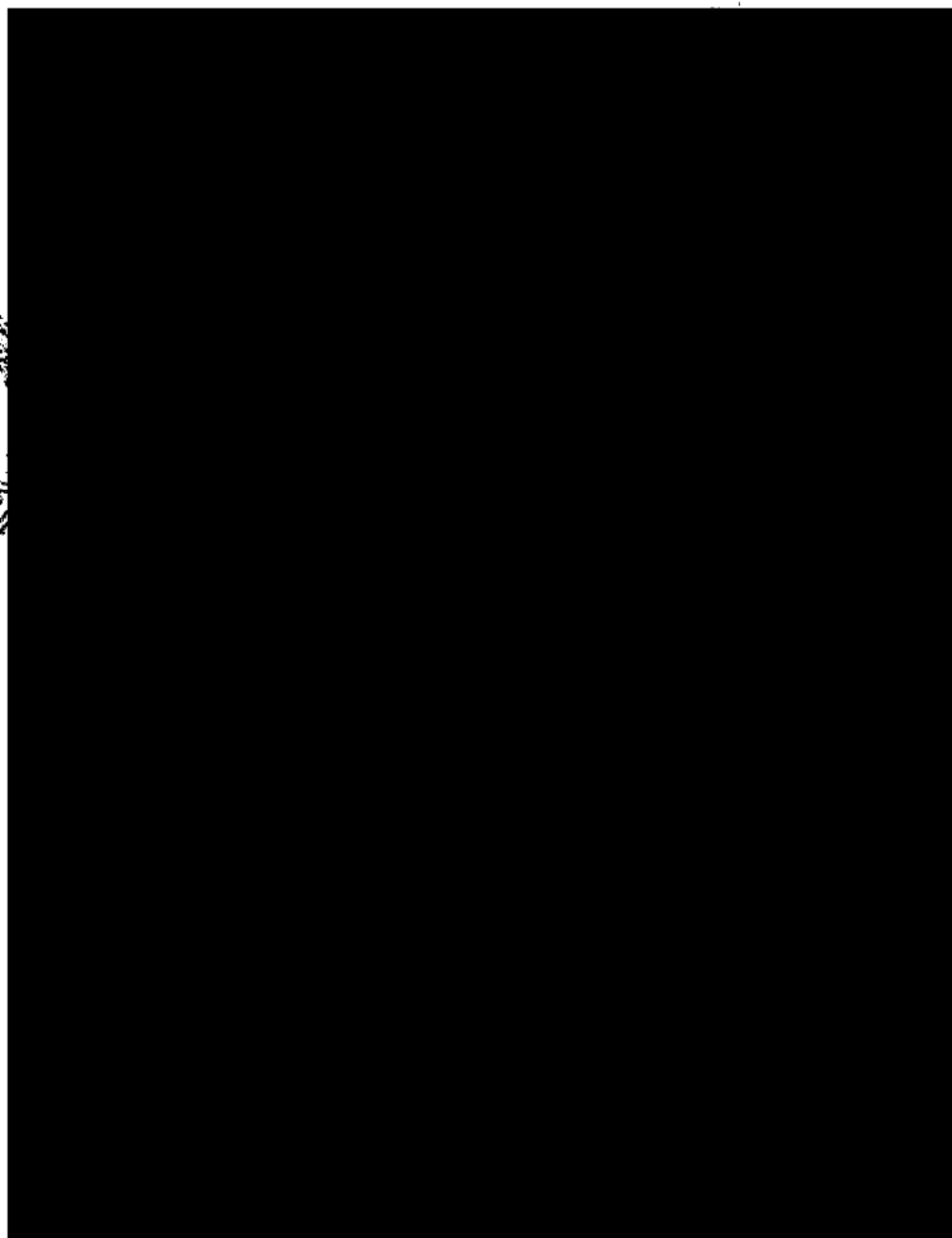


La Figura 5 muestra la distribución de la precipitación acumulada durante el mes de octubre. Se muestran dos regiones bien definidas: una se localiza en la porción central cubriendo una extensa área con dos núcleos de precipitación de valores altos (105 a 135 mm); mientras que la otra se distingue en el suroeste con las mayores acumulaciones (135 a 180 mm), resaltadas por varios núcleos.





La Figura 6 muestra una la distribución anual de precipitación no uniforme. En la zona sur y poniente se registró durante el 2005 más del doble que en la región oriente, esencialmente debido al efecto orográfico. En la porción centro, el acumulado fue escaso en la medida de que se presentó un núcleo que abarca desde los 50 hasta los 250 mm.



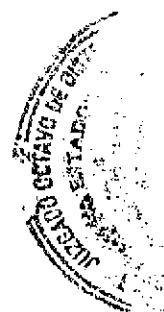


La Figura 7 muestra la distribución de la precipitación diaria máxima del año por estación, es decir, la distribución de la mayor cantidad de lluvia registrada en un día durante todo el año. Las cantidades más elevadas (200 a 360 mm) se registraron en el occidente del valle; mientras que los valores más bajos (80 a 180 mm) se agruparon en el oriente del mismo.



Figura

AMEN



RESUMEN

La relación entre el hombre y los recursos naturales a través de la historia ha sufrido cambios que en la mayoría de los casos tienden a la desaparición de lo que desde el principio de los tiempos ha acompañado al individuo.

El agua en concreto juega un papel fundamental en la vida del ser humano. Sin embargo, tal importancia la ha vuelto vulnerable al acelerado agotamiento. A raíz de lo anterior, se siguen problemas como la necesidad de suministro a una población tan grande como la de la Ciudad de México, y la calidad del agua amenazada por residuos altamente peligrosos, entre otros.

El presente trabajo pretende dar una visión amplia del tema con apartados como: la perspectiva histórica acerca del suministro, la evolución poblacional, el sistema de abastecimiento, el alcantarillado, el tratamiento y rehuso, la calidad de la misma, la demanda y el manejo del recurso, el marco jurídico, las perspectivas del agua y el manejo integral del recurso en el siglo XXI.

ABSTRACT

The relation between man and natural resources had changed along history into losing what in the beginning of times had accompanied individuals. Specifically, water has a fundamental role in human life. Because of this, it has become vulnerable to an accelerated drain. Therefore, this states the problems of supplying water to a population as big as the one from Mexico City, and also the quality of the water being treated by highly dangerous residuals.

The current work tries to give a detailed vision about this problem, with sections like: the historical perspective about its supply sources, the poblational evolution, the supply system, the water draining, the recycling process, its quality, its demand and the management of this resource, its legal context, and its perspectives around the twenty first century.

1. EL VALLE DE MÉXICO.**El Valle de México.**

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ocupa la parte inferior de la cuenca de México (Figura 1), habiendo evidencias de la presencia del hombre en la misma desde hace más de 25,000 años y de asentamientos humanos establecidos desde 5,000 años a.C. (1) La existencia de condiciones climatológicas propicias, la abundancia de manantiales de

agua dulce y la generosidad en piezas de caza, pesca y aves acuáticas, hicieron del Valle de México un hábitat atractivo para los primeros pobladores.

Situación geográfica.

El Valle de México consiste de una llanura lacustre plana en la que pueden distinguirse: el lecho de los antiguos lagos, el área montañosa y una zona de piamonte entre estas últimas. El lecho se encuentra formado por estratos

01271
1118



arcillosos poco permeables y muy compresibles. En las formaciones montañosas sobresalen, en el extremo suroriental de la cuenca, los volcanes: Popocatepetl e Iztaccihuatl alcanzando los 5,465 y 5,230 metros sobre el nivel del mar, respectivamente; al suroeste se encuentra el Ajusco alcanzando los 3,937 metros sobre el nivel del mar. Las

laderas de las montañas y extensas áreas de las zonas de transición estuvieron cubiertas por pinos; sin embargo, factores como la tala inmoderada y la erosión han dado lugar a graves problemas de deforestación, los cuales han modificado considerablemente las condiciones climatológicas de la zona y provocado, en gran medida, los consabidos

Handwritten text, possibly a signature or date, oriented vertically.



Clima.

El clima puede clasificarse del tipo subtropical de altura, templado, semiseco, con temperatura promedio de 20° C y una precipitación pluvial anual de 700 mm (mayo a octubre) irregularmente distribuida; aunado esto último a la frecuente ocurrencia de lluvias torrenciales, dificulta el control de escurrimientos y su aprovechamiento en la recarga de las fuentes de agua subterránea (Figura 2). El potencial anual de evapotranspiración es de aproximadamente 1,400 mm.

Extensión territorial.

La ZMVM está conformada, para los fines de este estudio, por las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal y 17 municipios conurbados del Estado de México, con una superficie de aproximadamente 3,773 km². Es importante señalar que algunos autores, en función de los propósitos seguidos por sus estudios, incluyen en la ZMVM las 16 delegaciones del Distrito Federal, 27 municipios conurbados del Estado de México y uno del estado de Hidalgo con un área global de poco más de 4,720 km².

Población.

Los asentamientos humanos a principios de nuestra era alcanzaron, primordialmente en Teotihuacán, los 60,000 habitantes (Figura 3), siendo estimados en el tiempo de la Conquista (1521) en 1'000,000 de habitantes, de los cuales aproximadamente 250,000 vivían en la Gran México-Tenochtitlán. Durante los 400 años comprendidos entre la ocupación española y el primer siglo del México independiente la población de la Ciudad de México creció modestamente hasta alcanzar nuevamente el nivel precortesiano. Es a partir de la consolidación de la Revolución Mexicana (1920) que el crecimiento de la ciudad se acelera exponencialmente: de contar con 400 mil habitantes en 1910, suma 18.5 millones de personas en 1995; en una superficie de 3,773

Es importante resaltar el alto consumo de agua por parte de la civilización azteca: las ropas, los pisos, calles y calzadas se lavaban regularmente, el gusto por las flores y plantas ornamentales consumía grandes cantidades de agua dulce, y el baño diario era una práctica común cuya falta de cumplimiento constituía un causal de divorcio (2).

Manejo histórico del recurso.

00268

Los primeros asentamientos en la cuenca de México se ubicaron aledaños a los abundantes manantiales ampliamente distribuidos en el valle y áreas montañosas. El uso de manantiales como fuentes de agua dulce continuó durante la ocupación española hasta la época independiente, y no fue sino hasta los albores del presente siglo que su importancia como fuente de suministro decayó, debido



00333

00 457

principalmente al uso de agua subterránea. Tanto la construcción de canales para drenar el Valle de México como la extracción de agua subterránea dio lugar a que la mayoría de los manantiales cesara de fluir. Finalmente, en 1953 se comenzó con la importación de agua desde cuencas vecinas.

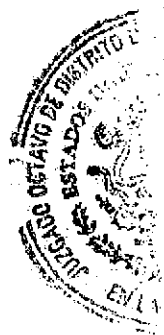
II. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO, ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO Y REUSO.

Antecedentes.

La cuenca de México es originalmente un graben cerrado hidrológicamente y cubierto por

00269

SIN TEXTO



un sistema de lagos. Los manantiales de aguas potables y termales abundaron en el valle y sus márgenes. El suelo y las pendientes bajas de las montañas fueron zonas de descarga del agua subterránea, teniendo lugar la recarga en las rocas volcánicas de las zona montañosas. Al ser el valle una cuenca cerrada, la única salida del agua era por evaporación y transpiración, por lo que las sales se acumularon en las arcillas y los lagos, particularmente en el de Texcoco.

Las diversas civilizaciones que florecieron en el Valle de México contaban con manantiales abundantes, surtiéndose exclusivamente de ellos mediante acueductos como los de: Atexcoac, Coyoacán y Chapultepec. Esta práctica prevaleció aún después de la conquista (Epazoyuca, Olumba y Arcos del Sitio) y hasta antes de la Independencia. Análogamente, el principal problema relacionado con el agua lo constituían las inundaciones. Entre las obras realizadas contra las inundaciones, destacan la construcción de un dique de 16 km al oeste de Tenochtitlán en 1460 y el Tajo de Nochistongo en 1607, cuya operación funcional no fue sino hasta 1767 en que se lograron evacuar las aguas del río Cuautitlán, siendo ésta la primera salida artificial para las aguas del valle. En 1900 se inauguraron el Gran Canal del Drenaje y el túnel de Tequixquiac, construyéndose en 1940 el segundo túnel de Tequixquiac.

La inducción de grandes hundimientos en el suelo ocasionados por la consolidación de las arcillas que recubren el valle se produce por la explotación de los acuíferos, iniciada a mediados del siglo pasado e incrementada en el actual, y la desecación del valle que ha sido continua desde principios del periodo colonial y agudizada con obras como el segundo túnel de Tequixquiac. El funcionamiento del Gran Canal del Desagüe se vio afectado por reducciones en su pendiente, de 19 cm/km a 0 cm/km en el periodo comprendido entre 1910 y 1980. Esta problemática, aunada a la presencia de inundaciones, dieron lugar a la construcción del Sistema de Drenaje Profundo, inaugurado en 1975 con profundidades que varían entre 22 y 217 m, que ha resuelto de manera definitiva, la problemática de las inundaciones en la ZMVM (2).

Abastecimiento.

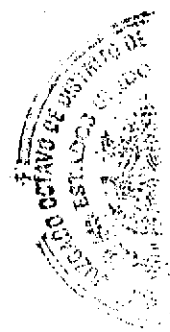
00334
58
La Zona Metropolitana del Valle de México ocupa una superficie total de 3,773 km², sin embargo, el área de servicio de su incumbencia, incluyendo únicamente las áreas urbanizadas en ambas entidades federativas, es de 1,287 km², con una población total de 18.5 millones de habitantes. En la administración del recurso en la ZMVM comparten la responsabilidad el Distrito Federal, el Estado de México y la Comisión Nacional del Agua. Siendo responsables las dos primeras de la provisión de agua potable y de la colección y disposición de las aguas de desecho en su respectiva jurisdicción, por su parte la Comisión Nacional del Agua es la autoridad federal responsable de las cuestiones relativas al agua a nivel nacional, operando dos plantas de suministro de agua potable al área de servicio de la ZMVM: las de la presa Madín y de los Berros.

El acceso al agua potable mediante un sistema de distribución, en relación a la disponibilidad total de vivienda, corresponde al 97% de la población del Distrito Federal, el restante 3% debe proveerse mediante camiones cisterna o bien, autoabastecerse. En el Estado de México el sistema distributivo atiende al 90.5% de la población dentro del área de servicio, en tanto que el 9.5% de la misma debe atenderse a camiones cisterna o algún otro medio. En total, un 94.2% de la población de la ZMVM, aproximadamente 17.4 millones de habitantes, tienen acceso a un sistema de distribución de agua potable (3).

En el área de servicio del Distrito Federal se estima un consumo de agua de 364 l/cap día, mientras en el Estado de México es de 230 l/cap día. El consumo depende primordialmente del ingreso familiar y del tipo de vivienda, de manera que su distribución y/o consumo es desigual. Como mera comparación, en Estados Unidos el consumo varía de 250 a 1,120, promediando 660 l/cap día (5). La diferencia actual en el consumo de agua per capita entre las áreas de servicio en ambas entidades federativas versa en sentido del mayor desarrollo y actividad comercial e industrial del Distrito Federal. El consumo de agua potable en función de su uso representa para uso doméstico el 67% del total del Distrito Federal y el 80% para el Estado de México en el mismo rubro, en lo que se refiere al aprovechamiento

00270

SECRET



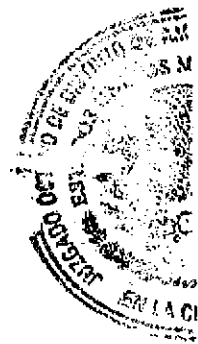
industrial, en ambos casos se estima un 17% del consumo total, mientras que en lo referente a giros comerciales y servicios urbanos corresponde al 16% y 3% del consumo total, respectivamente para las áreas de servicio del Distrito Federal y el Estado de México (3).

El abastecimiento de agua potable para las áreas de servicio tanto en el Distrito Federal como en el Estado de México utiliza agua superficial y subterránea. En lo que se refiere a pozos de extracción, en el Distrito Federal existen 847 en servicio, contribuyendo con 22.7 m³/s, en el estado de México hay 242, que producen aproximadamente 20.3 m³/s; posteriormente a la desinfección (cloración hasta un total residual de 2.0 mg/l) esta agua de extracción interna se agrega directamente al sistema de distribución. En ambas entidades se aprovechan manantiales naturales y aguas de deshielo, suministrando 0.5 m³/s y 0.2 m³/s, respectivamente en el D.F. y Edo. Méx. El Lerma aporta, igualmente, agua subterránea en el orden de 4.3 m³/s para el Distrito Federal y 1.0 m³/s para el Estado de México. El principal aporte de agua superficial lo constituye el Sistema Cutzamala (cuenca Cutzamala-Lerma-Santiago), recorriendo una distancia de 127 km y elevando 1,200 m el recurso sobre su nivel original, con una tasa volumétrica de flujo de 7.6 m³/s para la capital del país y de 3.0 m³/s para los municipios mexiquenses. El resto de las aportaciones superficiales lo complementan en el área de servicio del Distrito Federal el río Magdalena y para el estado de México la presa

Madín con 0.2 y 0.5 m³/s respectivamente. El agua suministrada al área de servicio del Distrito Federal es de 35.3 m³/s, y al Estado de México de 25.0 m³/s, totalizando 60.3 m³/s. De ésta, el agua subterránea representa el 80.1 %, mientras las fuentes superficiales contribuyen con el 18.9 %, correspondiendo a los manantiales el restante 1.0 %. En la Tabla 1 se puede apreciar las fuentes de abastecimiento y el aporte de cada una de ellas para las áreas de servicio de la ZMVM (2). 00335

El agua proveniente del Sistema Cutzamala es purificada en la planta de tratamiento de los Berros, con una capacidad máxima de diseño de 24 m³/s, operada por la Comisión Nacional del Agua (CNA). En la presa Madín se localiza otra planta de tratamiento, operada igualmente por la CNA, con una capacidad de diseño de 1.0 m³/s. El Distrito Federal cuenta con cuatro plantas de tratamiento para suministro de agua con capacidad total de 1.1 m³/s. El total de cloro residual en el agua de suministro tratada es de 2.0 mg/l (2).

El sistema de distribución de agua potable dentro del área de servicio de la Capital de la República consiste en una red primaria de tubería de 690 km de longitud con diámetros entre 0.5 y 1.83 m; y una red secundaria de más de 10,000 km de tubería con diámetros inferiores a 0.5 m. Incluye 243 tanques de almacenamiento con capacidad total de 1.5 millones de m³ (Figura 4). Para asegurar que el total de cloro residual sea de 0.2 a 0.5 mg/l en



cualquier punto de consumo, se cuenta con 326 localidades de rectoración (6). En el Estado de México para la distribución del Sistema Cutzamala se cuenta con el llamado Macrocírculo de Distribución que consta de 19.1 km de transmisión con tubería cuyo diámetro oscila entre 0.2 y 21.3 m, con una proyecto de ampliación de 46.0 km; incluye un sistema de almacenamiento de seis tanques de 256,000 m³/s, cada uno. Además de este sistema, existen en el Estado de México 348 km. de transmisión y 32 tanques de almacenamiento con una capacidad de 440,000

m³/s. El agua se distribuye a lo largo de 425.7 km de tubería, de 0.07 a 1.07 m; actualmente se están aumentando 649 km, con una expansión futura por demanda de 118.7 km adicionales (4).

Alcantarillado.

00 460

Los resultados del Censo de 1995 arrojaron como resultado que el 82.1% de las viviendas de la ZMVM cuentan con servicio de drenaje, 6.1% de ellas cuentan con fosas sépticas, 1.5%

00336

00272

SIN TEXTO



cuentan con descarga directa y 9.4% de dichas viviendas, alrededor de 294,000, carecen por completo de drenaje (3). En la ZMVM existe sólo un sistema de recolección de aguas residuales, aunque cada área de servicio tiene su propia red albañal, de una u otra manera todas descargan en los interceptores principales del Sistema General de Drenaje. Son tres los interceptores principales: el Gran

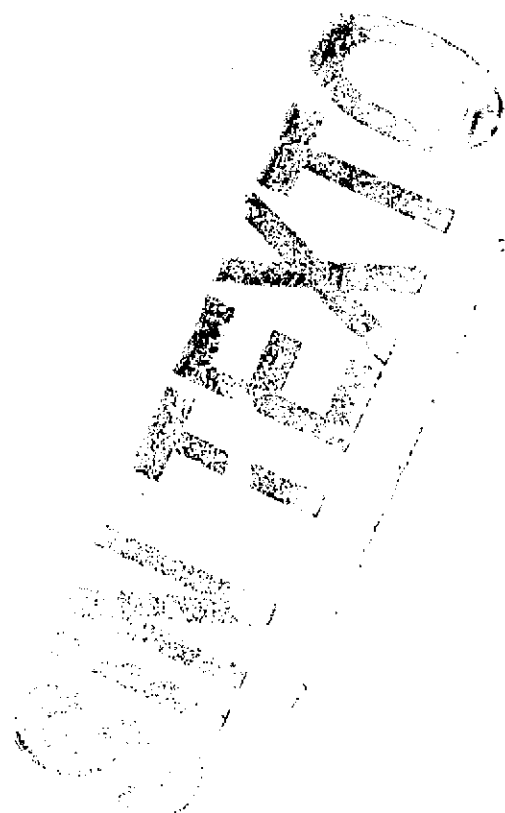
Canal, el Emisor Central y el Emisor Poniente, cumpliendo su función mediante cuatro salidas artificiales, en la parte septentrional del valle. Es decir, todo el sistema drena la cuenca de sur a norte.

461

El sistema de drenaje opera, primordialmente, para desalojar las aguas municipales de desecho y para controlar las

00337

00273



inundaciones. Consta de dos redes colectoras: secundaria y primaria, y del Sistema General de Drenaje. La red secundaria colecta aguas residuales domésticas e industriales (municipales) así como pluviales. La red primaria conecta a la secundaria con el Sistema General de Drenaje, que controla el flujo de aguas residuales y pluviales y las transporta fuera del Valle de México (Figura 5). El desarrollo del sistema de desagüe se determinó por la necesidad de controlar y desalojar el agua residual del valle y no para disponer de esta mediante su reuso.

En el Valle de México las temporadas de lluvia y estiaje están perfectamente bien definidas, según la época del año, la operación del Sistema General de Drenaje es diferente: durante la época de lluvias el flujo pluvial es considerablemente mayor que el producido por las descargas domésticas e industriales; sin embargo, la forma en que operan las redes primaria y secundaria no depende de la época del año. En la temporada de estiaje el flujo producido, principalmente aguas de desecho municipales, se expulsa por el Gran Canal y el Emisor Norte con flujos de aporte aproximados de 28 m³/s en el D.F. y 44.4 m³/s en el Estado de México. En la época de lluvias la precipitación media anual es de 700 mm, con la presencia de tormentas de alta intensidad y corta duración, de manera que alguna de ellas puede producir del 7 al 10% de la precipitación anual, y que el 50% de este volumen se precipite solamente en 30 minutos. Debido a esto y al patrón geográfico irregular de las tormentas, se proyectó el Sistema General de Drenaje de manera que, durante la temporada de lluvias entra en funcionamiento el Sistema de drenaje Profundo para enfrentar eficazmente los volúmenes pico de la época de lluvias. El Sistema de Drenaje Profundo consta de túneles con profundidades de entre 22 y 217 m de profundidad, con una capacidad máxima de flujo para desfogue de 200 m³/s durante 45 horas, transportando el fluido de sur a norte por gravedad (5).

Tratamiento y reuso.

En la ZMVM existen 27 plantas de tratamiento para aguas residuales, 13 de las cuales están en servicio en el Distrito Federal y las restantes 14 en el Estado de México, con la finalidad de tratar los afluentes residuales para su reuso, y

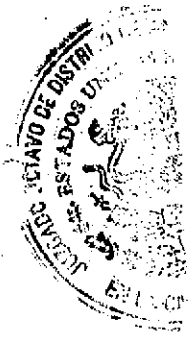
una capacidad total de tratamiento de 4.31 m³/s, siendo de 2.62 y 1.69 m³/s, respectivamente para dichas entidades federativas. Curiosamente, en el Distrito Federal la capacidad operativa de las plantas de tratamiento es tan sólo del 55% de la capacidad instalada y en el Estado de México 7 de ellas operan por debajo de su capacidad instalada. Durante la temporada de estiaje en el Distrito Federal se genera una cantidad aproximada de aguas residuales de 28 m³/s de los cuales únicamente el 9% recibe tratamiento para su reuso. En este sentido, el 91% de las aguas residuales generadas en la ciudad más grande del orbe son descargadas a los cuerpos receptores sin tratamiento alguno (2).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales incluyen tratamientos secundarios (lodos activados), desinfección y en algunos casos, procesos de tipo terciario. Las aguas residuales generadas en la ZMVM presentan problemas operativos durante su tratamiento, vinculados con altos contenidos de sólidos totales y disueltos, grasas y aceites, fósforo, nitratos, nitritos y valores de conductividad eléctrica, aunados a bajas remociones de alcalinidad y dureza. De igual manera, el tratamiento y disposición de lodos generados en los mencionados tratamientos constituyen un problema significativo debido a lo cual, en la actualidad se retoman directamente al sistema de alcantarillado.

En el área de servicio del Distrito Federal la distribución por destino de reutilización del afluente de aguas residuales es de 83% para irrigación de áreas verdes, 10% distribuido en actividades industriales, 5% para riego agrícola y 2% para el comercial (6). En lo referente a las aguas tratadas del Estado de México se estima su utilización en actividades industriales, sin embargo, no se cuenta con información fidedigna. Las autoridades del Distrito Federal estiman que el sector industrial, incluidas las plantas manufactureras, utilizan 2.4 m³/s principalmente como agua de enfriamiento.

II. CALIDAD DEL RECURSO Y SALUD PÚBLICA.

La población de la ZMVM, 18.5 millones de habitantes, depende en gran medida de la calidad del recurso proveniente del acuífero local (80% del suministro) por lo cual resalta la



0339
importancia de prevenir los riesgos relativos al deterioro de la calidad del acuífero (subterráneo) y por ende del lo concerniente a la afectación de la salud de los habitantes del Valle de México por la exposición a contaminantes presentes en el agua para consumo humano.

Fuentes de contaminación.

Existe una amplia gama de actividades humanas generadoras de cargas contaminantes, agrupándose en dos grandes rubros: urbanas e industriales. Las actividades domésticas representan fuentes potenciales de contaminación por la alta concentración de materia orgánica que contienen sus descargas, la existencia de fosas sépticas en zonas de alta vulnerabilidad y las fuentes potenciales presentes en los sitios de depósito de residuos sólidos.

El 26% de la población asentada en la ZMVM carece de sistemas de drenaje (7), eliminando sus afluentes localmente en arroyos, fosas sépticas y letrinas. La mayoría de estos asentamientos ubicados en la zona de transición representan una fuente potencial de contaminación del acuífero por organismos patógenos y otros contaminantes presentes en las descargas domésticas. De manera similar, las condiciones de los sistemas de tuberías del drenaje no son óptimas, ya sea por la instalación incorrecta o por deterioro o ruptura de los mismos. Algunas vías de desfogue, como el Gran Canal de Desagüe, o el río de los Remedios, son canales no revestidos, y por lo tanto fuentes potenciales de contaminación del agua y del acuífero. El potencial de contaminación subterránea originada en los contaminantes también está presente en la zona lacustre: del Gran Canal se derivan aguas residuales para regar 5,500 ha en las inmediaciones de Chiconautla y del emisor poniente de 5 m³/s, para las áreas de Guadalupe y de Zumpango (2). Fuera de la cuenca, parte se utiliza para 80,000 ha de los distritos de riego en Hidalgo, fluyendo hacia el Golfo de México a través del sistema fluvial Tula-Moctezuma-Pánuco.

En el Valle de México, como en los países industrializados, la acumulación de residuos sólidos domésticos e industriales constituyen un problema relevante, particularmente porque la

manera tradicional de disposición final de dichos residuos sólidos consiste en tiraderos a cielo abierto. En algunos casos, después de la selección y la separación manual de los residuos, la basura se compacta y se cubre con arcilla, quedando finalmente el 70% de los residuos sólidos sin reutilizarse. De los tres rellenos sanitarios instalados en la ZMVM ninguno de ellos cumple con las especificaciones requeridas. Se estima que anualmente se generan cerca de 22,000 ton/día de basura, siendo generadas por cada habitante aproximadamente 1,120 g, de los cuales corresponden 850 g a basura domiciliaria (2).

En lo referente a residuos industriales, existen registradas en la ZMVM 30,124 empresas industriales, ubicadas el 72.4% de ellas en el Distrito Federal y el restante 27.6% en el estado de México (7). La clasificación de las empresas industriales en la ZMVM, según su tamaño, corresponde a un 75% de Microindustria, 20% de Pequeña Industria, 3% de Industria mediana y el restante 2% corresponde a Macroindustria. De manera enunciativa, se puede mencionar que de las 242 gasolineras ubicadas en Distrito Federal, en la mitad de las mismas se detectaron y repararon fugas de combustible. En el área restante de la ZMVM no se conoce el avance de la prospección y saneamiento de las zonas contaminadas por hidrocarburos (8).

Migración de contaminantes.

Se ha realizado un número importante de estudios relacionados con el transporte de compuestos orgánicos e inorgánicos, enfocados principalmente a la interpretación de datos hidrológicos, al transporte de solutos naturales y al potencial de contaminación en el acuífero lacustre.

00275
Los desechos tóxicos generados en las 679 plantas de la industria eléctrica-electrónica ubicada en la ZMVM incluyen compuestos orgánicos tóxicos como: benceno, cloruro de metileno, cloruro de vinilo, diclorobenceno, percloroetileno, tolueno y xileno; mismos que son vertidos a los sistemas de drenaje sin tratamiento previo, y constituyen una fuente potencial de contaminación (9). En este sentido, se tomaron muestras de material geológico del acuífero arcilloso adyacente a

2.4
1982



los canales y del área urbana, identificándose rutas potenciales de contaminación en la migración descendente de contaminantes en dichos canales de drenaje sin revestimiento (2). Los resultados del estudio indican que los detergentes aniónicos y ciertos compuestos orgánicos volátiles han penetrado de manera descendente en el acuitardo arcilloso; tanto las concentraciones de detergentes (7.7 µg/l) como las de 1,1-dicloroetileno y tricloroetileno (23.5 µg/l) sobrepasan las normas mexicanas que se establecen en el acuerdo relativo a los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua (CE-CAA-001/89). Aún cuando las concentraciones de contaminantes en el acuitardo son bajas y los compuestos han penetrado una distancia corta, los resultados son significativos, debido a que dichos compuestos han emigrado a una distancia mayor que la predecible para una formación arcillosa homogénea (10).

Los estudios realizados por Pátre en materia del flujo y transformaciones químicas en acuitardo arcilloso fracturado en la confluencia de dos canales de aguas negras que reciben desechos líquidos e industriales (Río de los Remedios y Gran Canal de Desagüe), evalúan la presión hidrodinámica, la permeabilidad del acuitardo, analizan en los núcleos el material geológico y su disposición, y determinan igualmente la composición química e isotópica del agua. Documentándose las características siguientes: régimen descendente en el flujo de agua, coeficientes de permeabilidad de 1 nm/s, mineralización de las aguas superficiales menor a las del acuitardo, infiltración de agua posterior a 1962 en los primeros 6 m (trazado de tritio) y concentraciones de metales pesados (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn). Lo que hace suponer cierta capacidad para retardar y/o transformar los metales pesados en los estratos superficiales de los acuitardos (11).

El carácter local de las diversas investigaciones llevadas a cabo en el acuitardo arcilloso no permiten extrapolar los resultados a la zona lacustre, sin embargo, constituye el principio de los estudios que es posible realizar y uno de los más diversos enfoques que se han dado a problemas específicos en la ZMVM.

Evaluación y control de la calidad del agua.

En la red de distribución existen 326 dispositivos de desinfección del agua potable

mediante la aplicación de hipoclorito de sodio y cloro gaseoso. Para supervisar la calidad de agua de abastecimiento, el Laboratorio Central de la Calidad del Agua del DDF efectúa monitoreos en la red de distribución que abastece al 98% de la población del D.F. En el periodo comprendido entre 1982 y 1993 el porcentaje de cumplimiento de la norma para cloro residual (0.2 mg/l) ha variado de un 79 a un 91% de cumplimiento y en microbiológicos (dos organismos coliformes/100 ml) ha variado de 79 a 96% en el cumplimiento (2).

Algunos de los problemas identificados, en lo que a organismos patógenos en el agua de consumo se refiere, incluyen evaluaciones de la contaminación protozoológica en el agua de registro de los grifos de casa habitación, evidenciando la presencia de parásitos tanto en forma trófica como quística, así como protozoos indicadores de la descomposición de materia orgánica, principalmente flagelados, amibas y ciliados. En otros estudios se describió la presencia de amibas patógenas en aguas con niveles de cloro residual de 0.5 a 1.5 mg/ml, lo que indica la poca eficiencia de la cloración (2).

Vigilancia y certificación sanitaria.

En la supervisión de la calidad del agua para consumo humano se efectúan monitoreos en la red de distribución que abastece a la población del D.F., se realizan muestreos en cruceros específicos de cada una de las 1,270 colonias de las 16 delegaciones, muestreando 76,968 cruceros. En 1993 se analizaron 46,569 muestras y se realizaron 176,564 lecturas de cloro y 6,304 inspecciones sanitarias, lo que implica sólo una muestra anual por red y seis muestras anuales por sitio de instalaciones hidráulicas. Los niveles de análisis incluyen parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y cromatográficos (2).

En el Estado de México la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) realiza análisis físicos, químicos y bacteriológicos, inclusive metales pesados, en aguas de abastecimiento municipales y estatales. La realización del muestreo se da dos veces por año, determinando los parámetros organolépticos (aspecto, potencial de hidrógeno, olor, sabor, color y turbiedad), bacteriológicos (coliformes totales y fecales), elementos, iones y

SIN TEXTO



sustancias (alcalinidad, aluminio, arsénico, bario, cadmio, cloruros, cobre, cromo hexavalente, dureza total y de calcio, hierro, fluoros, magnesio, manganeso, nitratos, plomo, selenio y zinc).

Vulnerabilidad de la salud de los habitantes de la ZMVM.

La distribución de las enfermedades diarreicas en la ZMVM son indicadores de: contaminación de agua y alimentos por organismos patógenos, infraestructura sanitaria deficiente, bajo nivel cultural y disposición inadecuada de la excreta humana. Otros riesgos de la contaminación del agua por organismos patógenos incluyen el desarrollo de enfermedades paralíticas, meningitis, aséptica, encefalitis, miocardiopatías, infecciones sistémicas severas en recién nacidos (meningo-encefalo-miocardiasis), síndromes respiratorios, orquitis, hepatitis y otros más, que pueden ser originados por gran diversidad de enterovirus. La mayoría de las infecciones virales de origen hídrico ocurren en niños. La OMS ha detectado, en países en vías de desarrollo, una correlación entre la morbi-mortalidad infantil y la infraestructura sanitaria deficiente (12).

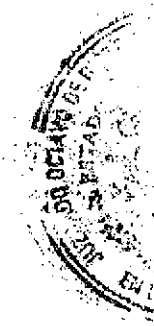
Las tasas de mortalidad y morbilidad por enfermedades diarreicas tiene gran variación geográfica, como reflejo de las condiciones sanitarias y sociales, pero también como resultado de la cobertura de los servicios de salud. Las tasas de morbilidad son más elevadas en la medida que las delegaciones se encuentran más al sureste del D.F. y con menor índice de población como Milpa Alta y Tláhuac que representan el 12% del total de casos registrados. En esta entidad el grupo de edad más afectado para las diarreas es el de menores de un año con incidencia de 17,472 por 100,000 nacidos vivos registrados, representando el 13.2% del total; le sigue el grupo de 1 a 4 años con tasa de 5,898 y un porcentaje de 18.2 del total. El 0.007% de la mortalidad general en el D.F. fue debida a enfermedades diarreicas con tasa de 7 defunciones por cada 100,000 habitantes; siendo en el Estado de México la tasa de 17 defunciones por cada 100,000 habitantes, cifras inferiores al promedio nacional de 21.5 por cada 100,000 habitantes (13).

IV. DEMANDA Y MANEJO DEL RECURSO.

La gran mayoría de las fuentes de agua en el Valle de México (subterráneas) han sido sobreexplotadas desde principios del presente siglo, lo que ha provocado severos problemas de hundimiento, deterioro de la calidad del agua, acelerada escalada de costos y acceso inequitativo al recurso. En la Ciudad de México se estima por concepto de recaudación un déficit anual de mil millones de dólares, debido al subsidio excesivo que ha generado paralelamente, el consumo excesivo. De igual manera, el acceso de la población de bajos recursos al suministro confiable de agua es inequitativo y limitado. La noción de que el recurso es escaso y su suministro sumamente costoso trasciende tan débilmente, que la mayor parte del consumo se cuantifica de manera poco confiable, o bien, se aplican cuotas fijas por este servicio. En este sentido, el financiamiento insuficiente restringe la capacidad del sistema para expandir la red áreas sub-abastecidas, tratar el agua residual y reparar las fugas del sistema de distribución; por lo tanto, el incremento de la demanda continúa rebasando la provisión sustentable del recurso. En la ZMVM, la problemática relacionada a la demanda y escasez del recurso se origina tanto por el incremento poblacional como por los patrones existentes de subsidio a los usuarios. El costo del agua se incrementa debido a que las fuentes del mismo son más caras, las normas de calidad más elevadas y el mantenimiento y expansión del sistema más demandante.

En la ZMVM los costos reales para satisfacer la demanda ascendente de agua de calidad aceptable son crecientes. Su incremento y el de los servicios de saneamiento, actúan dramáticamente en la elevación de costos a medida que la población urbana continúa en expansión, y la disponibilidad, la calidad y las finanzas del agua se deterioran. Aunado a esto, una porción importante del agua que entra al sistema formal de distribución se pierde por fugas, y la satisfacción de la demanda no es equitativa en las diferentes partes de la región. Finalmente, los sistemas de financiamiento y cobro del agua consumida estimulan el consumo excesivo y fomentan la escasez de fondos para el mantenimiento y expansión del sistema. Buenfil define cinco áreas de oportunidad prioritarias encaminadas a lograr una

SECRET



administración integral del recurso: Preservación del agua, Recuperación de costos y salud financiera de la empresa, Equidad doméstica y social, Pérdidas e Información (15).

En las áreas de bajos ingresos de la ZMVM se subsidian los costos reales de suministro y desecho. Por ejemplo, en el Distrito Federal se gastan más de \$570 millones de USD al año, para subsidiar los servicios de agua y saneamiento. De las 64 ciudades mexicanas existentes en 1992 con más de 100,000 habitantes, el D.F. ocupa el vigesimoquinto lugar por el monto pecuniario recuperado por cada toma de agua, a razón de \$10 USD por año, cobrándose únicamente \$11 USD por m³, considerándose el costo marginal de suministro a las comunidades de la ZMVM en aproximadamente \$1.00 dólar por m³. En el D.F., las tarifas por metro cúbico para el sector industrial, varían en función del consumo, siendo la más baja de \$20 USD en consumos de hasta 30 m³, alcanzando un costo de \$97 USD por consumos mayores a 960 m³. En caso de no contar con medidor, se les aplica una tarifa fija bimestral en función del diámetro de tubería que oscila entre los \$13.50 USD en tuberías menores a 13 mm (1/2") y los \$107,000.00 USD para tuberías mayores a 300 mm. (12) (2).

V. MARCO JURÍDICO.

La regulación de la administración del recurso en la ZMVM representa una problemática significativamente compleja, existiendo un gran número de organismos dependientes de varias ramas del gobierno federal y local, así como normas jurídicas aplicables. En el Valle de México, como en el resto del país, se percibe un movimiento tendiente a la privatización de la asignación del agua, emprendiéndose una verdadera revolución en la asignación de los recursos hídricos y en la regulación de su calidad. Por ejemplo, actualmente se incluyen evaluaciones costo-beneficio en el desarrollo, la aplicación de las normas, y la promoción de derechos privados con respecto al recurso.

Suministro y propiedad del agua.

En México, toda regulación con respecto a los recursos naturales emana del artículo 27

constitucional, en donde se definen como bienes propiedad de la nación. El párrafo quinto clasifica los recursos dentro del país, delimitándolos entre privados y públicos, y clasificando las aguas como: interiores, marinas territoriales sujetas a soberanía mexicana, marinas apropiadas para uso doméstico, superficiales en suelo mexicano, subterráneas en subsuelo mexicano, privadas en terrenos de particulares individuales y privadas en terrenos privados colectivos. Establece, de igual manera que el agua superficial es materia de concesión por el Poder Ejecutivo Federal, para explotación mediante construcción de obras por parte del concesionario.

La administración del recurso incluye distintas instituciones como: la Presidencia de la República, las dependencias del D.F., los organismos de jurisdicción estatal y los consejos regionales de la cuenca. El Presidente de la República tiene el poder para reglamentar la extracción y el uso de las aguas nacionales, establecer áreas de veda y emitir reglas encaminadas a conceder permisos para el usufructo de aquéllas. La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca tiene el poder para reglamentar los recursos hídricos a través de la Comisión Nacional del Agua, la cual fue creada a iniciativa del Presidente, para efectuar la asignación del agua. La CNA se divide en seis regiones geográficas, una de las cuales está constituida por la ZMVM e incluye al Distrito Federal y parte de los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo, Puebla y Morelos. En lo referente al D.F., éste está regulado mediante una legislación federal especial, siendo La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) la encargada de controlar la distribución del agua. En el Estado de México, la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) es la responsable de la distribución del recurso.

El artículo 27 constitucional establece que la CNA puede otorgar concesiones a entidades privadas para aprovechar las aguas superficiales. Igualmente, de acuerdo con este artículo, se puede asignar agua del subsuelo a entidades privadas o municipios, excepto a aquellos casos en que el ejecutivo ha proscrito la explotación de un acuífero. En lo referente a las aguas residuales, la CNA adopta la posición de que toda agua residual retomada a las de dominio público es de nuevo propiedad de la

12



nación, sin embargo, existen programas según los cuales las aguas residuales pueden comercializarse.

VI. EL AGUA Y LA ZMVM DEL SIGLO XXI.

00343

Calidad del agua.

La Ley General del Equilibrio y Protección al Ambiente define la prevención y control del agua y de sistemas hidráulicos, establece criterios selectivos para tal propósito y estimula la participación de la comunidad en ese control. La Ley Nacional del Agua, promulgada en 1992 contiene también estipulaciones relativas a la calidad, estableciendo la obligación de la CNA de promulgar reglamentos encaminados a proteger y mejorar la calidad del agua en sistemas fluviales y en acuíferos, y hacer cumplir los reglamentos en casos de descargas de aguas residuales. La Ley General de Salud establece la autoridad de la Secretaría de Salud para establecer criterios de calidad de agua potable, tratamiento de aguas residuales y reglamentar la estructura de distribución de agua. La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) realiza las tareas encaminadas a hacer cumplir las normas para la protección ambiental. Existen así mismo, una gran cantidad de Normas de carácter nacional relativas a la calidad de agua.

Materia tributaria.

La Ley de Impuestos por Consumo y Descarga de Aguas, requiere que la explotación, el uso o el desarrollo de las aguas nacionales superficiales o subterráneas, ya sea para abastecimiento o para recepción de descargas de desecho, pague derechos, según lo previene la Ley Federal de Derechos en Materia de Aguas Nacionales. La ley expresa que asignatarios como los organismos federales, estados, municipios, entes privados o empresas concesionarias, paguen la cantidad especificada en su zona de extracción. Así mismo, obliga a quienes contaminan el agua, a pagar tanto por el hecho de descargarla como por el costo de hacer cumplir la ley, incluyendo además el daño ambiental y las multas derivadas del incumplimiento de las regulaciones en la materia.

Los subsidios al servicio de agua han limitado la capacidad del gobierno para ampliar las redes de servicio, purificar el agua, tratar el agua residual y financiar el mantenimiento. Recientemente se han aplicado políticas tendientes a administrar con mayor eficiencia los recursos para el suministro del agua al área metropolitana. Sin embargo, en los albores del siglo XXI, revertir las tendencias del pasado y ejecutar nuevas estrategias de conservación, no será fácil. Para administrar óptimamente el suministro y drenaje del agua en la ZMVM, será necesario combinar en proporciones adecuadas, la necesidad de obtener nuevas fuentes de abastecimiento con una administración más cuidadosa de las ya existentes. A continuación se establecen algunas recomendaciones que proponen lineamientos de políticas generales encaminadas a lograr el Manejo Integral del Recurso en el siglo XXI:

1. Desarrollo de nuevas fuentes.

Deberán tomarse en cuenta las modificaciones que los programas de administración de la demanda y uso eficiente del agua puedan introducir en los patrones de consumo, pues ésta es una vía poco costosa para satisfacer las necesidades de suministro. De manera similar, el reuso y la recarga artificial, son opciones de bajo costo que amplían la oferta, como lo es el tratar de aprovechar más ampliamente los acuíferos de la parte norte de la cuenca de México. Finalmente, será necesario establecer el gasto óptimo del acuífero del Valle de México, considerando factores como: la dependencia económica de la región en el recurso subterráneo, el deterioro de la calidad del agua con la profundidad, la disponibilidad y costo marginal para obtener nuevas fuentes de agua, el análisis del uso del agua, el impacto ambiental, predicciones confiables de la vida útil del acuífero y la influencia de programas de reestructuración de tarifas, medición, cobro y recarga.

2. Ampliar el tratamiento del agua residual.

Para aprovechar el amplio potencial de agua a rehabilitar, aproximadamente 44 m³/s, es necesario ejecutar programas más amplios de

00279

Handwritten text, possibly a signature or date, oriented vertically.



tratamiento, cumpliendo con la ley de pretratamiento de aguas residuales de 1990. Así mismo, es importante ampliar y mejorar la capacidad para tratar el agua residual, tanto para eliminarla en condiciones más seguras como para reusarla.

3. Vigilancia y protección de la calidad del agua.

Implementar un programa de vigilancia para la identificación y el mapeo de áreas vulnerables de la ZMVM, asentamientos humanos, pozos activos, servicios de drenaje suministrados, industrias, tratamiento de aguas residuales y todas aquellas actividades que puedan contribuir a la contaminación el agua subterránea. Definiendo medidas tales como aumentar restricciones a las descargas industriales, controlar los residuos peligrosos, establecer instalaciones sanitarias y ejecutar programas de protección a las bocas de pozo y, la clausura y reubicación de pozos en producción.

4. Administración de la demanda.

Se deben implementar instrumentos como: programas públicos educacionales, readecuación de instalaciones sanitarias, leyes de conservación, programas de instalación y mantenimiento de medidores, planeación del uso del suelo urbano y sistemas tarifarios. La medición domiciliaria debe complementarse con: extensión de los servicios a áreas no conectadas actualmente, renovación de instalaciones y reparación oportuna de fugas. De manera por demás prioritaria se debe promover la participación del público en la toma de decisiones relativas tanto a la privatización como a la administración de la demanda. Es importante fomentar la conservación del recurso entre la población en general. Deben explorarse las oportunidades de involucrar al sector privado en la educación del público.

84 11

SIN TEXTO

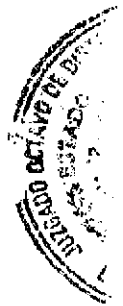


00345

00 469



00281



00346

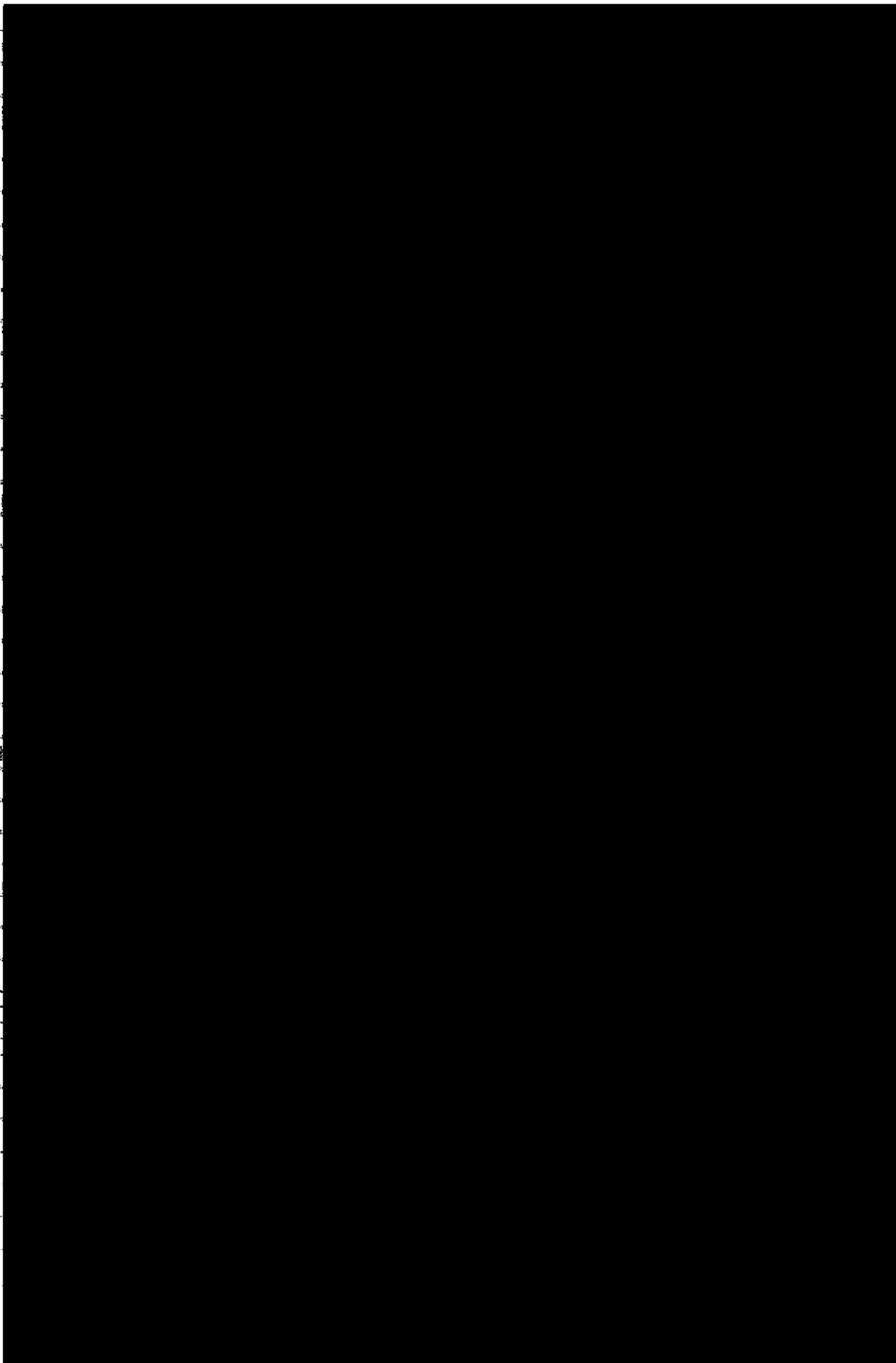
00 470

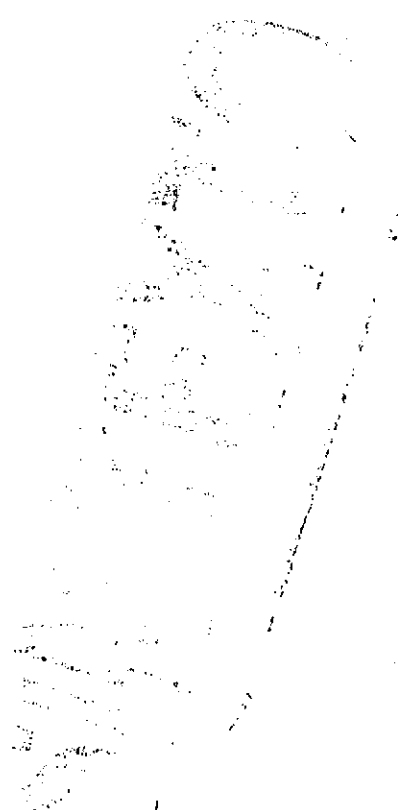


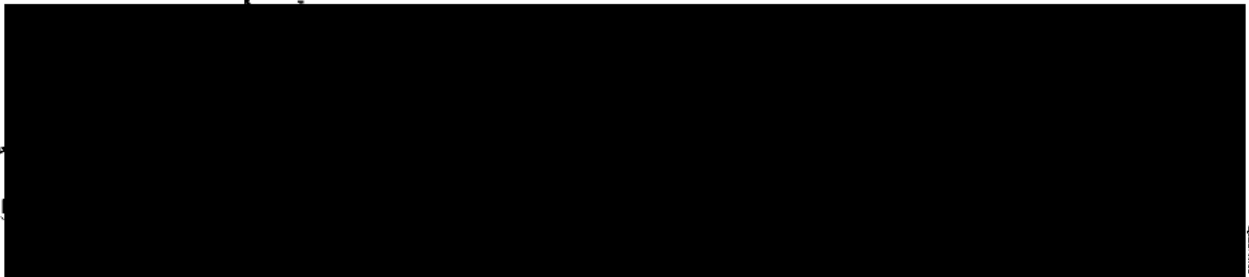
00282

SECRET









00 472
00348
EVA 39

CIUDAD DE MEXICO

INEGI

SIN TEXTO



00349

00 473





00359

.00 474

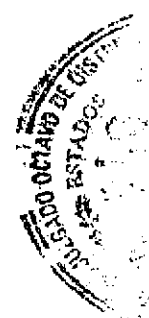
00286

SIN TEXTO





SECRET
OFFICE
OF THE
ATTORNEY
GENERAL





FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República

00352

Célula de Investigación: **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y
LITIGACIÓN UEIDCSPCAJ "A"**
Carpeta de Investigación: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000
289/2019**

Oficio No: [REDACTED]
Asunto: Solicita información.

[REDACTED]

[REDACTED]

Con fundamento en lo previsto en los artículos 14, 16, 21 y 102 apartado "A" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1, 2, 127, 131 fracciones I, IV, V, IX y XXIII, 212, 213, 215, 217, 218, 221, 259, 261 y 263 del Código Nacional de Procedimientos Penales; 1, 2, 3, 4 párrafo primero, 5, fracción I, transitorios Cuarto y Décimo Segundo, fracción II, de la Ley Orgánica de la Fiscalía General de la República; 1, 3, inciso A), fracción IV, 6 párrafo primero y 7 del Reglamento de la Ley Orgánica de la Procuraduría General de la, solicito a Usted atentamente se sirva instruir, a quien corresponda, a efecto de que nos sea remitida en un término que no exceda de doce horas, a partir de la recepción del mismo, la información que a continuación se señala:

[REDACTED]

[REDACTED]



FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República



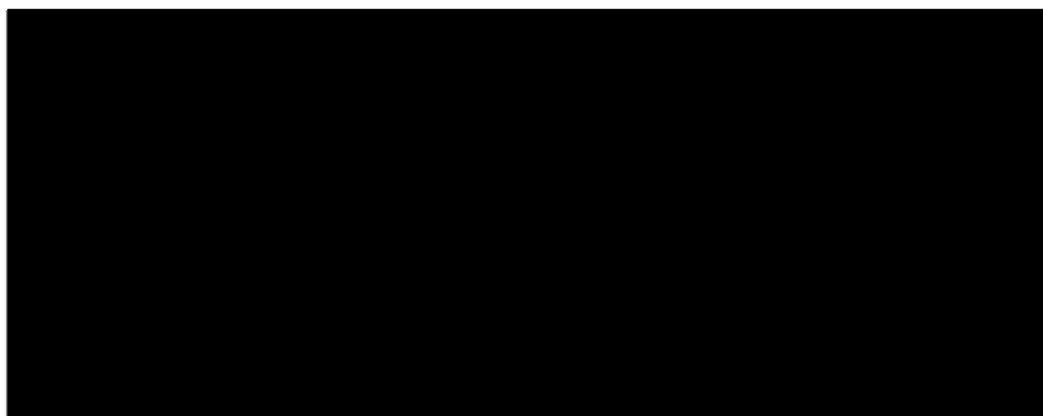
En especial las que contengan:

I.

II.

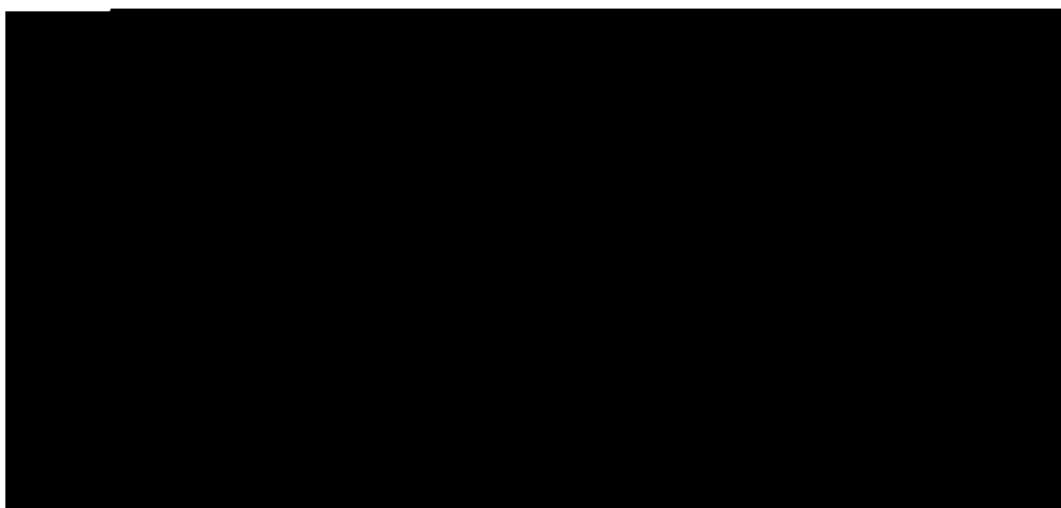
III.

IV.



Informando, que se autoriza para recibir dichos documentales [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED], quien previa
identificación reciba los documentos solicitados.

Sin otro particular, le reitero a Usted la seguridad de mi distinguida
consideración.





FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República

00353

Célula de Investigación: **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y
LITIGACIÓN UEIDCSPCAJ "A"**
Carpeta de Investigación: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000
289/2019**

Oficio No: [REDACTED]

Con fundamento en lo previsto en los artículos 14, 16, 21 y 102 apartado "A" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1, 2, 127, 131 fracciones I, IV, V, IX y XXIII, 212, 213, 215, 217, 218, 221, 259, 261 y 263 del Código Nacional de Procedimientos Penales; 1, 2, 3, 4 párrafo primero, 5 fracción I, transitorios Cuarto y Décimo Segundo, fracción II, de la Ley Orgánica de la Fiscalía General de la República; 1, 3, inciso A), fracción IV, 6 párrafo primero y 7 del Reglamento de la Ley Orgánica de la Procuraduría General de la, solicito a Usted atentamente se sirva instruir, a quien corresponda, a efecto de que nos sea remitida en un término que no exceda de doce horas, a partir de la recepción del mismo, la información que a continuación se señala:

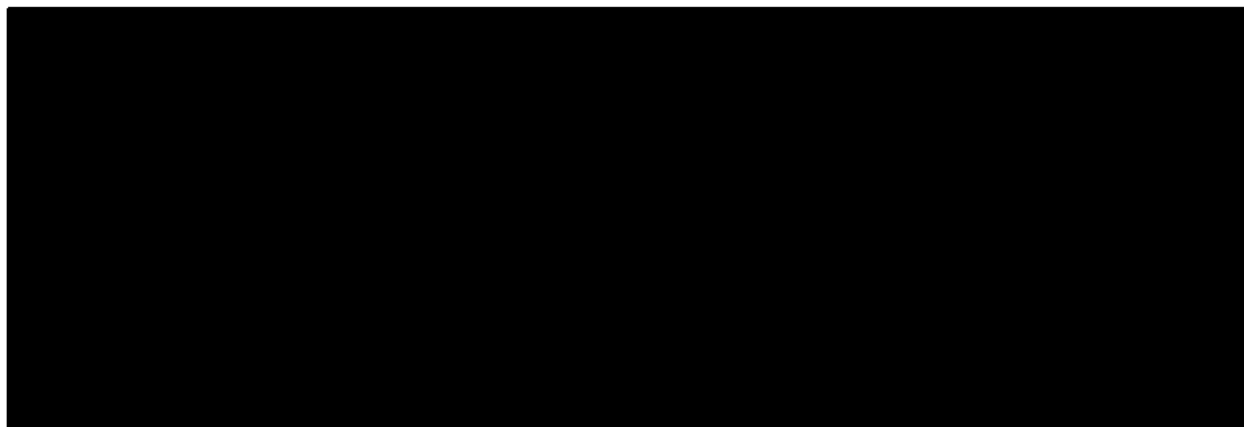


FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República

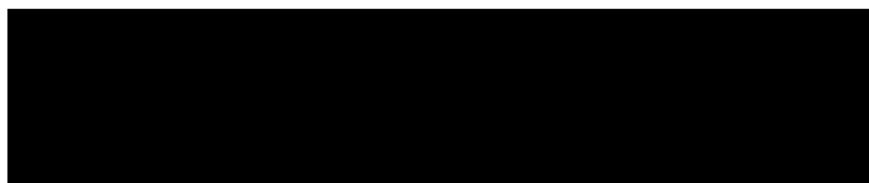
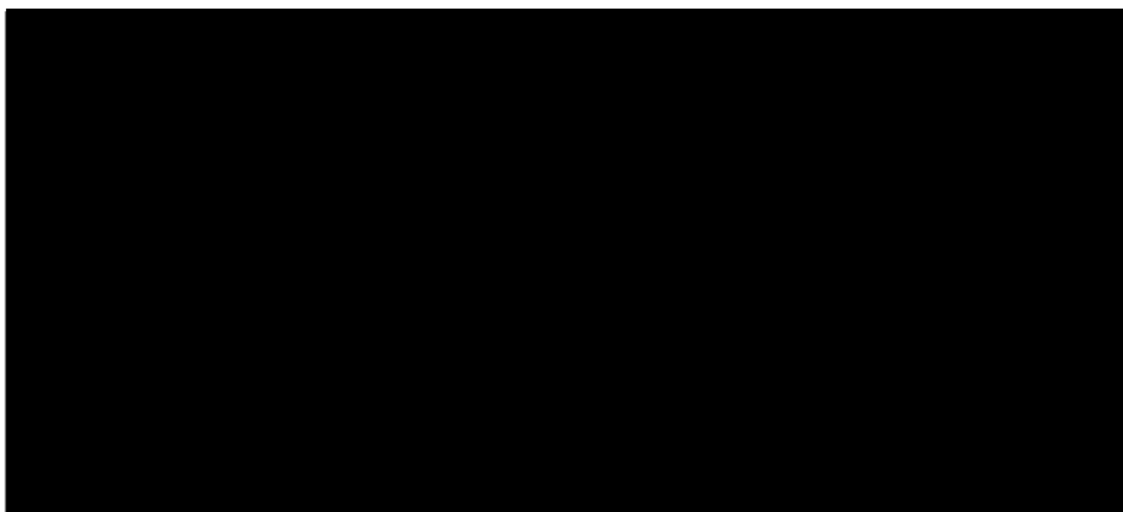
respecto a la empresa denominada [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]

En especial las que contengan:



Informando, que se autoriza para recibir dichos documentales [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] quien previa
identificación reciba los documentos solicitados.

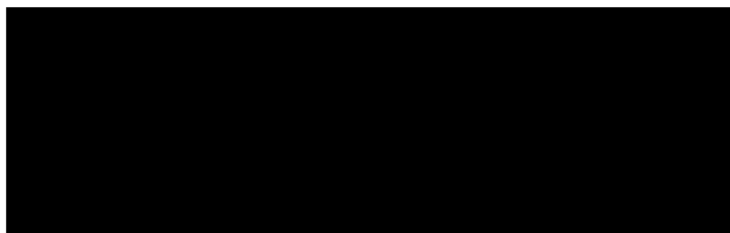
Sin otro particular, le reitero a Usted la seguridad de mi distinguida
consideración.





Informe de Investigación Criminal

Carpeta de Investigación:	FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019
No. de oficio:	[REDACTED] / [REDACTED]
Fecha y hora:	[REDACTED]
Lugar:	Ciudad de México



Hago de su conocimiento los resultados obtenidos al día de la fecha, en cumplimiento al oficio, [REDACTED], relacionado con la Carpeta de Investigación **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019**, de conformidad con lo establecido en los artículos 1, 16 y 21 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 132, 214, 217, 251 y 252 del Código Nacional de Procedimientos Penales; 40, 41, 75, 76 y 77 de la Ley General del Sistema Nacional de Seguridad Pública; 3, 6 y 32 de la Ley Orgánica de la Fiscalía General de la República.

Objetivos	<ul style="list-style-type: none">- Se designe Agente de Investigación a efecto de que se traslade al Estado de Coahuila para realizar la entrega diversas solicitudes de información relacionadas con la carpeta de investigación FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019, así como recibir la documentación que deriven de las contestaciones, en ese tenor se deberán entregar las siguientes solicitudes a las personas descritas en las mismas y en las direcciones que a continuación se enuncian:
	1. [REDACTED]
	2. [REDACTED]
	3. [REDACTED]





Métodos y técnicas
utilizadas

Investigación de Campo.

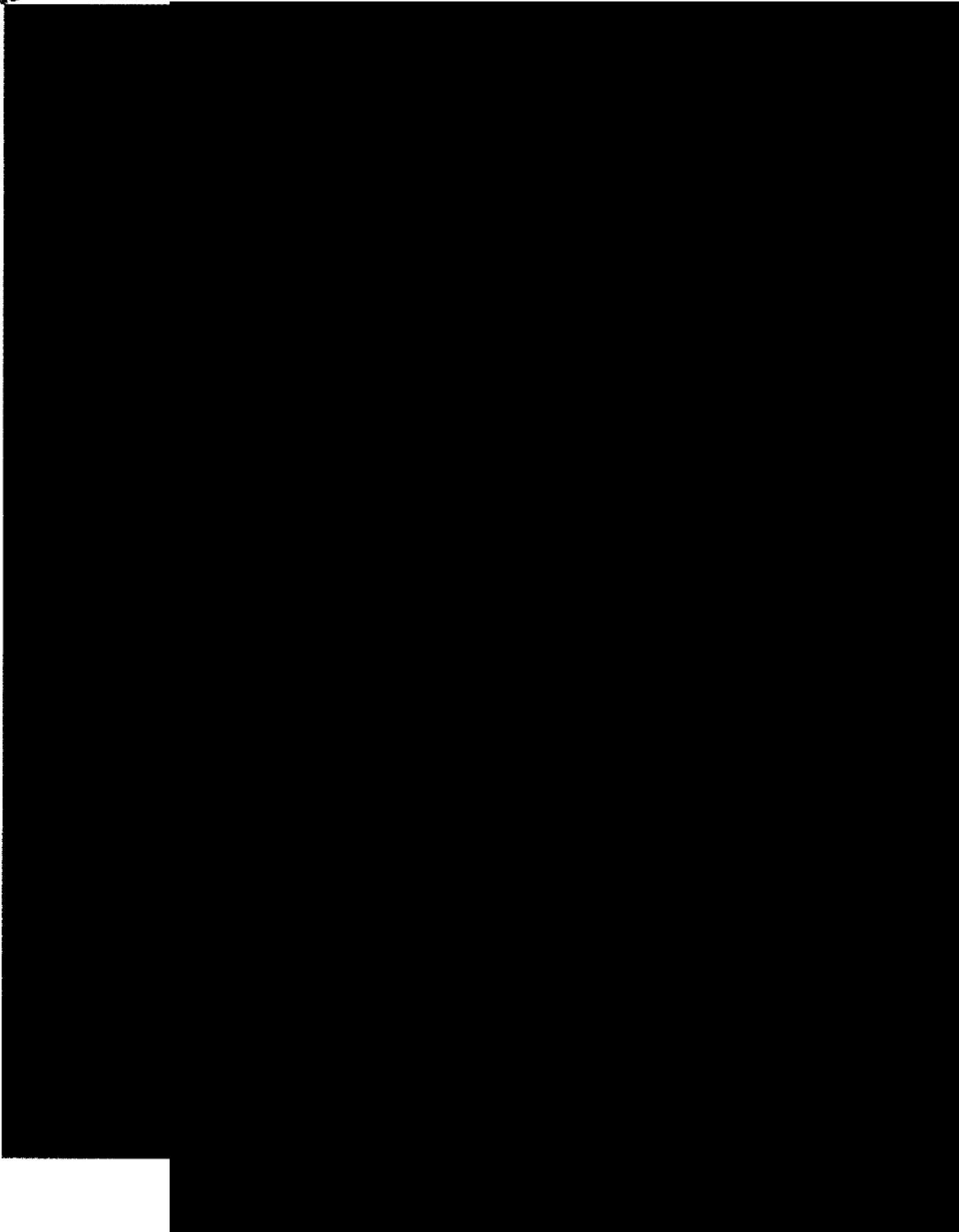
Resultados
obtenidos de las
investigaciones





FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

00356

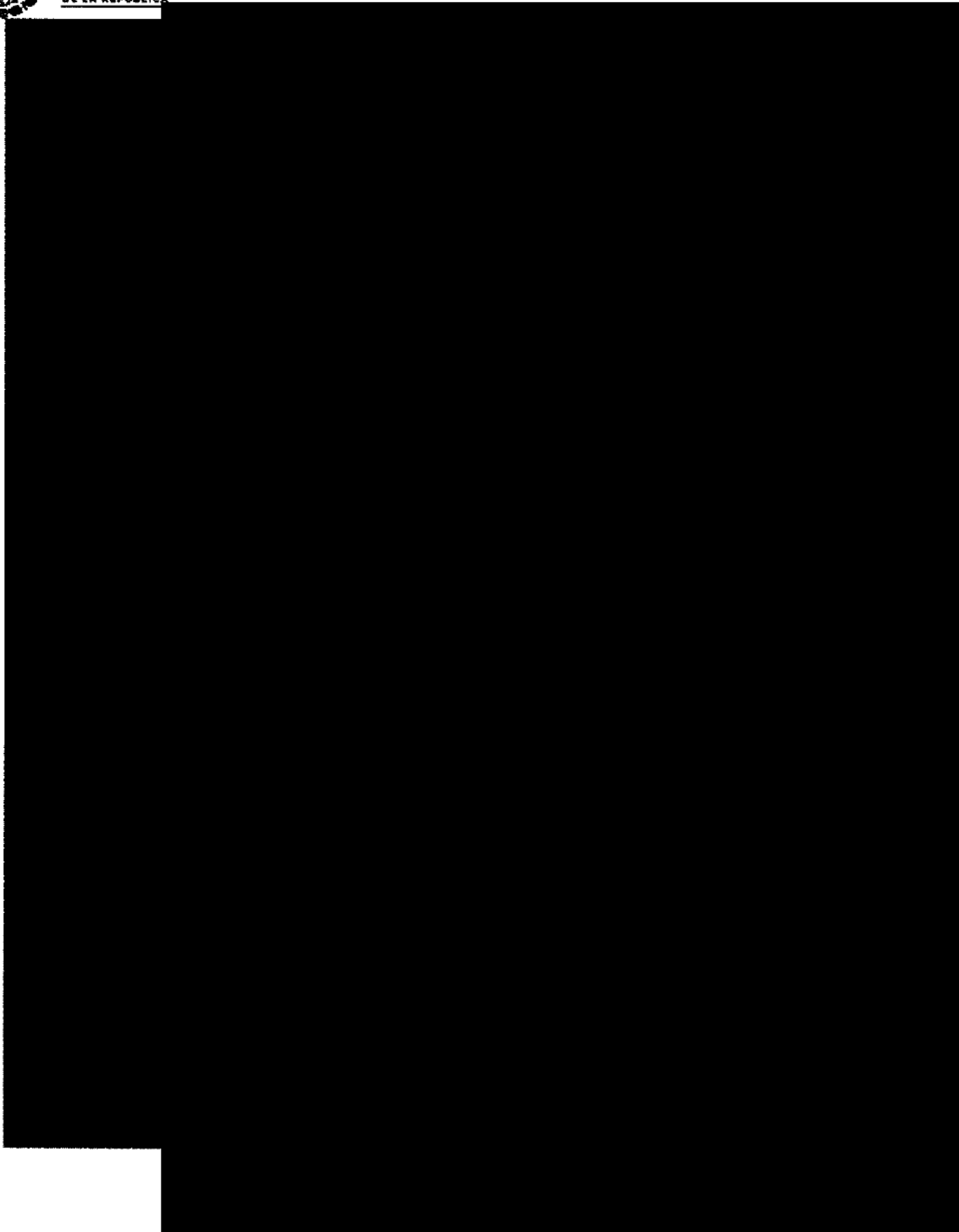






FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

00357

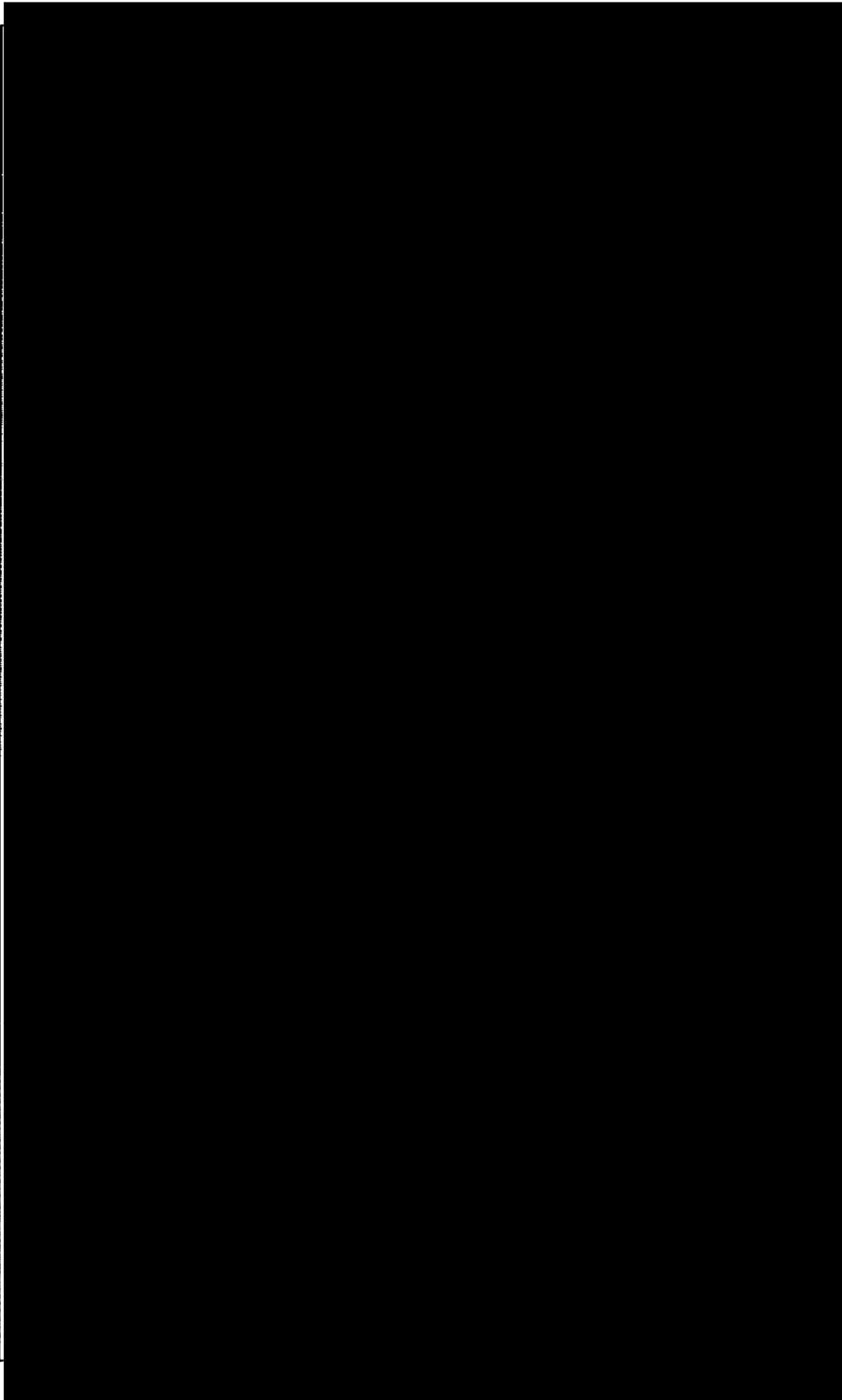
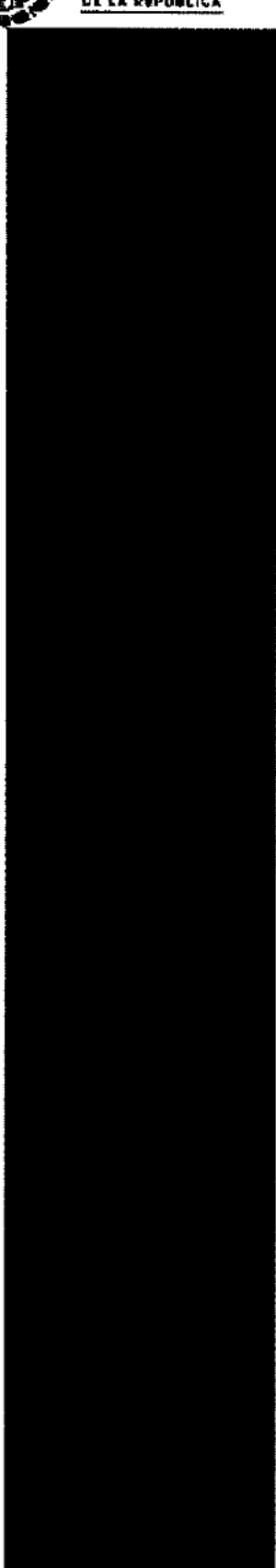






FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

00358

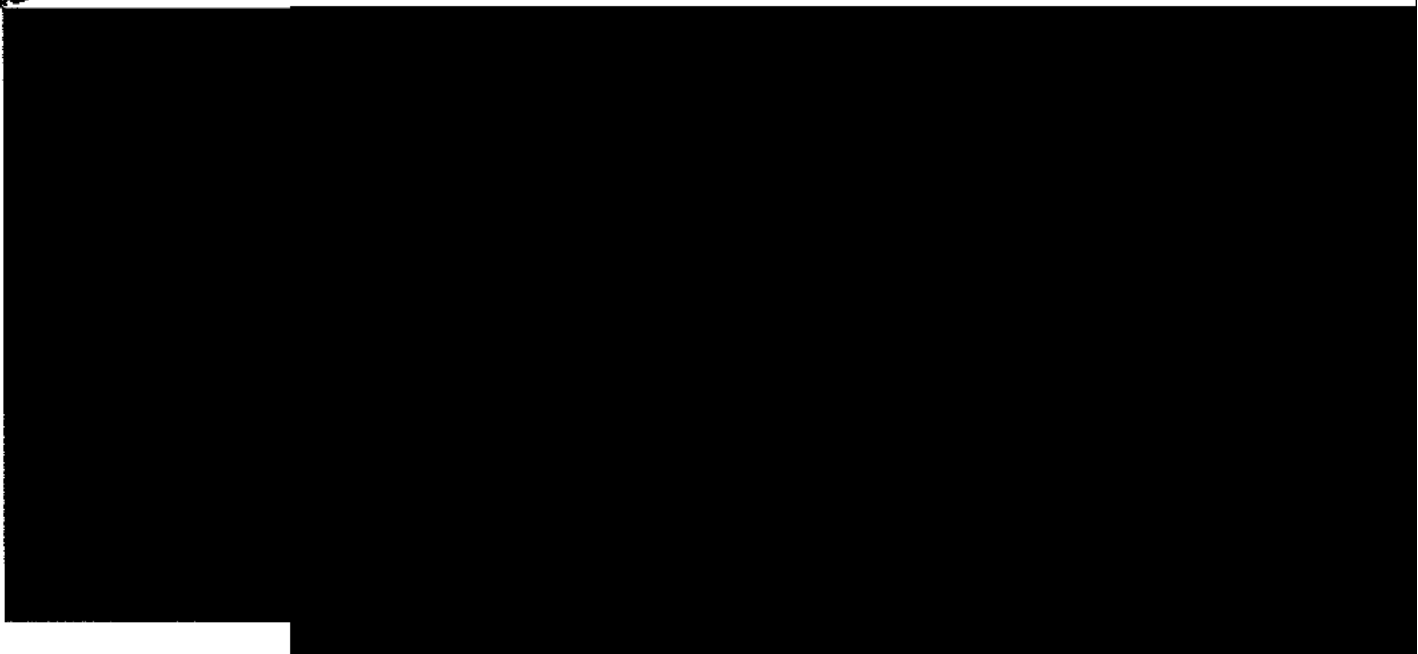






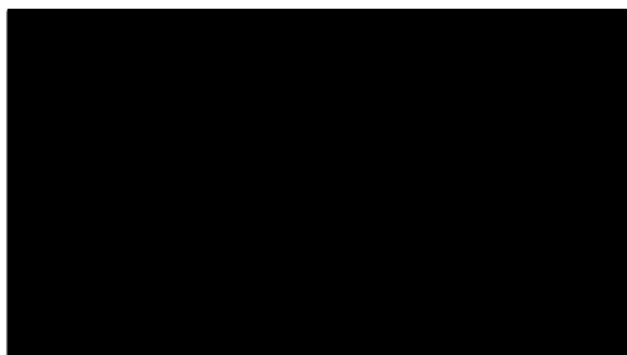
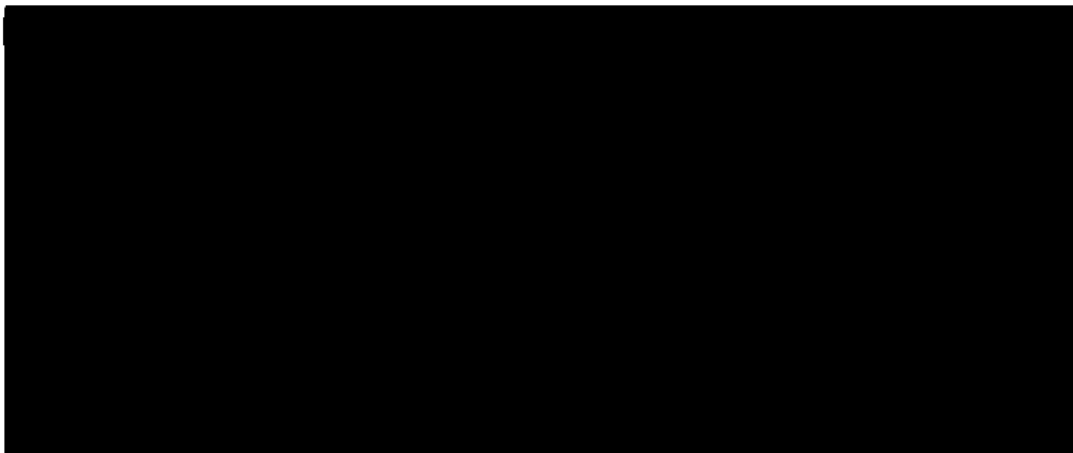
Conclusión





Se anexa al presente informe:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.
- 11.
- 12.







Estado
de Coahuila

"2020, Año del Centenario Luctuoso de Venustiano Carranza, 00361
el Varón de Cuatro Ciénegas"

Secretaría de Gobierno

Dirección de Notarías

CARPETA DE INVESTIGACIÓN: FED/SWEIDF/UNAI-CDMX/0000/289/2019

Por medio del presente, y en atención a su oficio al rubro indicado, mediante el cual solicita se remita copia certificada de los siguientes instrumentos públicos:

realizada la búsqueda en el archivo de esta Dirección, se localizaron los protocolos de los mismos; por lo cual anexo al presente encontrará las copias certificadas que solicita, las cuales constan de 35, 14 fojas respectivamente, las cuales fueron debidamente selladas y cotejadas con su original.

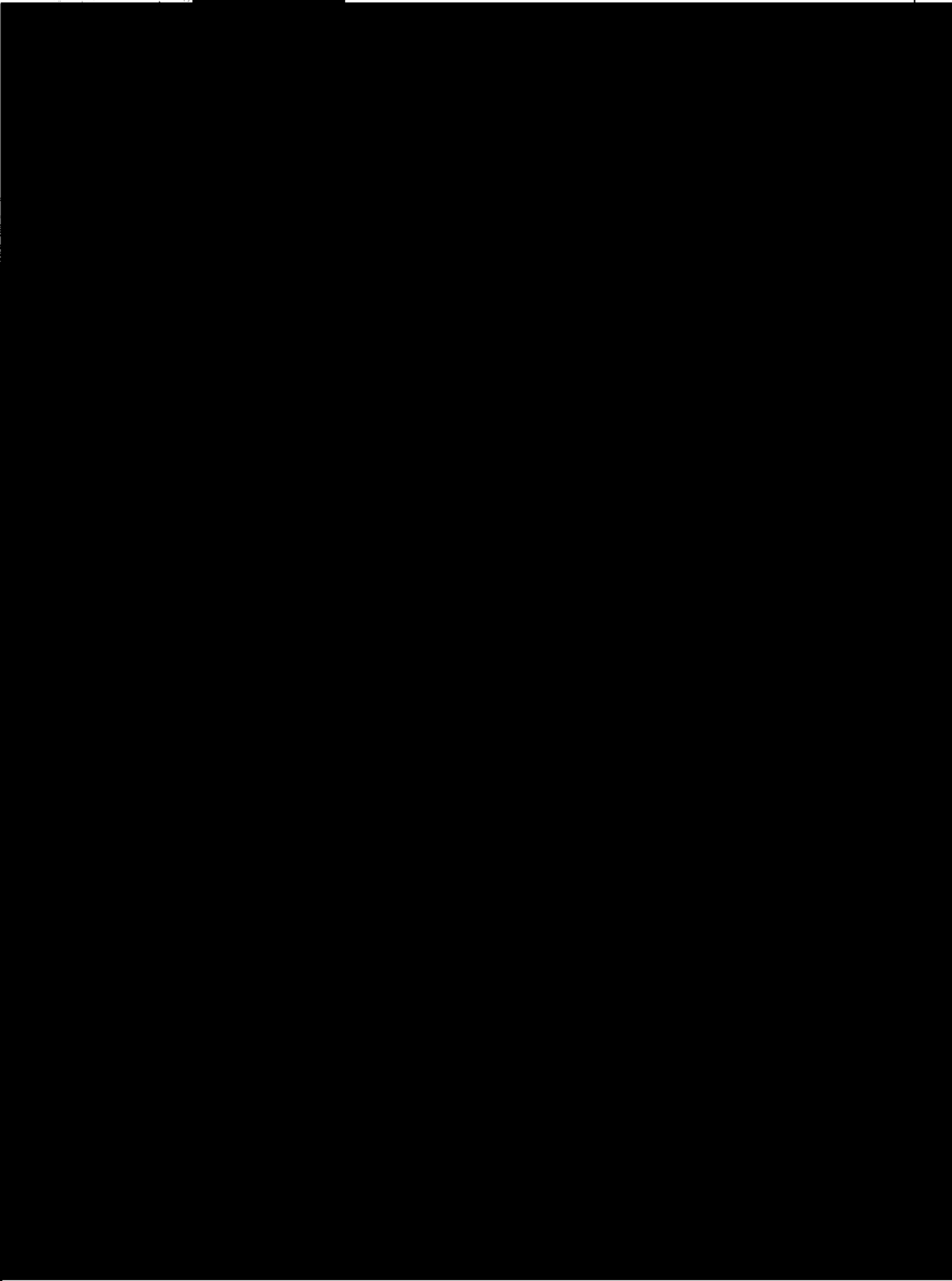
En cuanto a las escrituras de los años 2010 y 2012, le informo que la Ley del Notariado del Estado de Coahuila permite a los Notarios conservar bajo su resguardo los libros de protocolo hasta por un periodo de diez años; por lo cual dichos instrumentos aún se encuentran en custodia [REDACTED] sin embargo anexo al presente encontrará copias certificadas de los índices correspondientes a los mismos.

De igual manera, le informo que para poder estar en posibilidades de dar debido cumplimiento a su solicitud, hemos requerido al [REDACTED] a esta Dirección copia certificada de los protocolos correspondientes las [REDACTED] 2012, y [REDACTED] 2010, por lo cual solicitó la ampliación del término que se nos conde para poder dar contestación de forma adecuada a su requerimiento.

Sin otro particular, me despido de Usted, reiterándole la seguridad de mi consi



68-00260-1

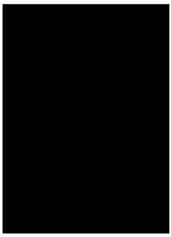
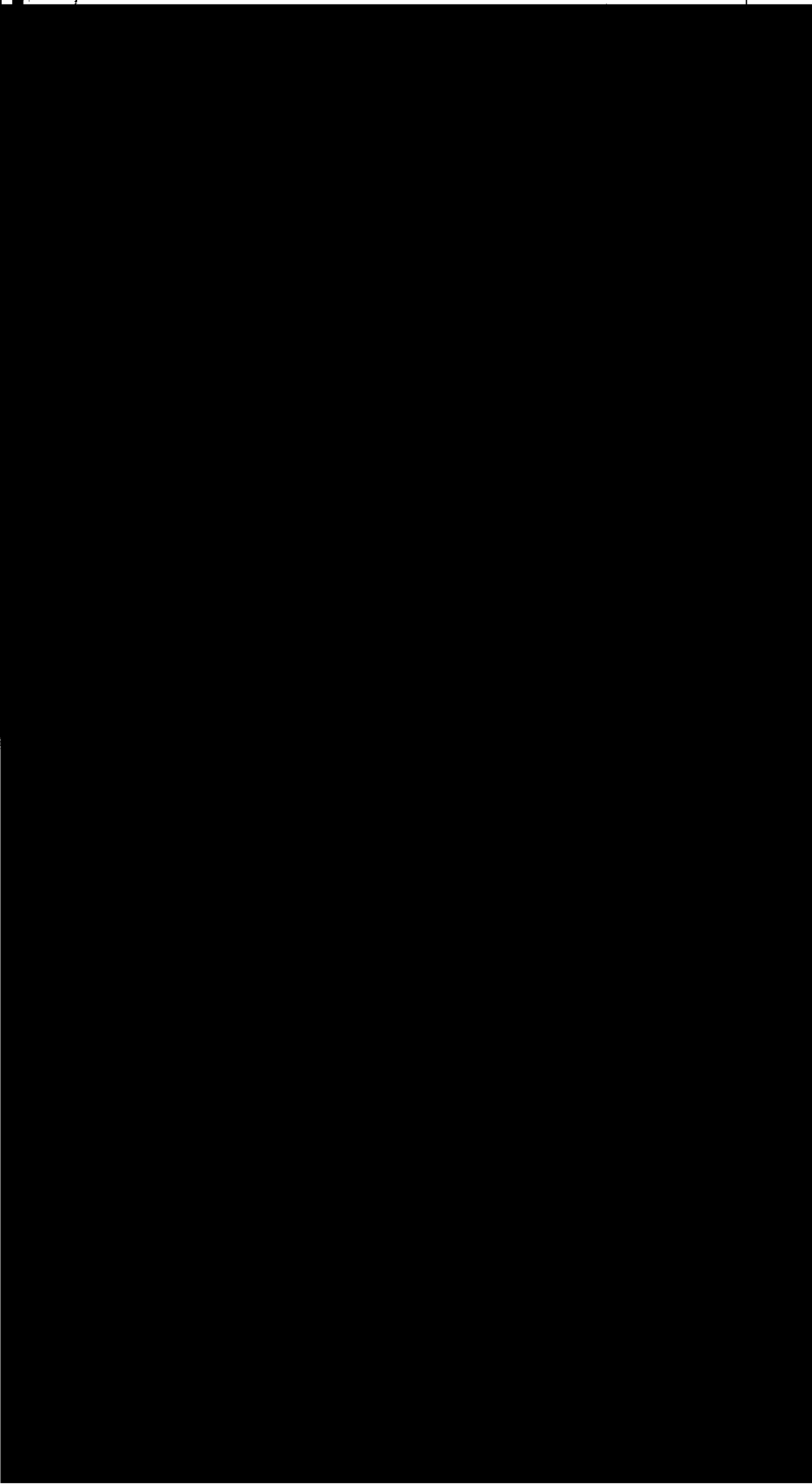




COTEJANO

607EJAND

COTEJADO

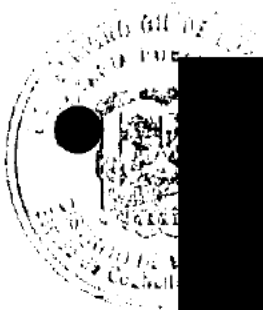


CUT HERE

COPIA

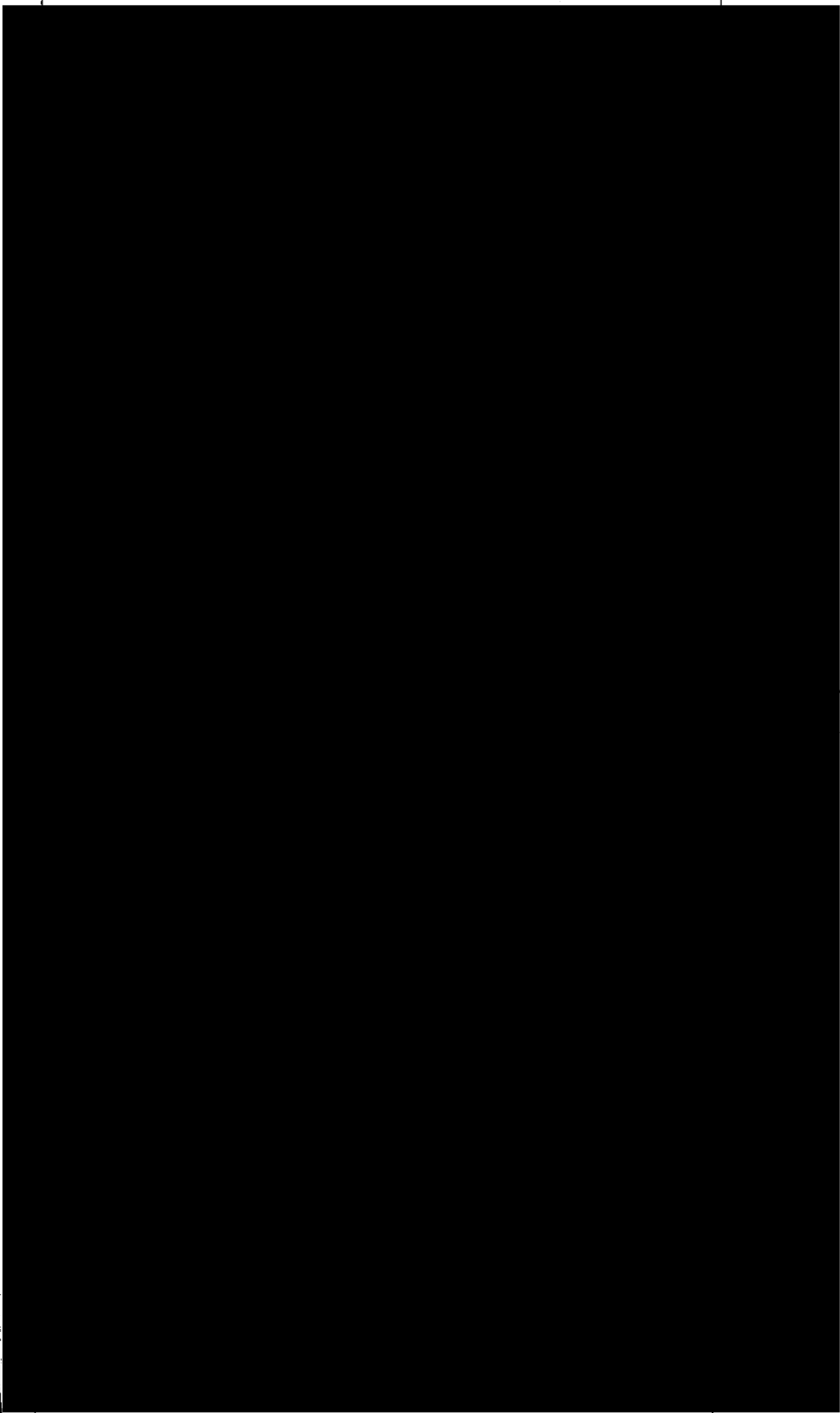


CONFIDENTIAL




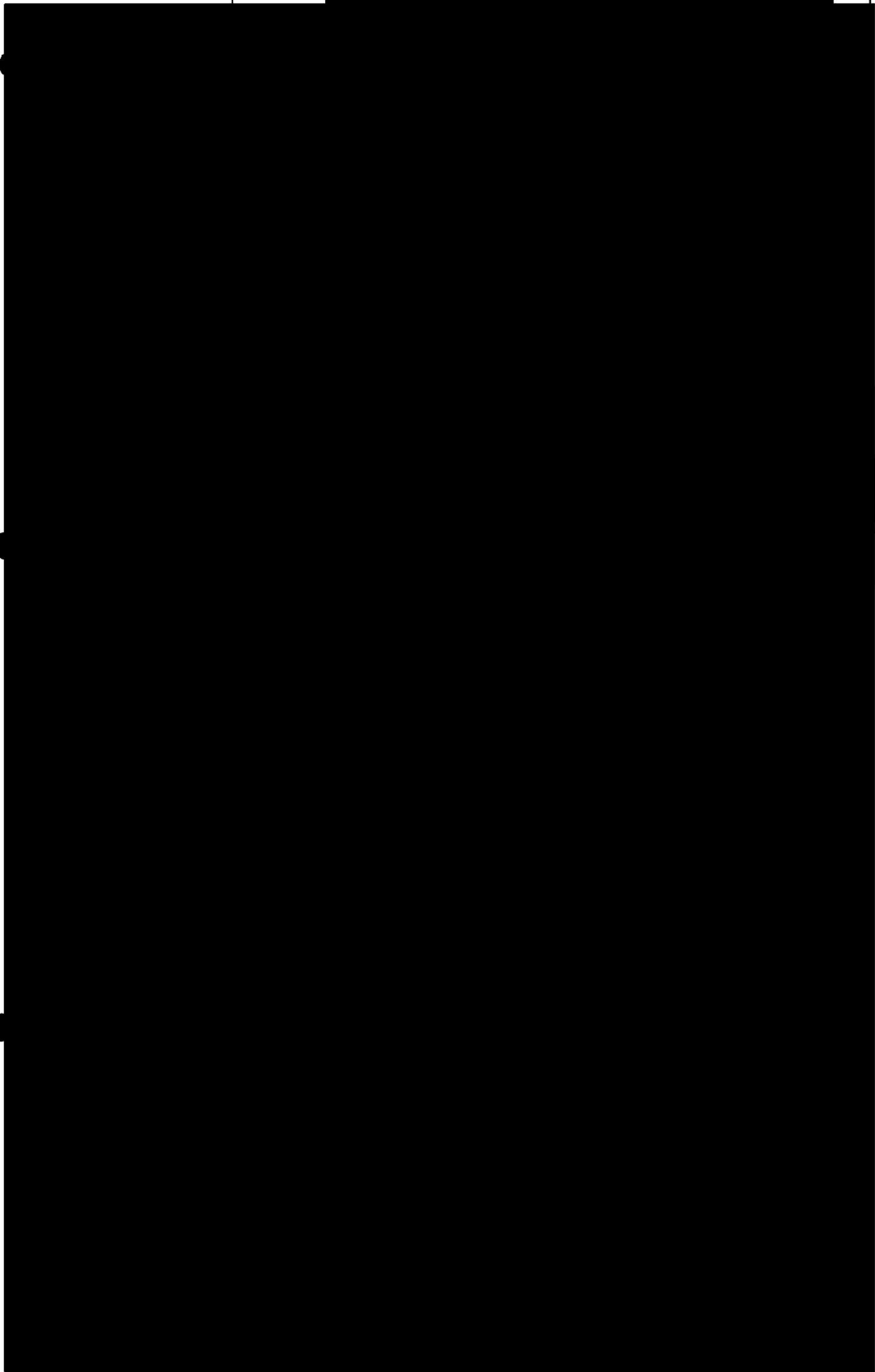
[REDACTED]

COTEJADO



COTEJADO

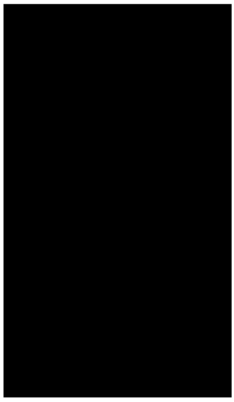




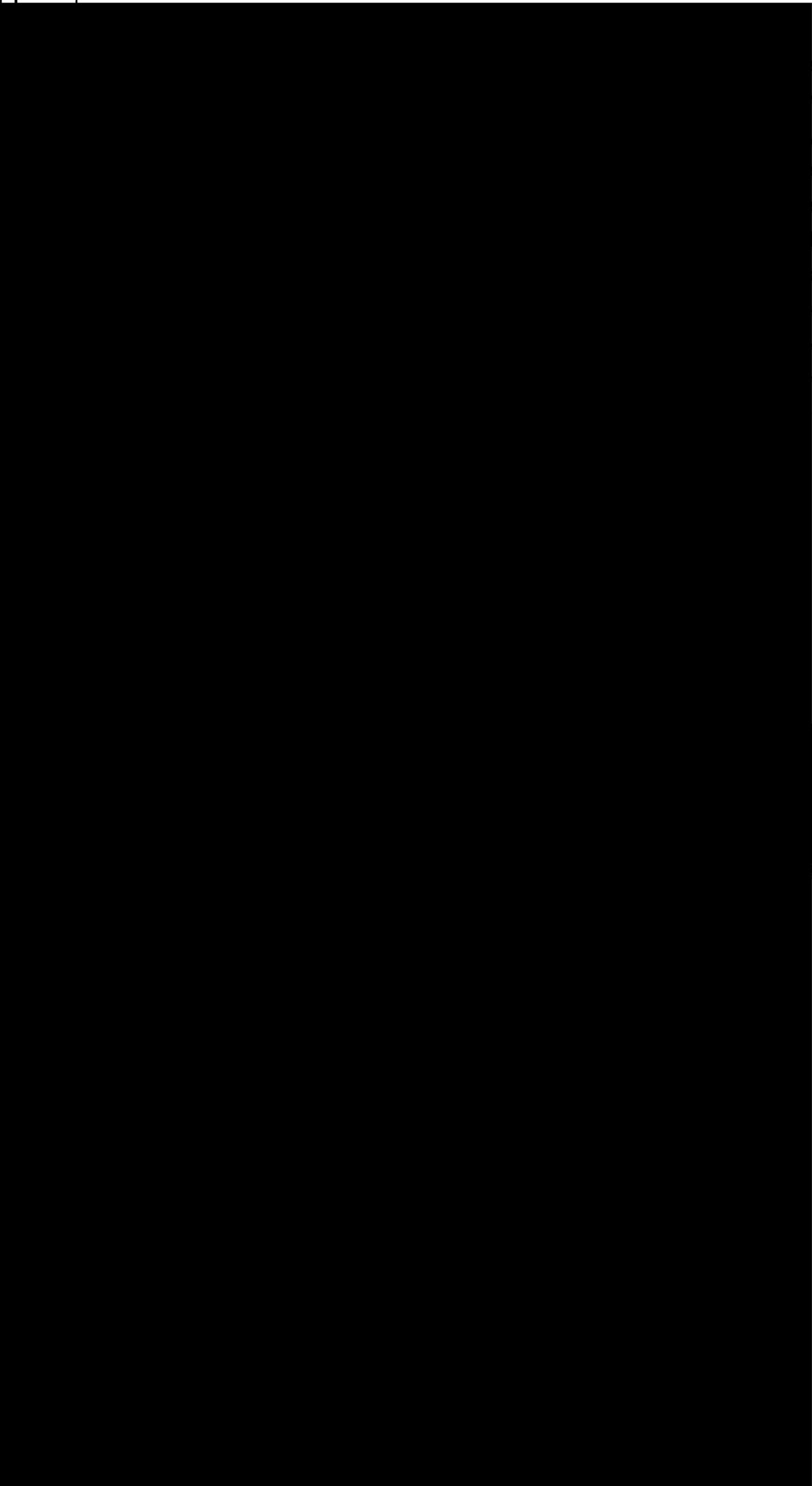


COTEJADO

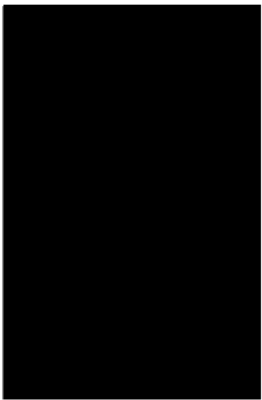
COTEJADO



COTEJADO


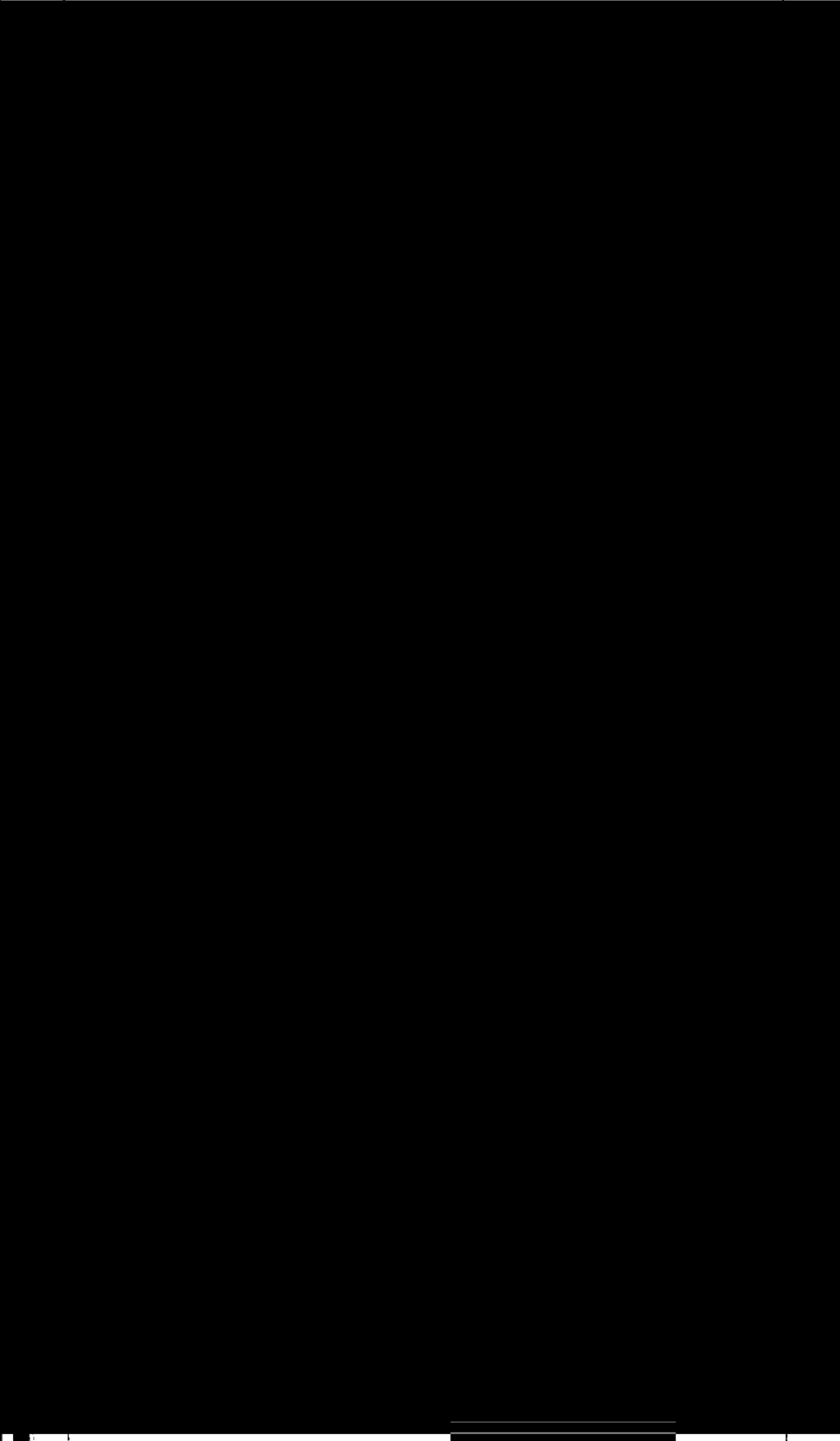


(a)



COTEJADO





COTEJADO

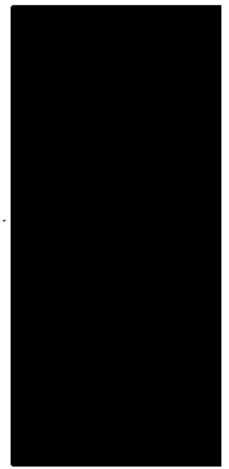
(1)

00000000




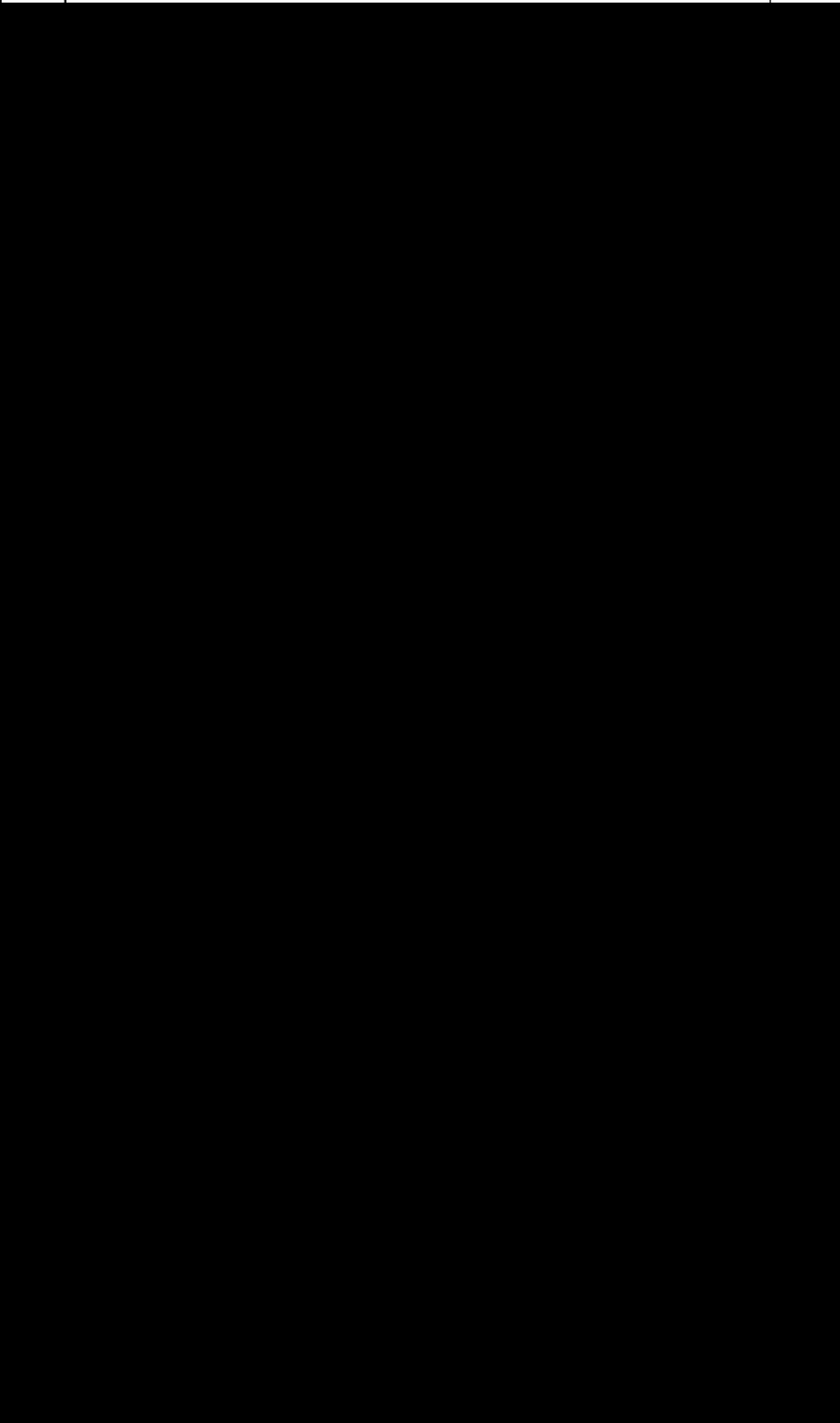
COTEJADO





COTEJADO

COTELAS



COTEJADO

SECRETARÍA DE
DEFENSA



COTEJADO

COTEJADO



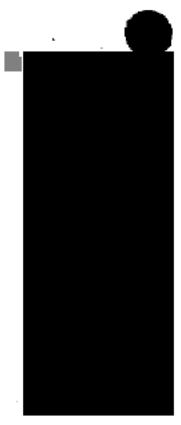
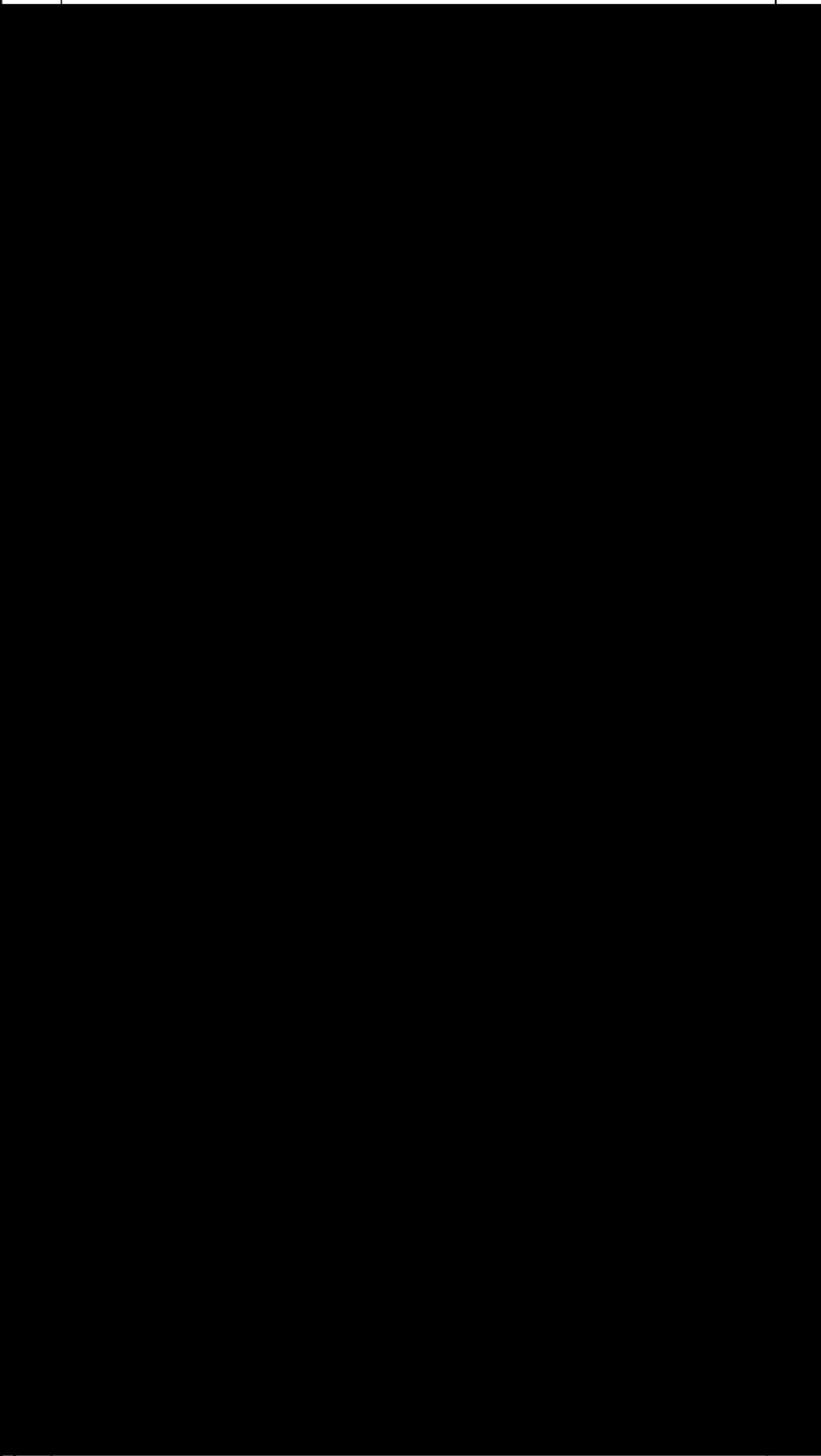
COTEJADO

COTEIADO




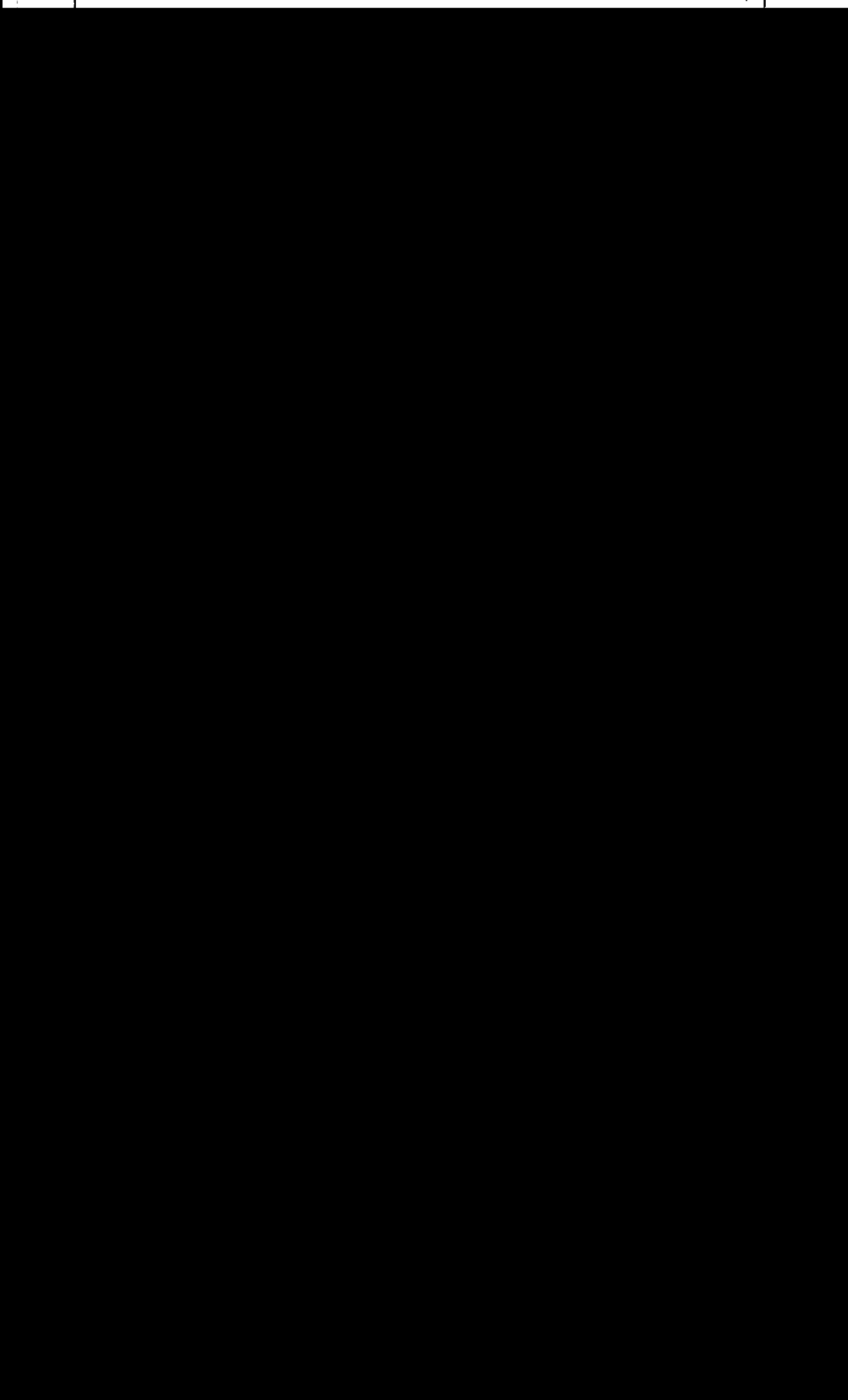
COTEIADO

COTEJADO




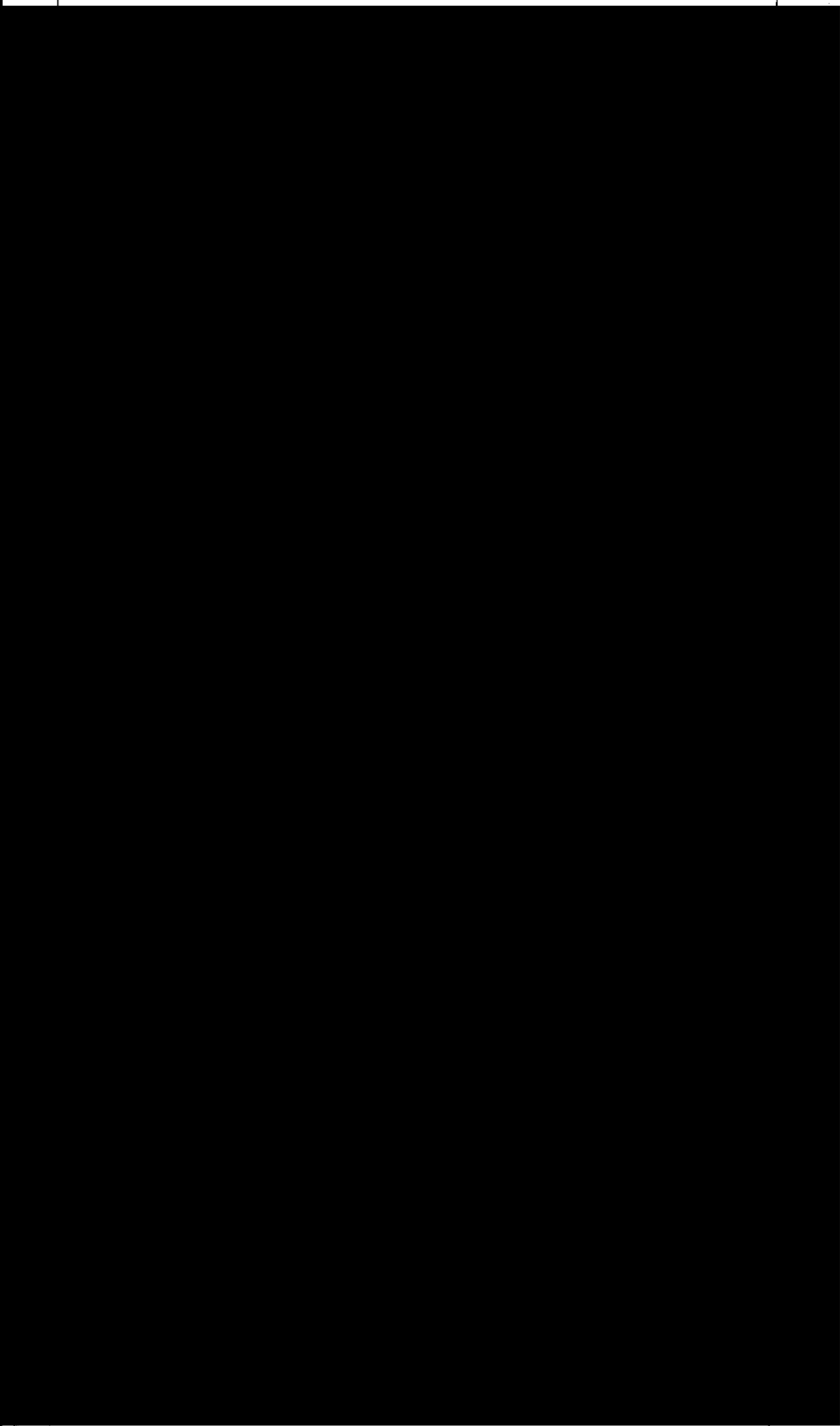
COTEJADO

COTEIA00




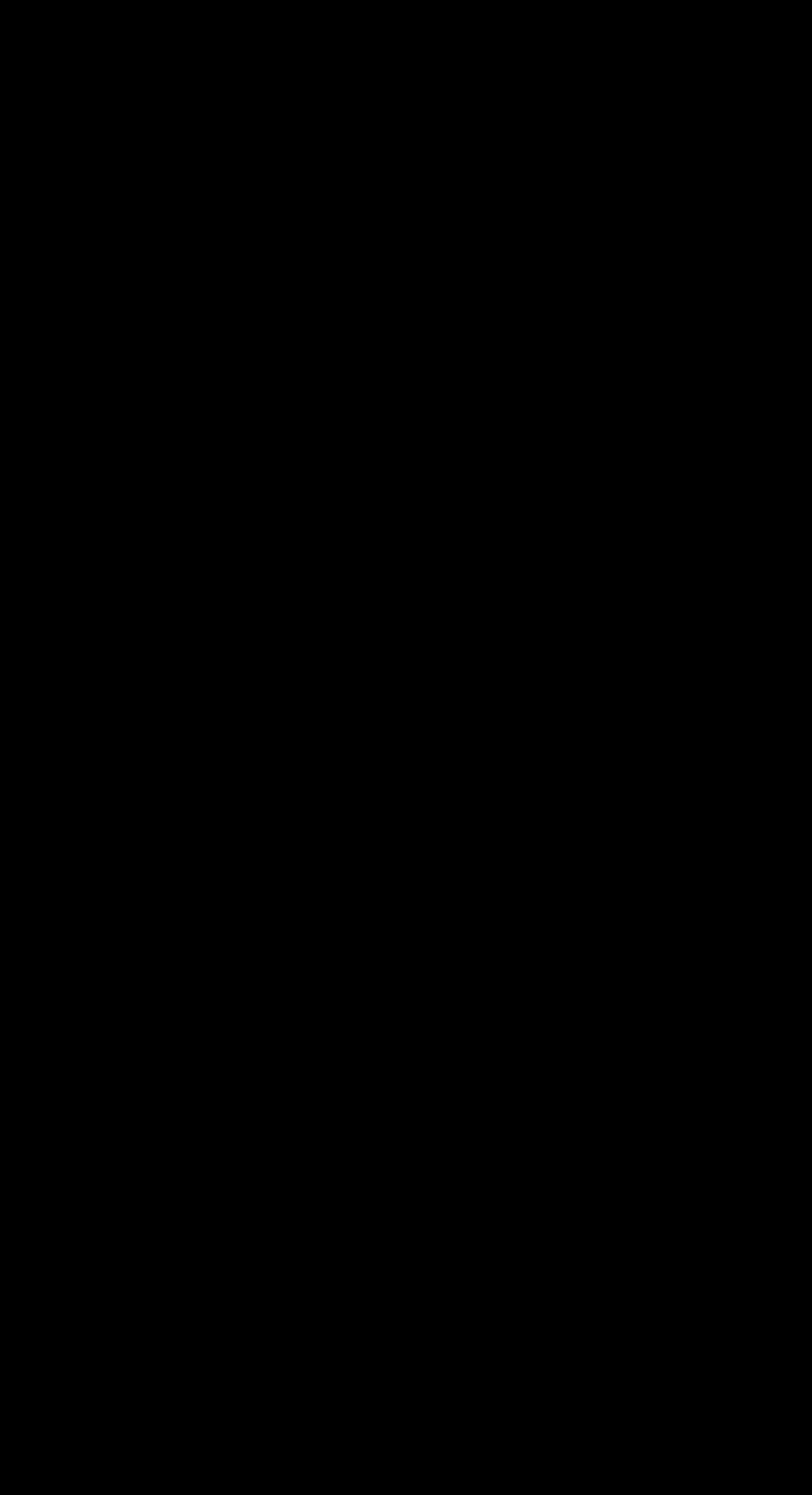
COTEJADO

COTEJADO



COTEJADO

COTIZADO



COTEJADO

COPIADO

COTEJADO

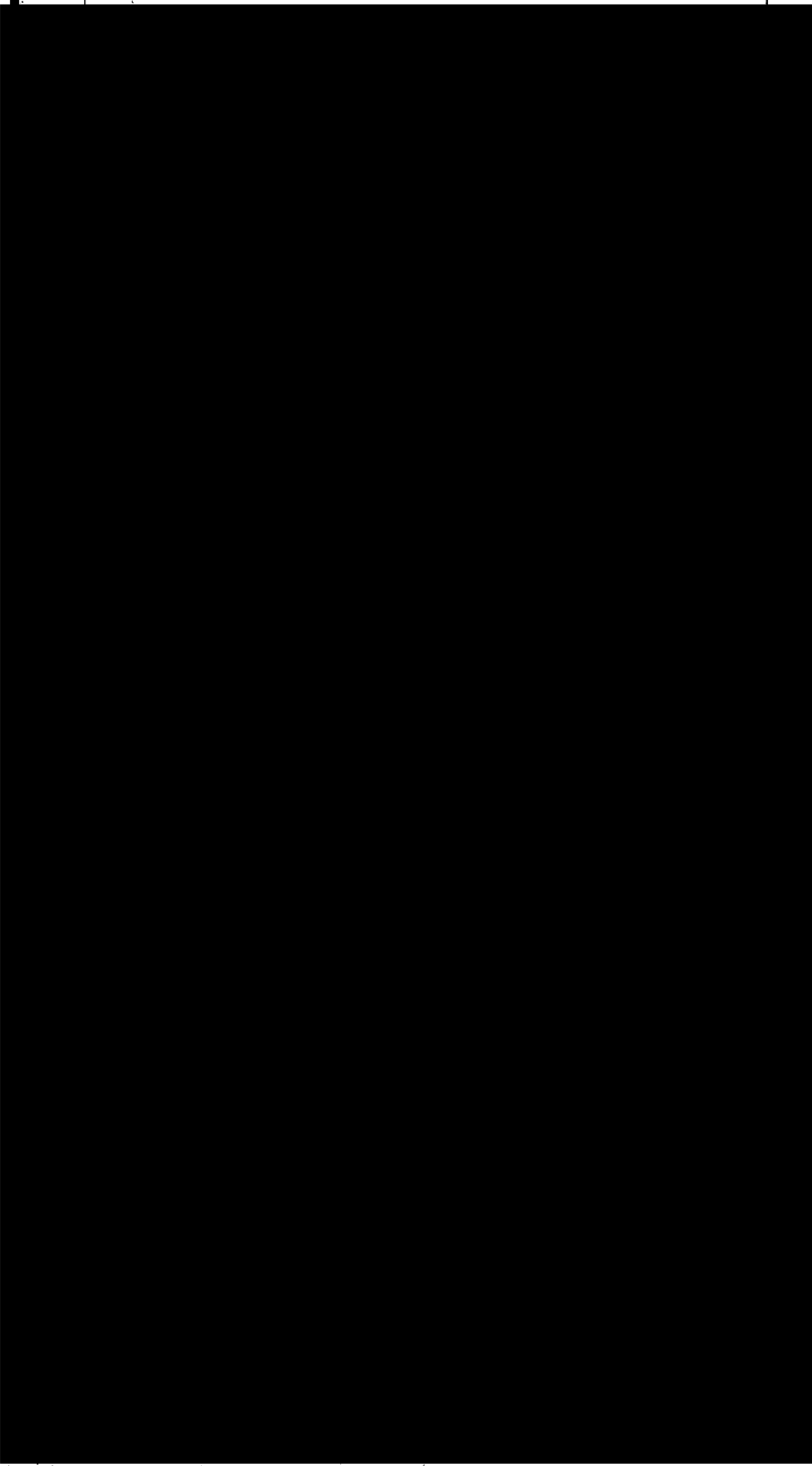
COTEJADO

COTEJADO

FOTADO

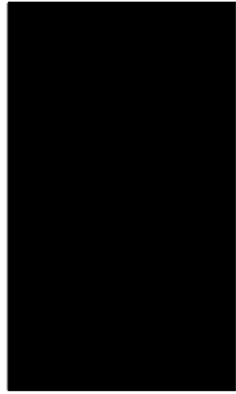


COTEJADO




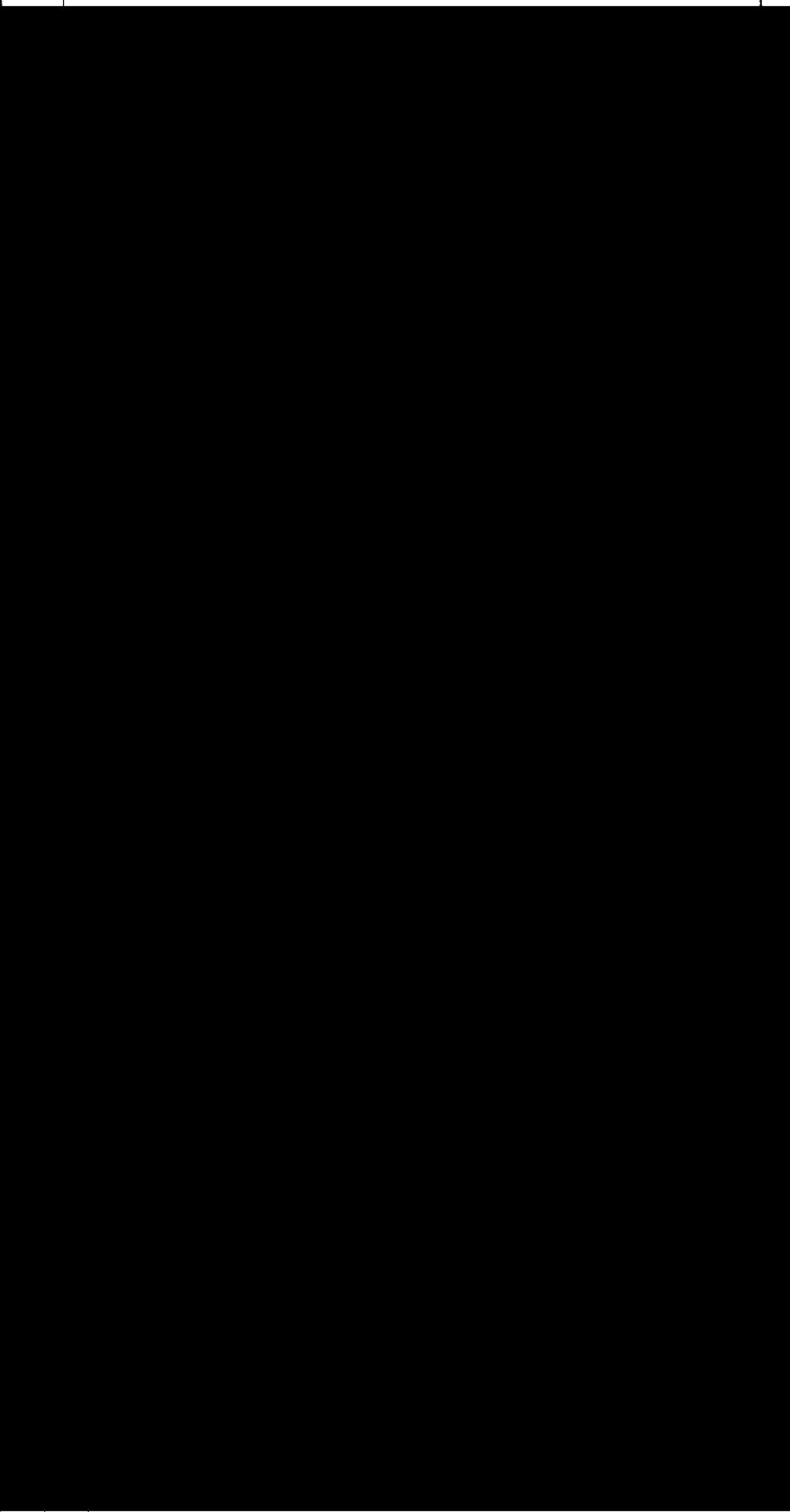
COTEJADO

COPIADO



COTEJADO

COTEJADO

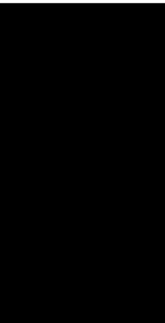
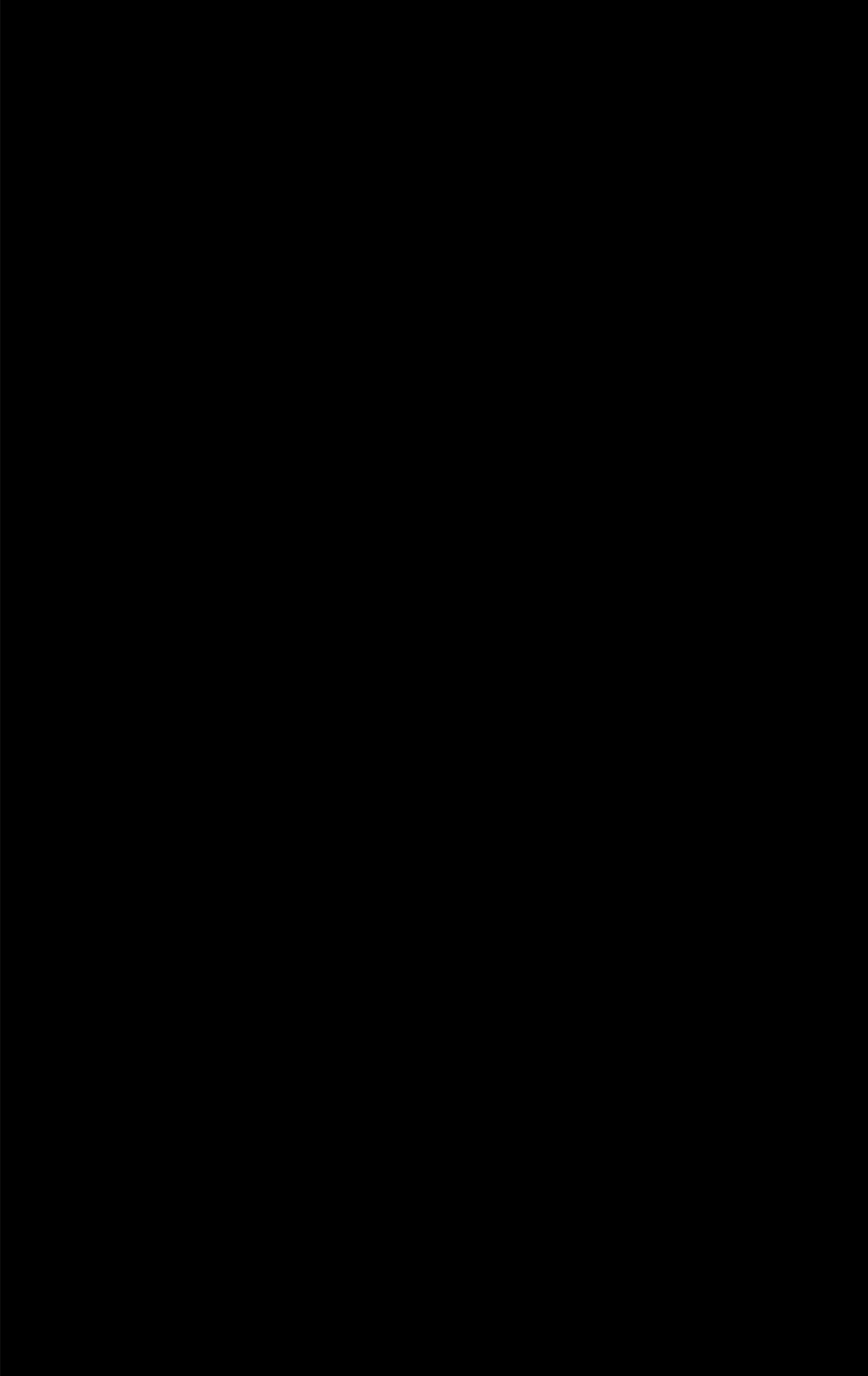


COTEJADO

COTENADO

00412140

GOTEJADO



COTEJADO

COPIADO

007E100

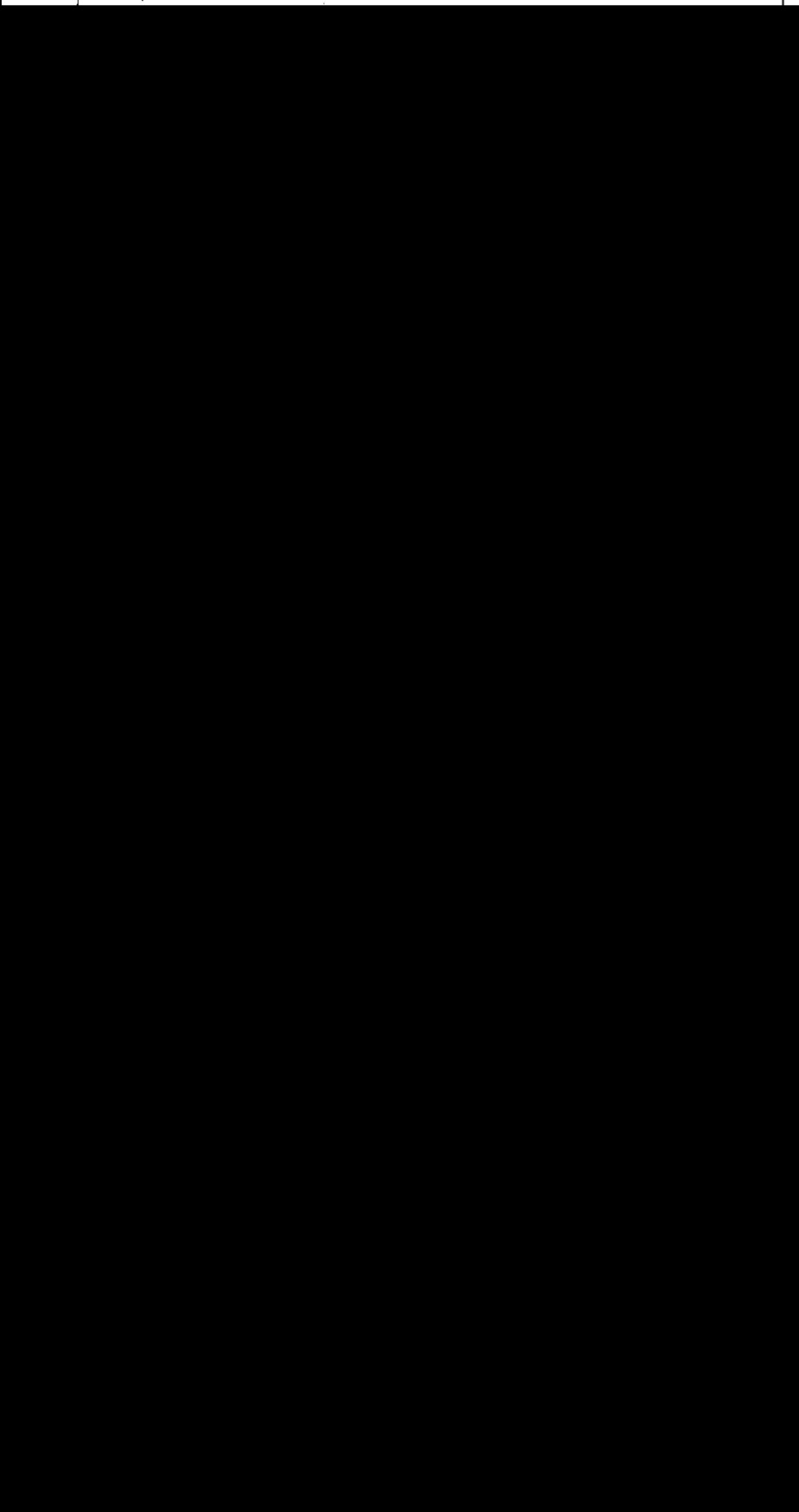
COTEJADO

COTEJADO

COPIADO

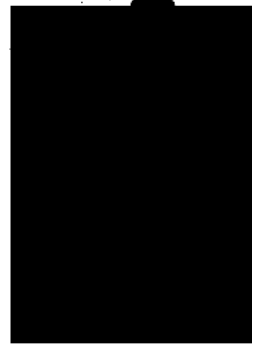
COTEJADO

COTEJADO




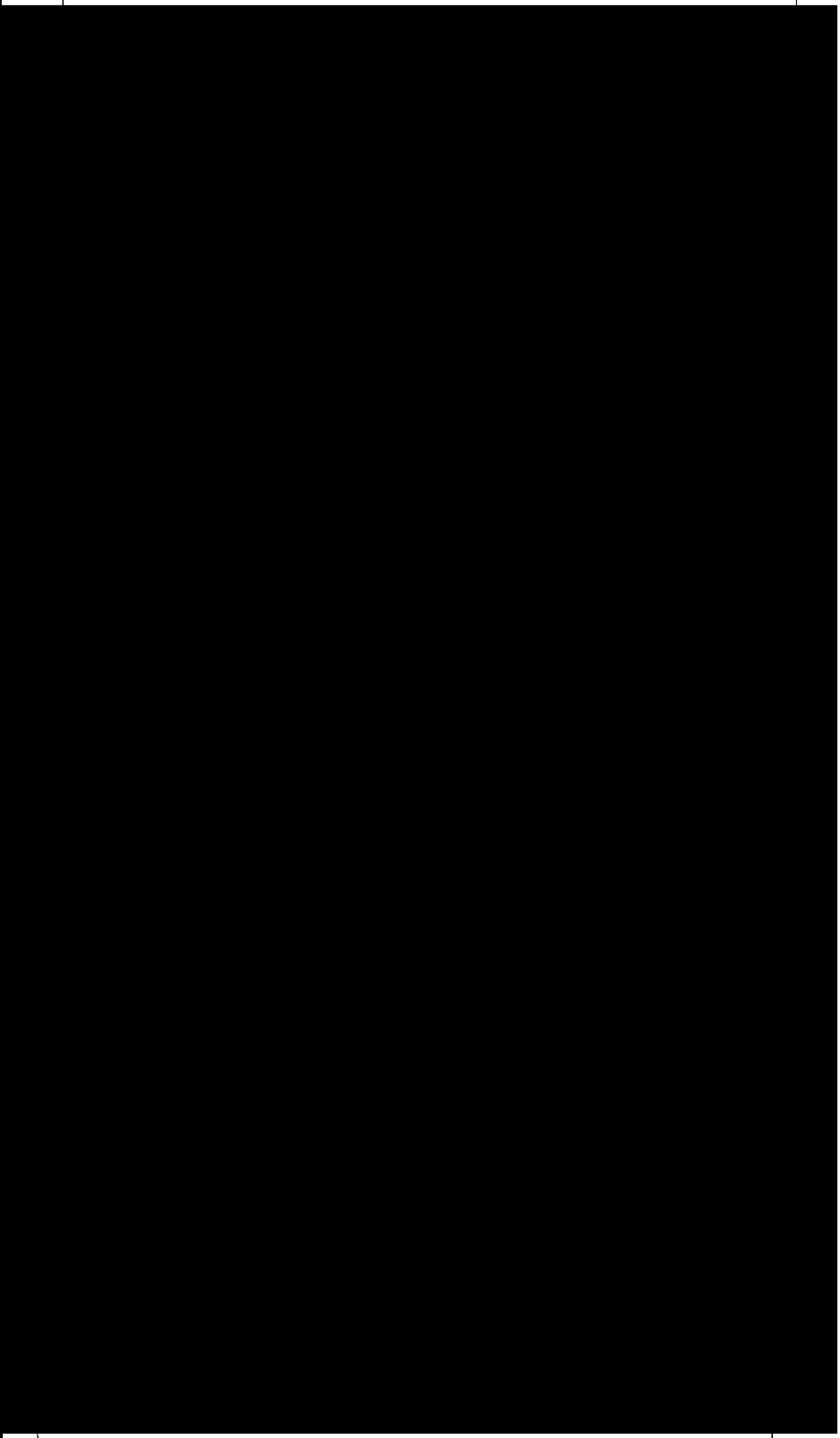
COTEJADO

COTEJADO



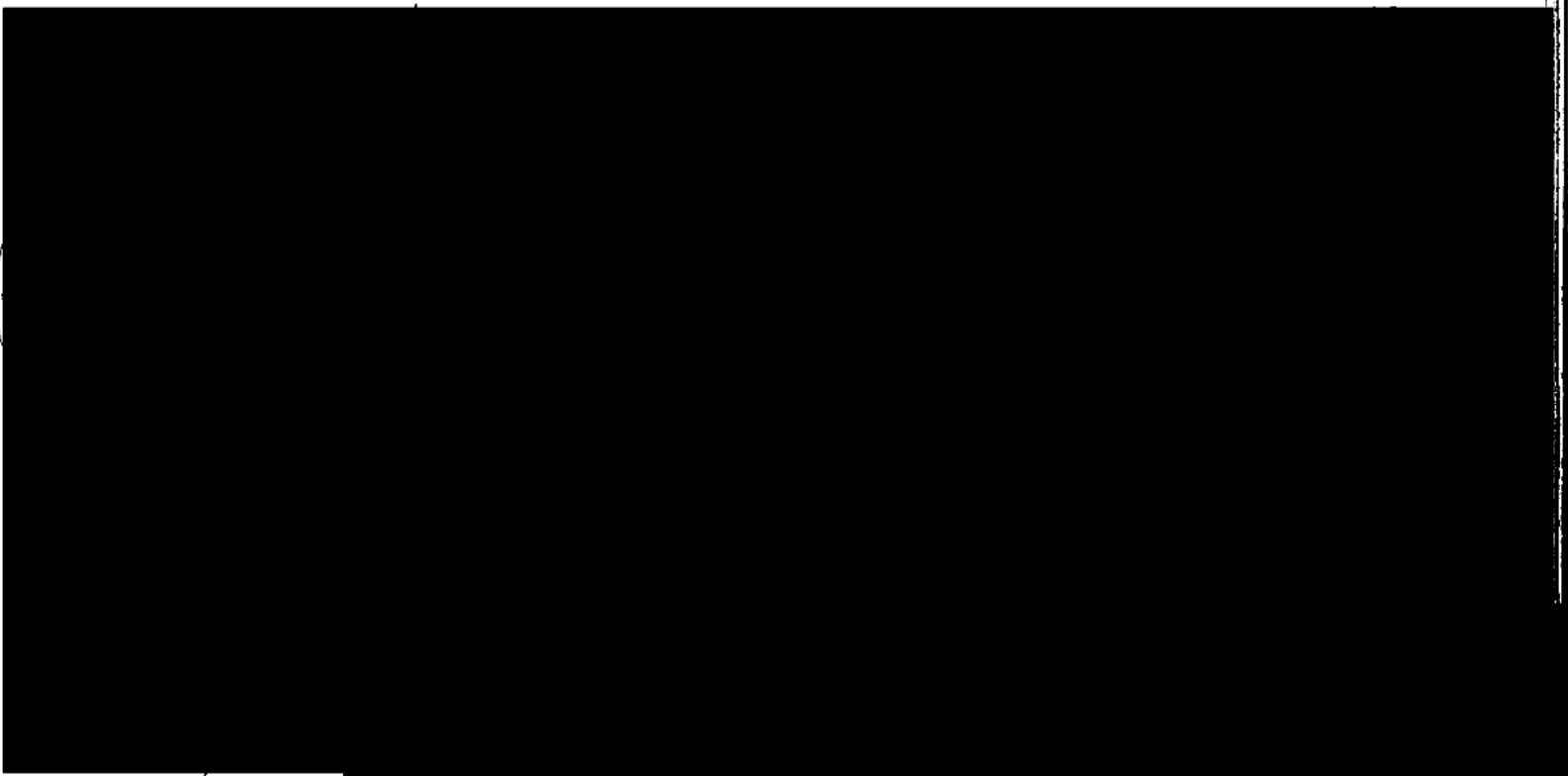
COTEIADO

COTEJADO

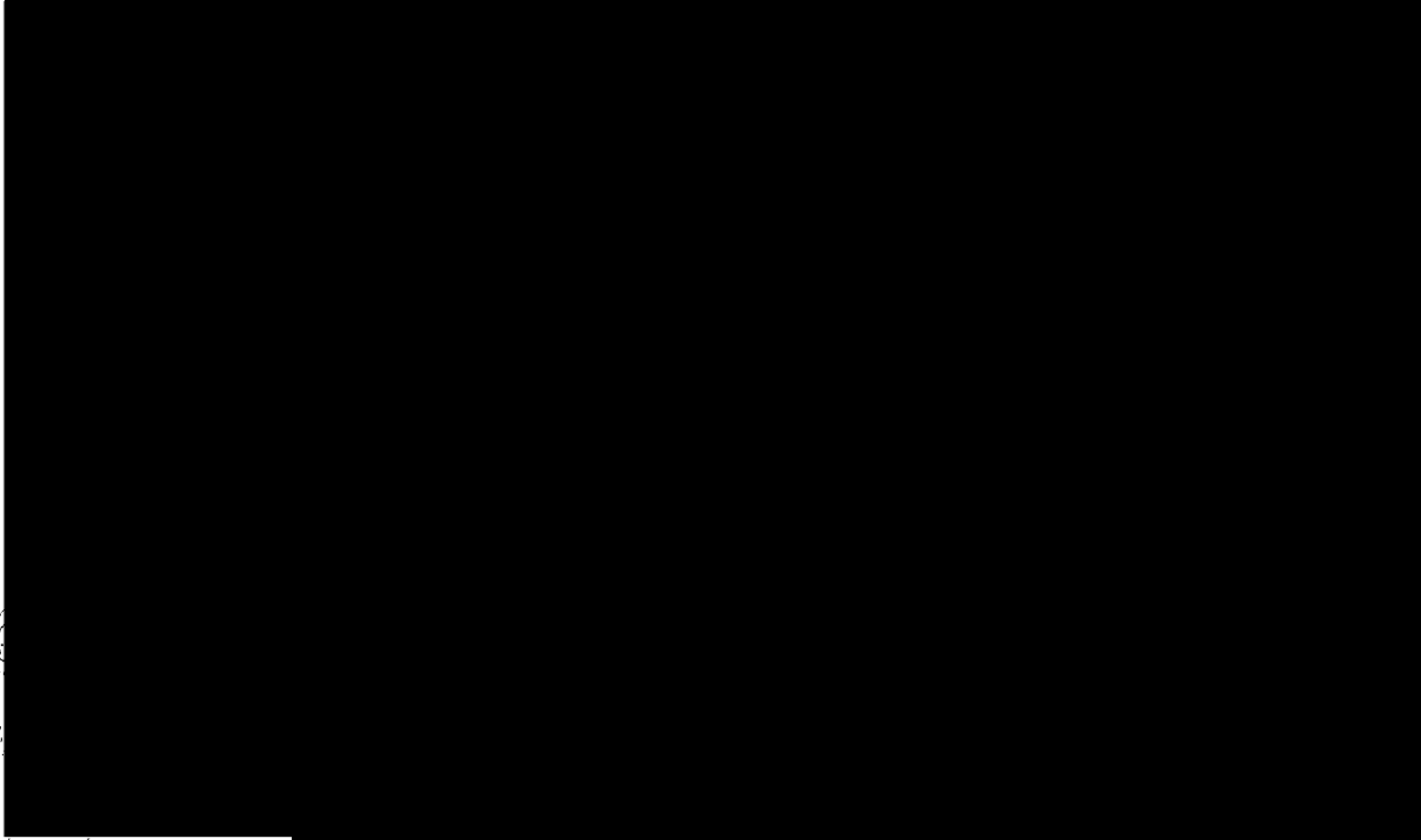


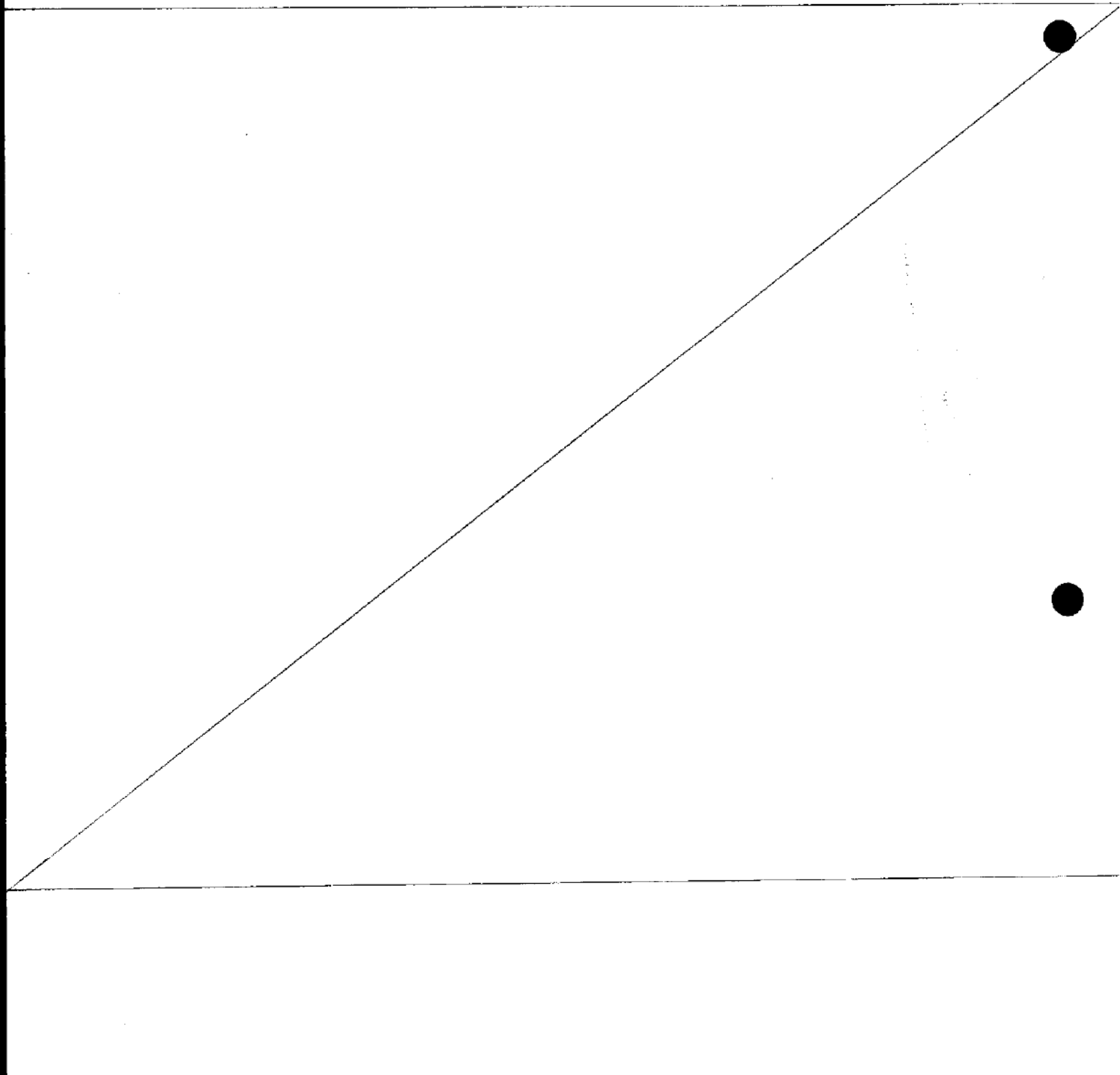
COTEJADO

COTEIADO



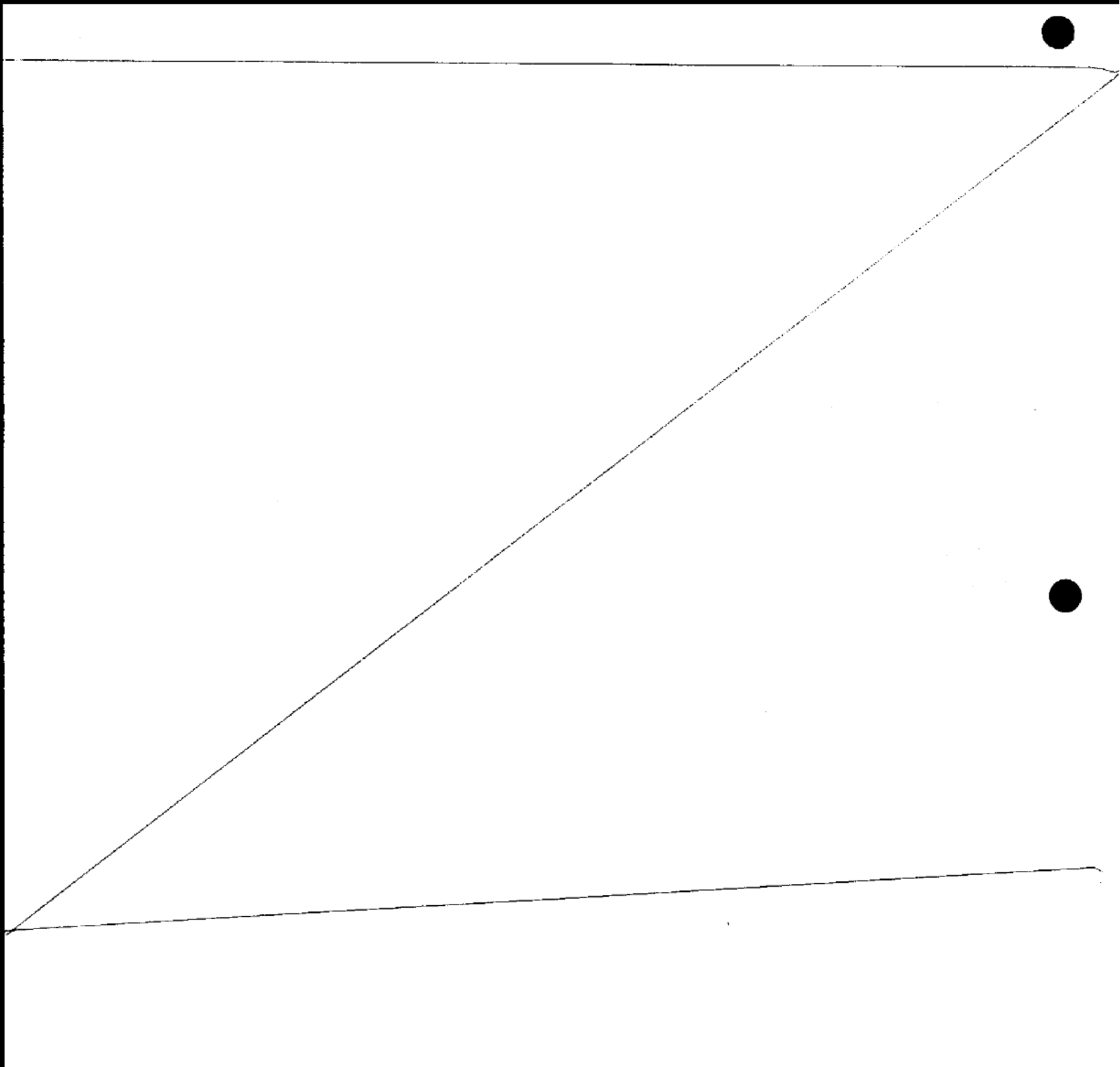
0
WFO





LIC. 82

COTEIADO



COREADO

COTEJADO

COTEJADO

SECRETARIA DE
DEFENSA
ESTADO
SECRETARIA DE
DEFENSA
ESTADO

COTEJADO

COTEJADO

GOBIERNO GIL DE LOS RIOS
SECRETARIA PUBLICA

GOBIERNO

COTENADO

COTEJADO

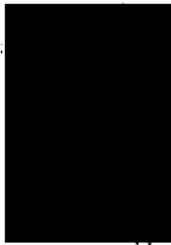
NO LA NUMERO (195) MI NOVENO

COTEJADO



COTEJADO

COTEJADO



COTELADO



COTEJAC



COTEJADO

COTEJADO

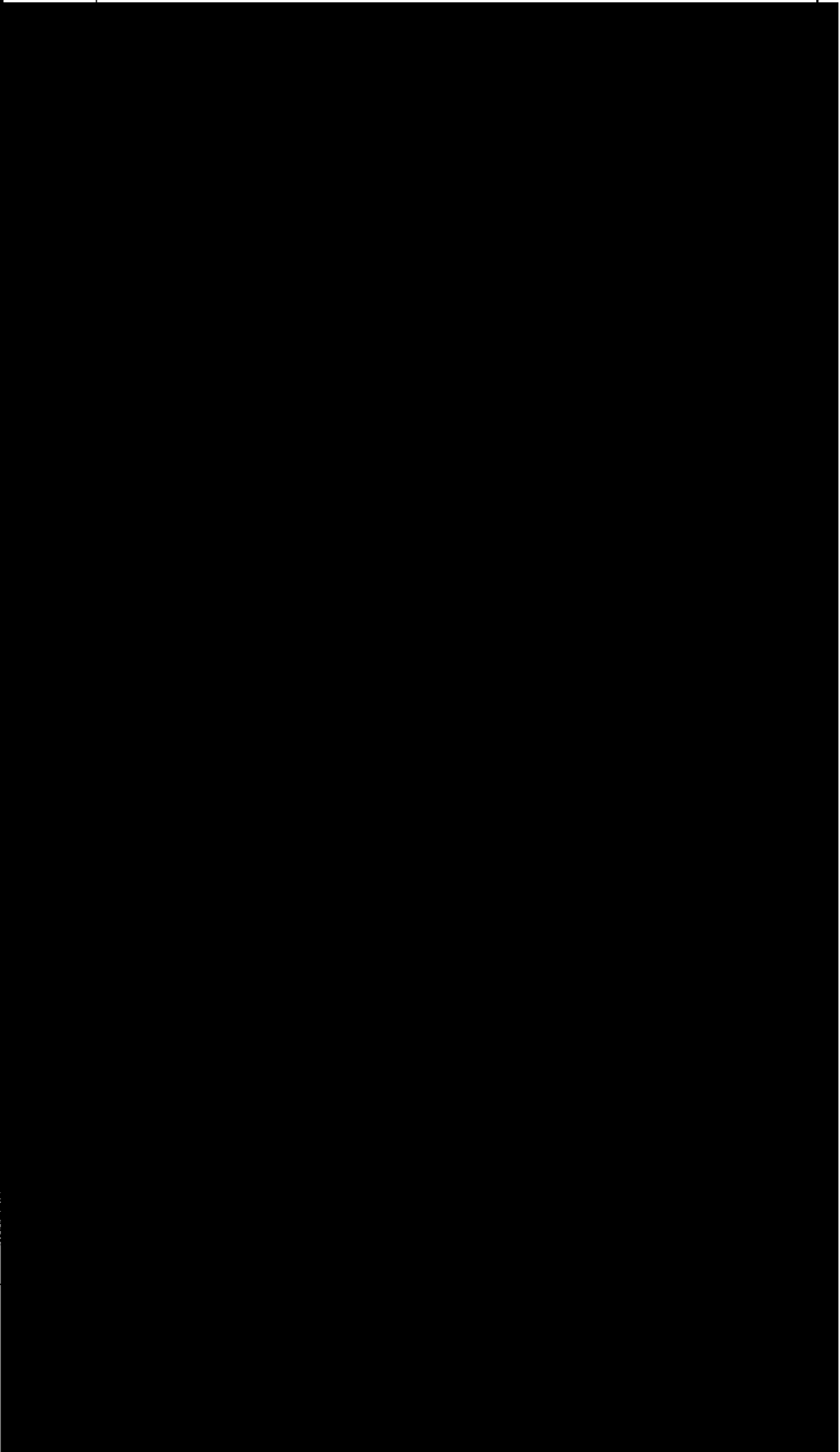


COTEJADO

COTEJADO



COTEJADO



COITEJADO



COTEJADO

COTEJADO



COILEJAGU



COTEJADO

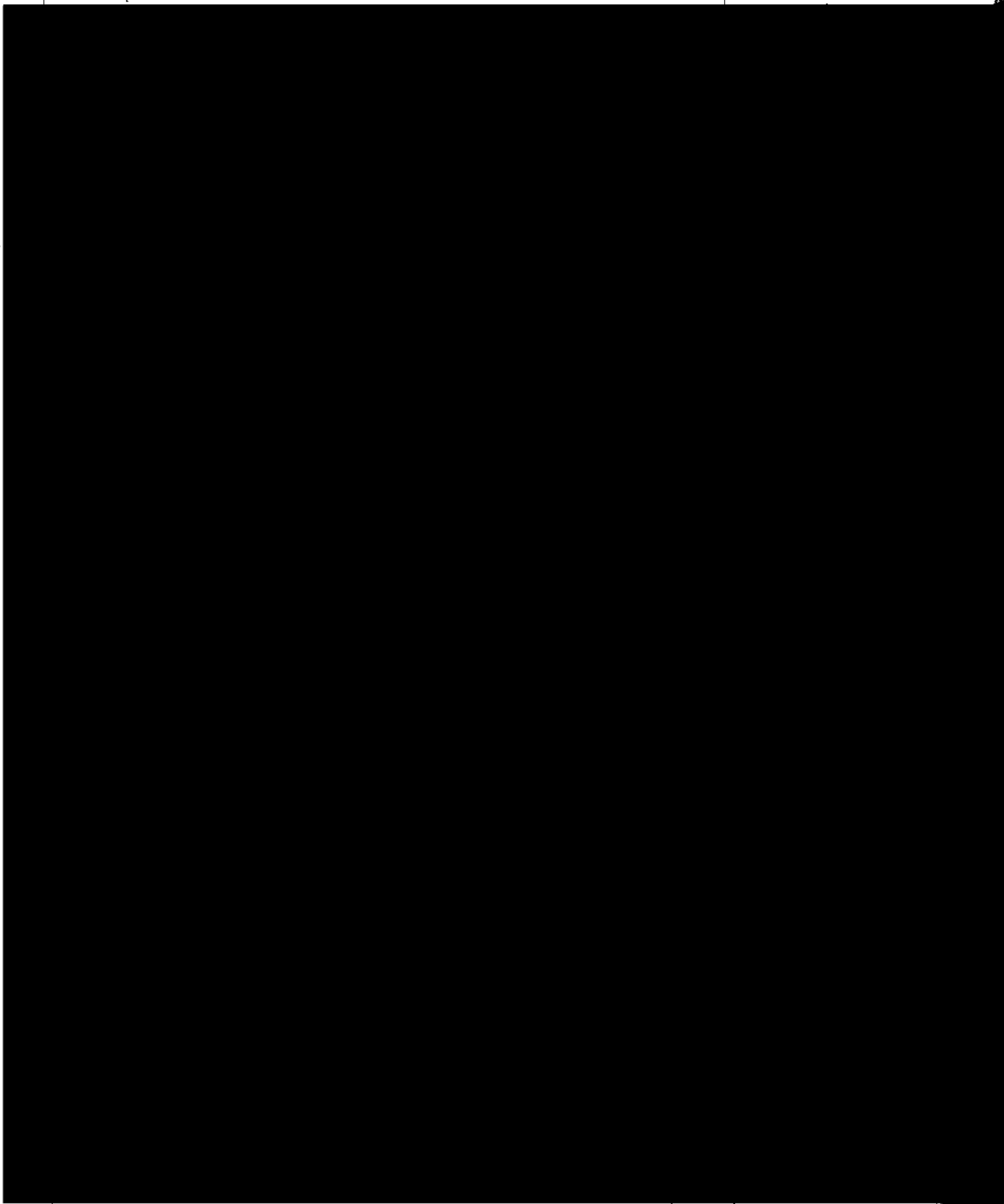


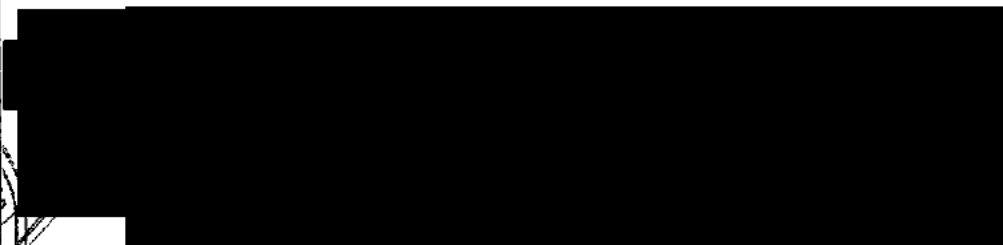
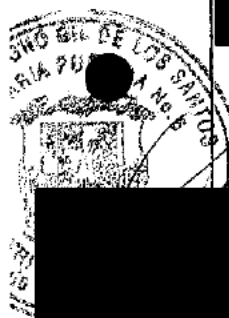
COTEJADO

COTEJADO

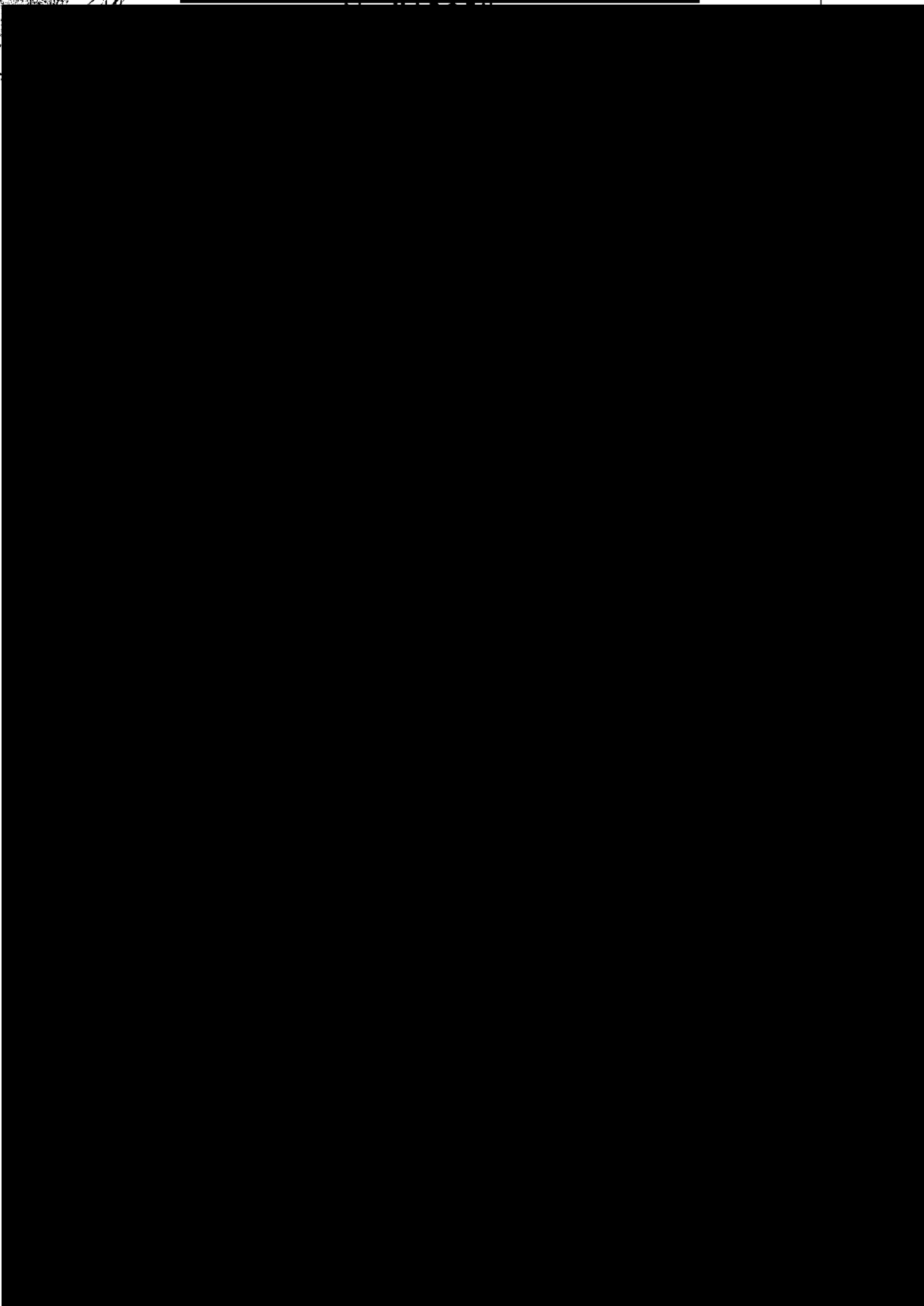


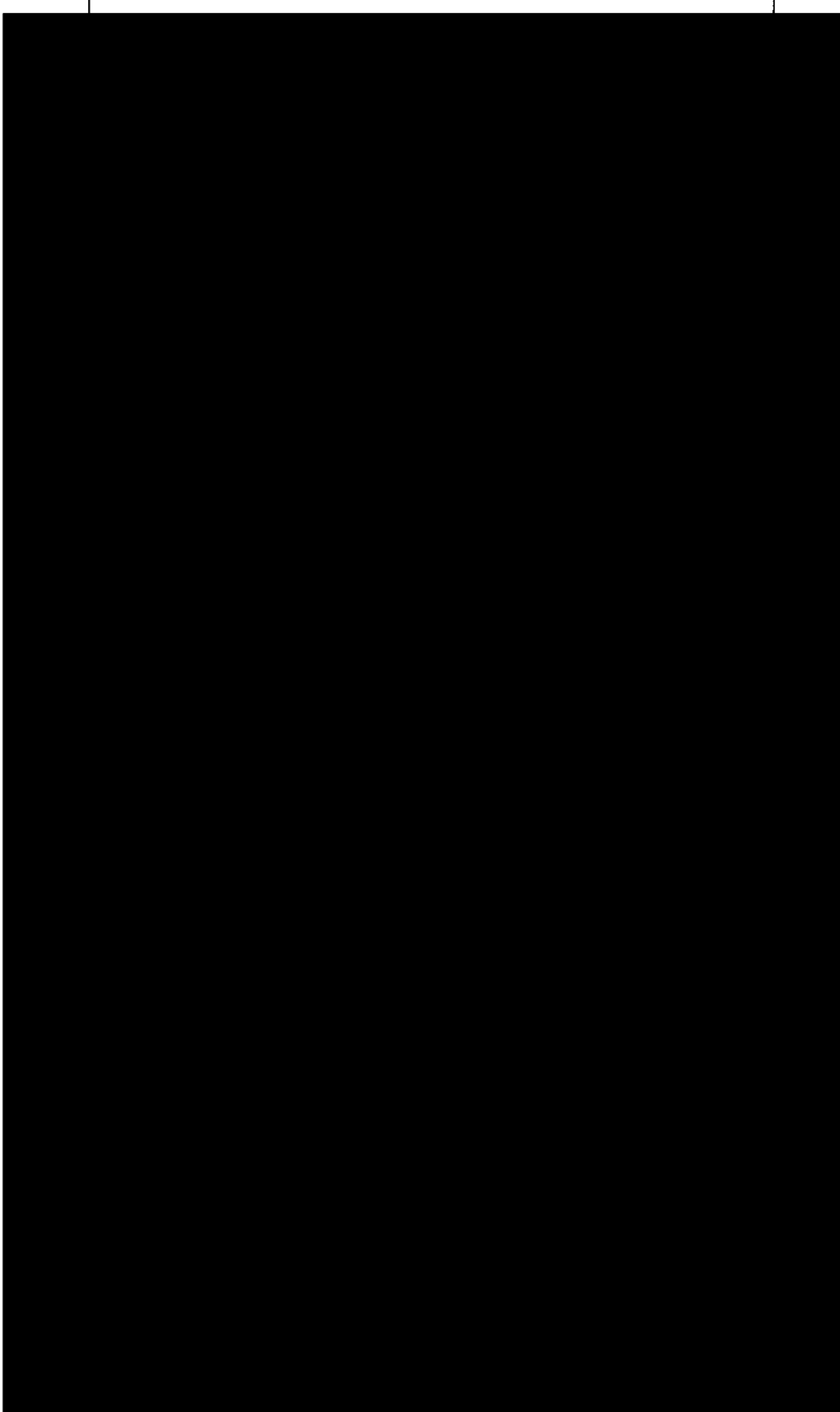
COTEJADO





00413



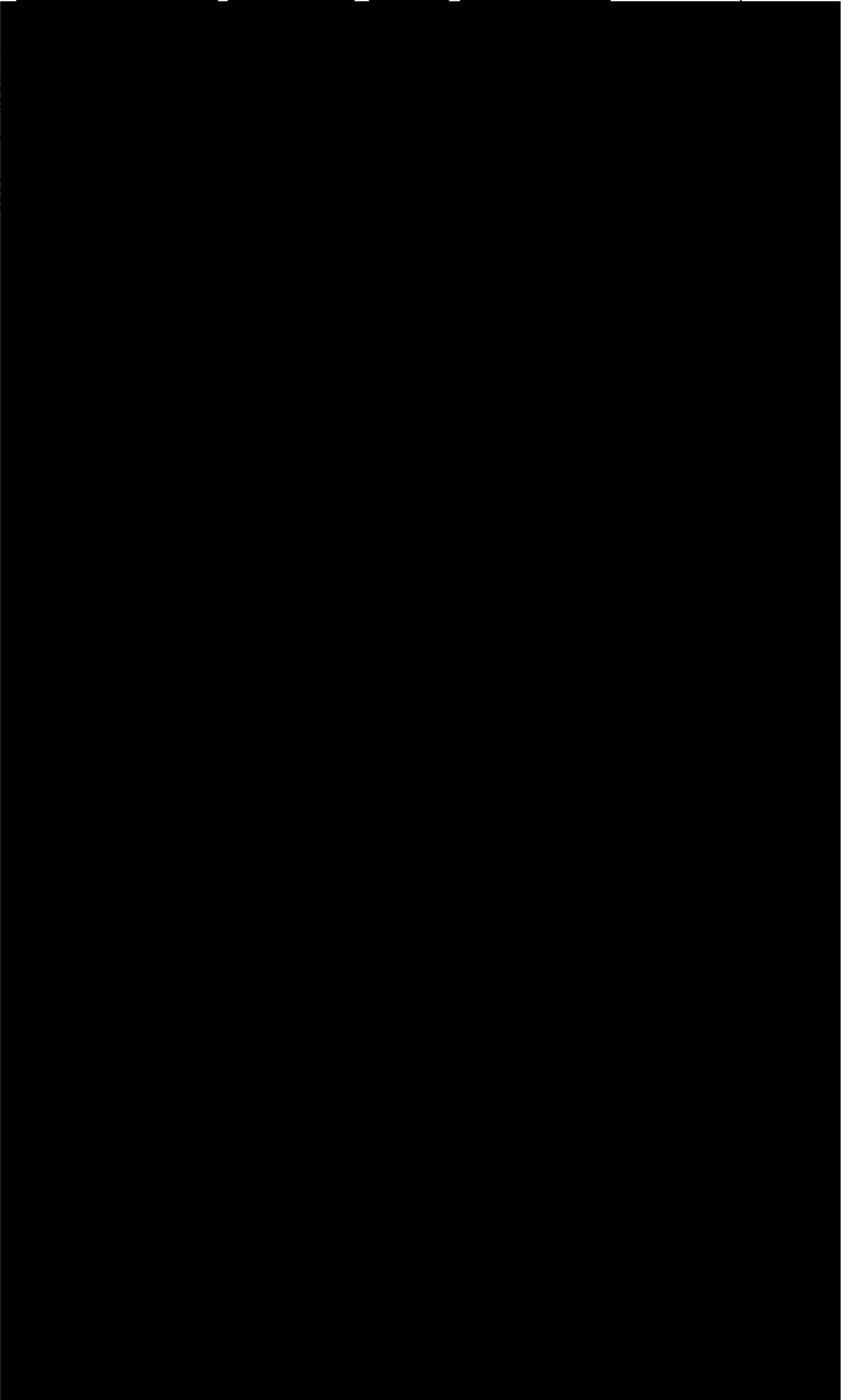


ENIGNO GIL
IA PUB

COTEJADO



COTEJADO

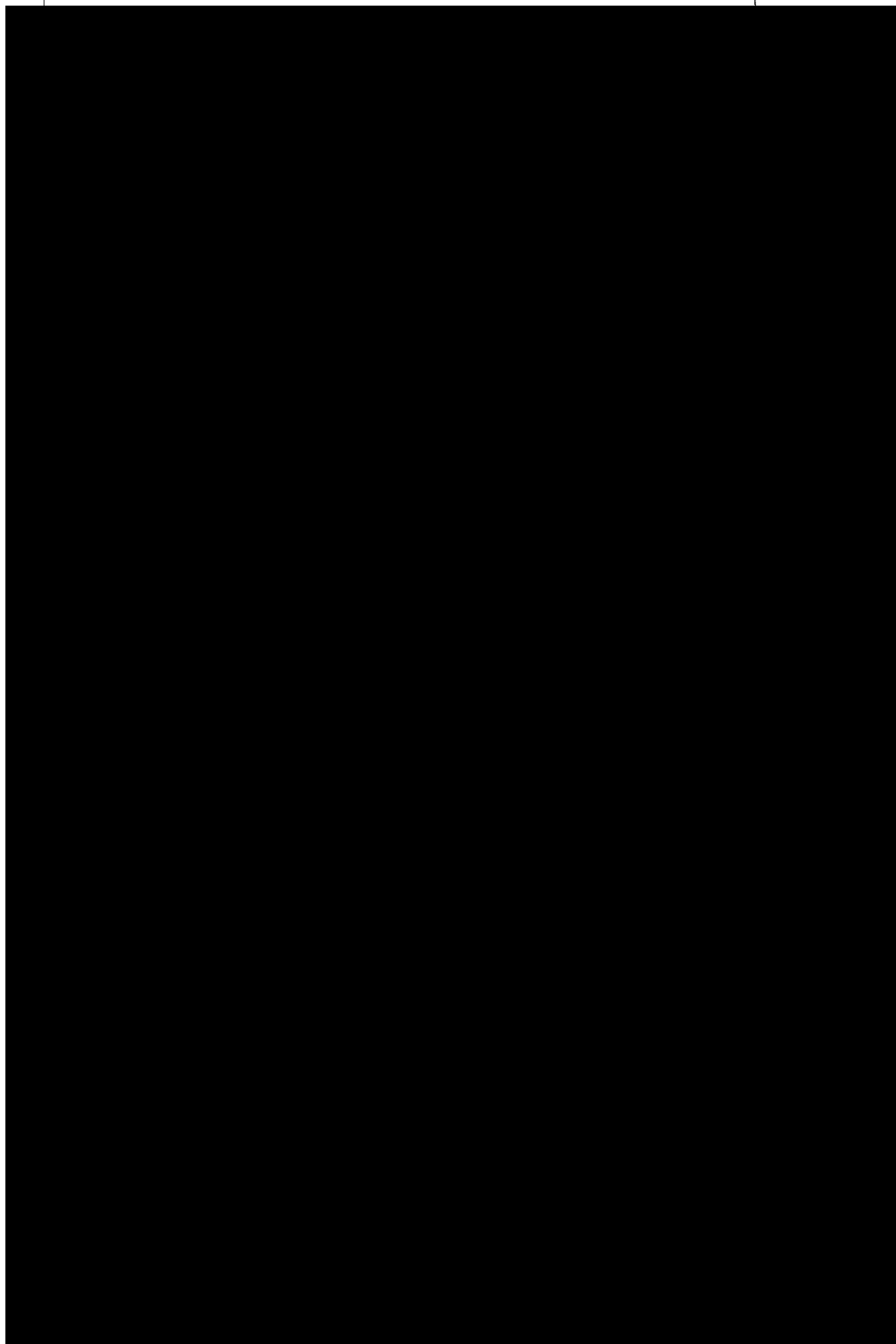




00416

COTEJADO

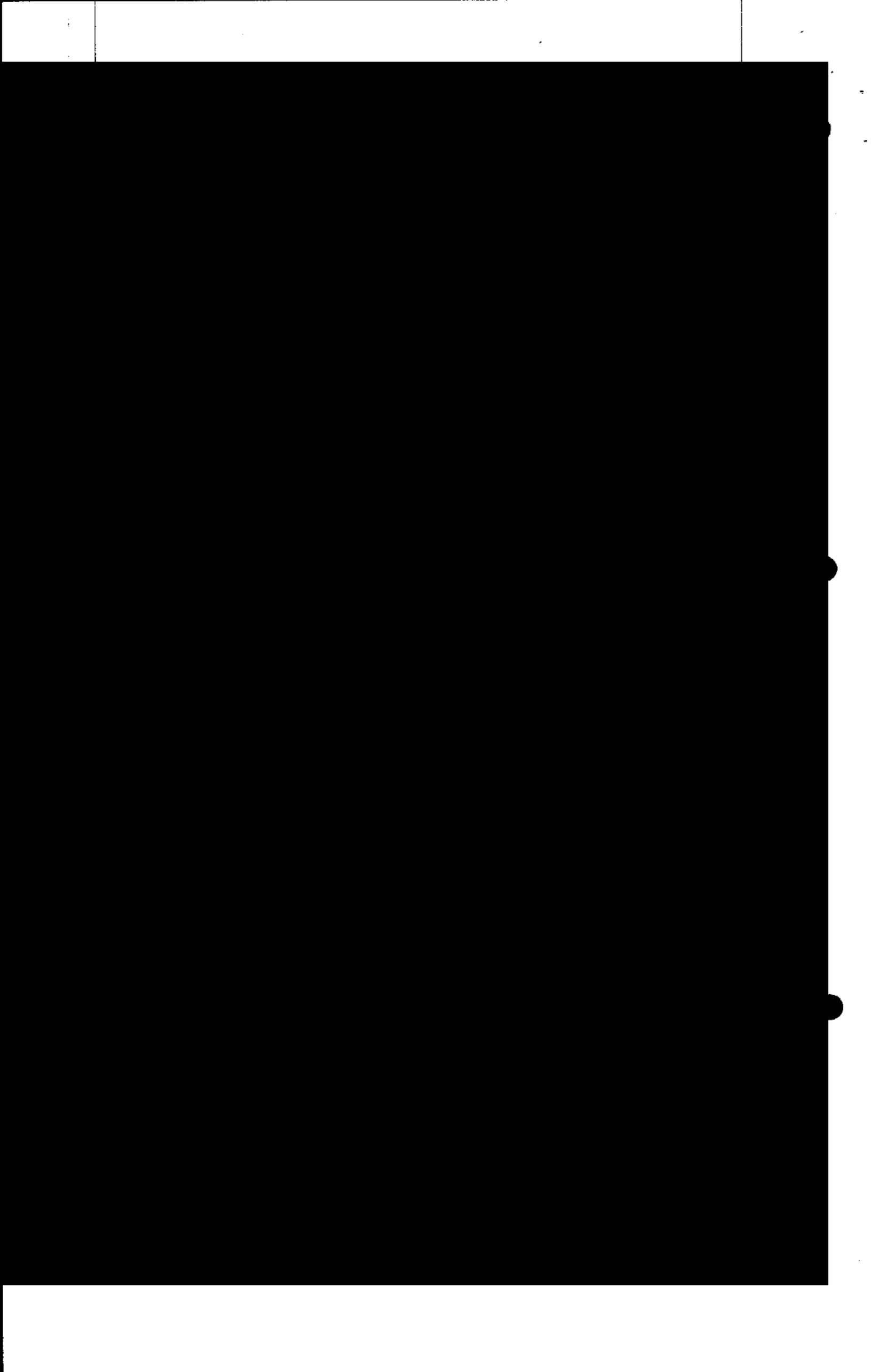




BEWID
NOTA

DISTR
1948

CAHUILA DE ZAR





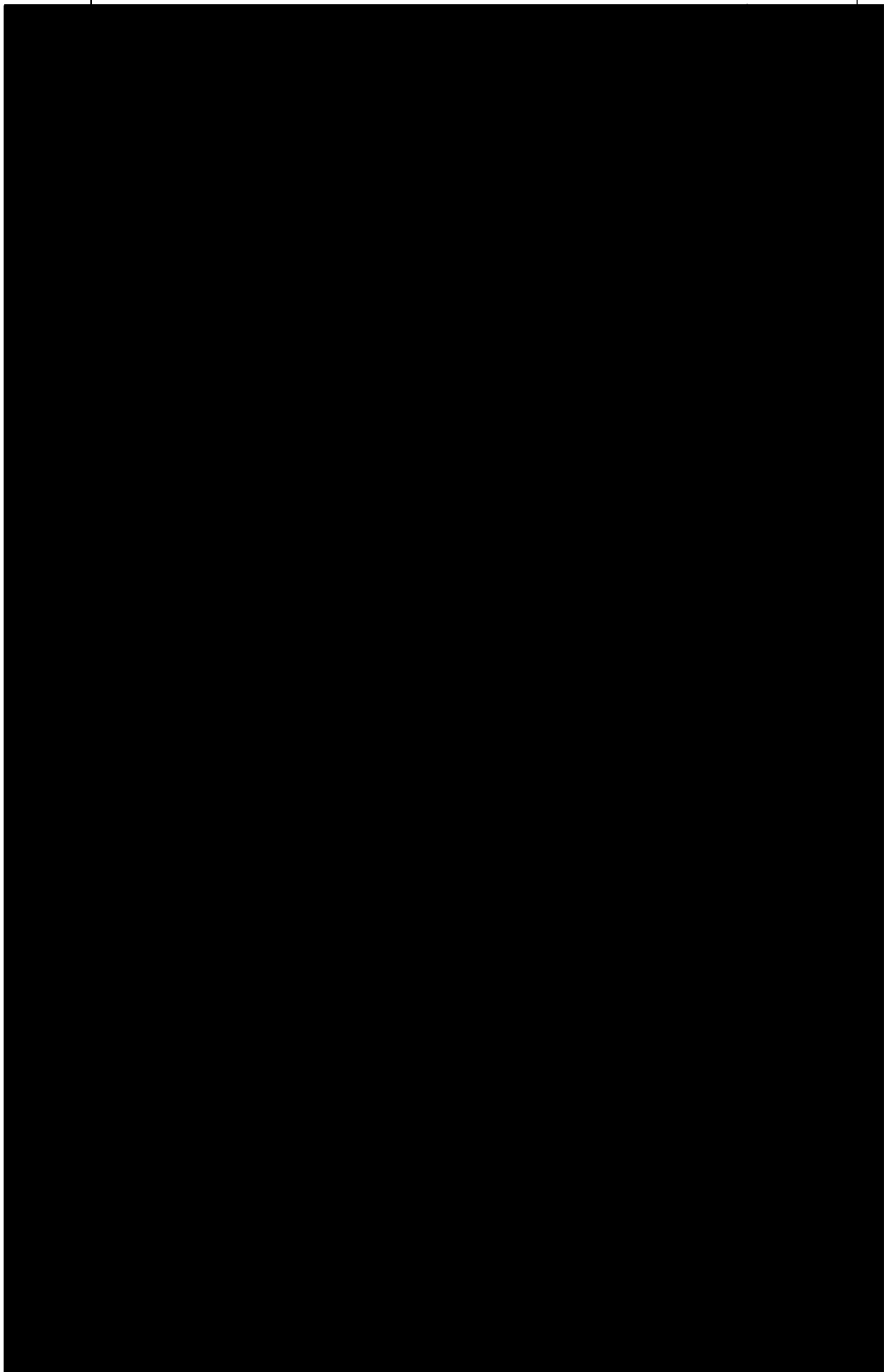
COTEJADO



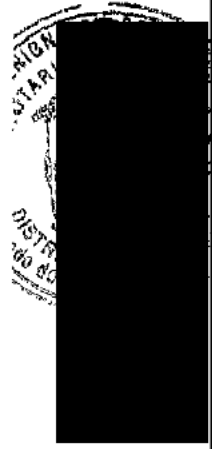


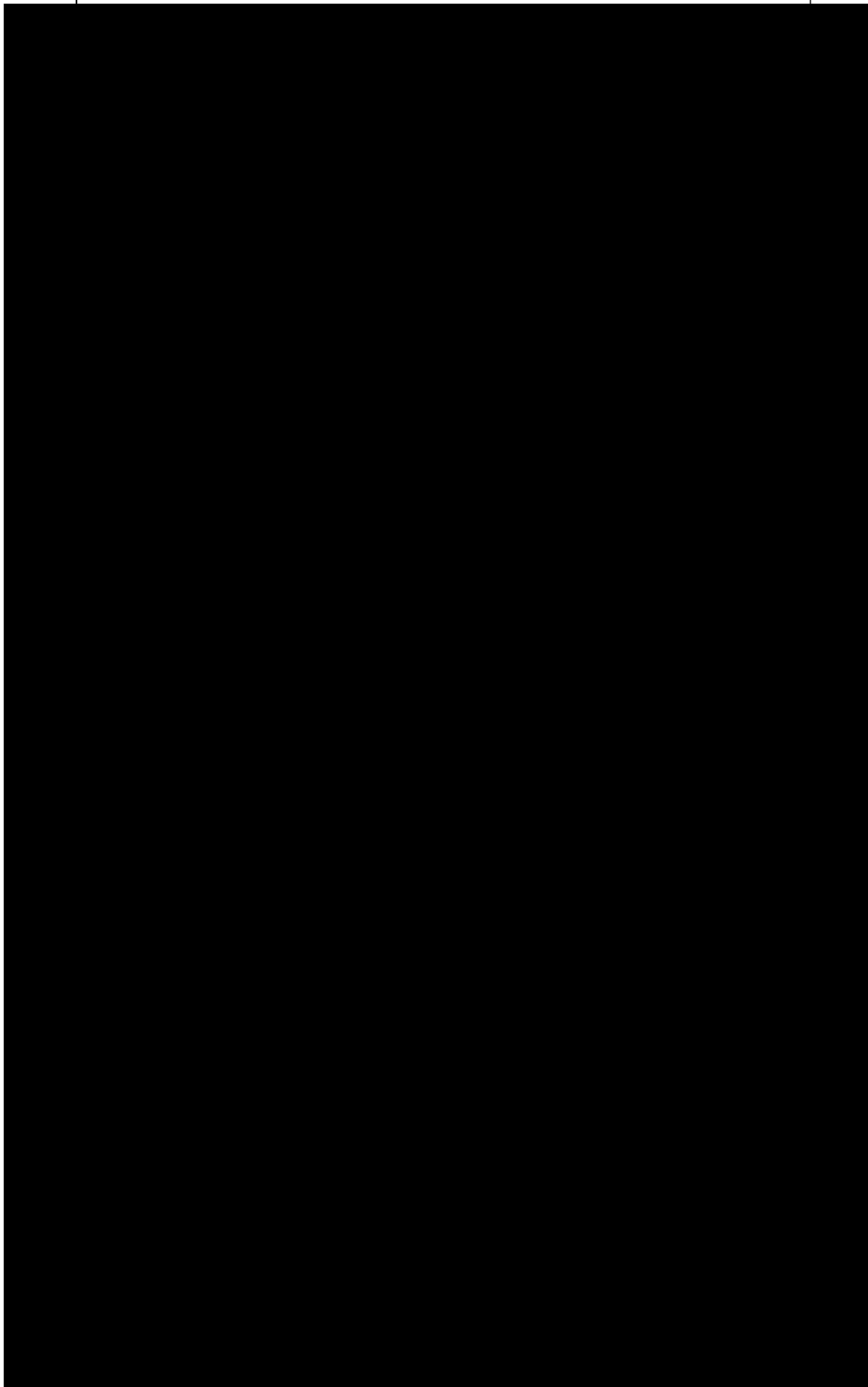
COTEJADO





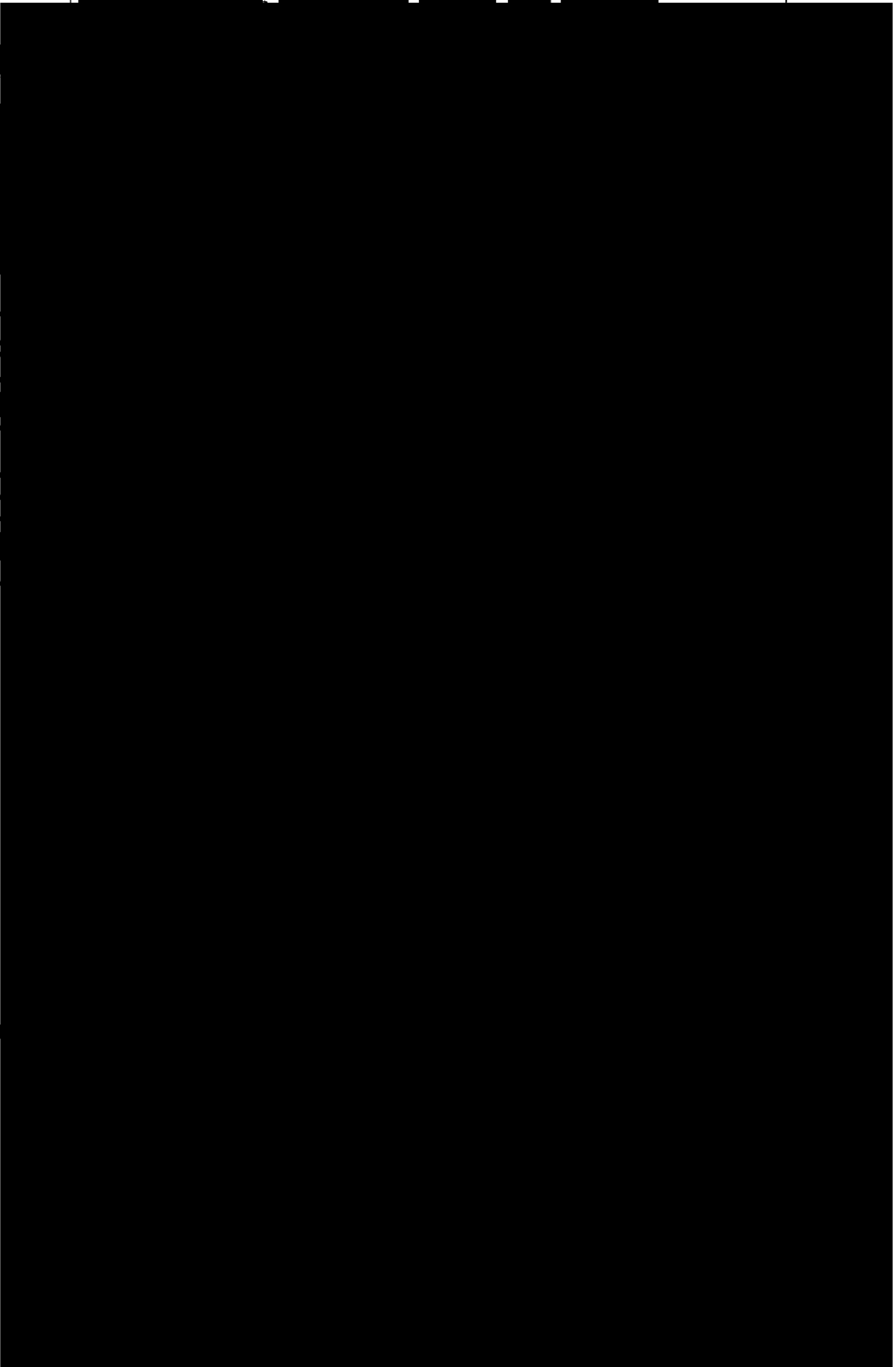
COTEJADO







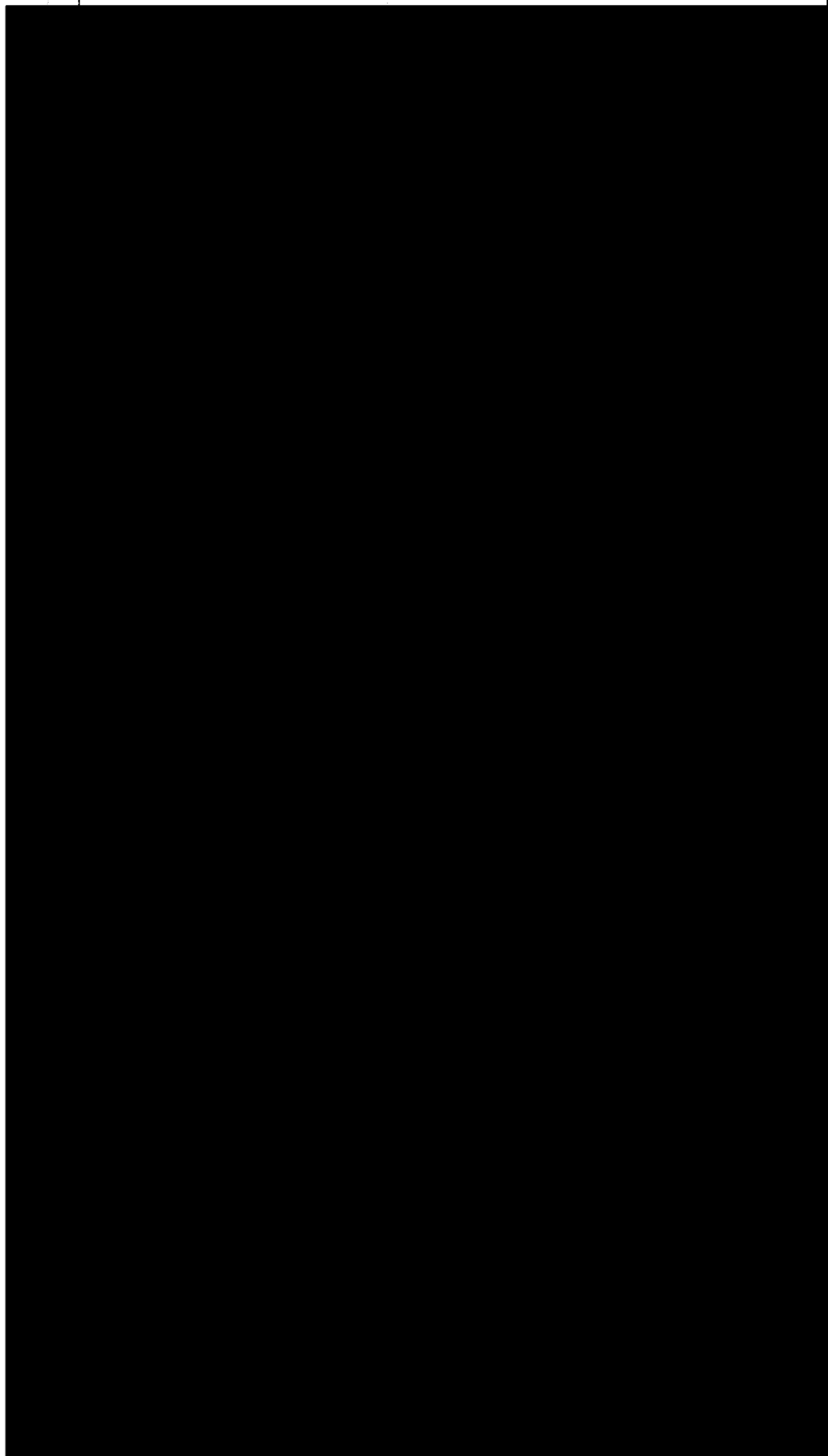
COTEIADO



SHO
RIA
HID
5 Co

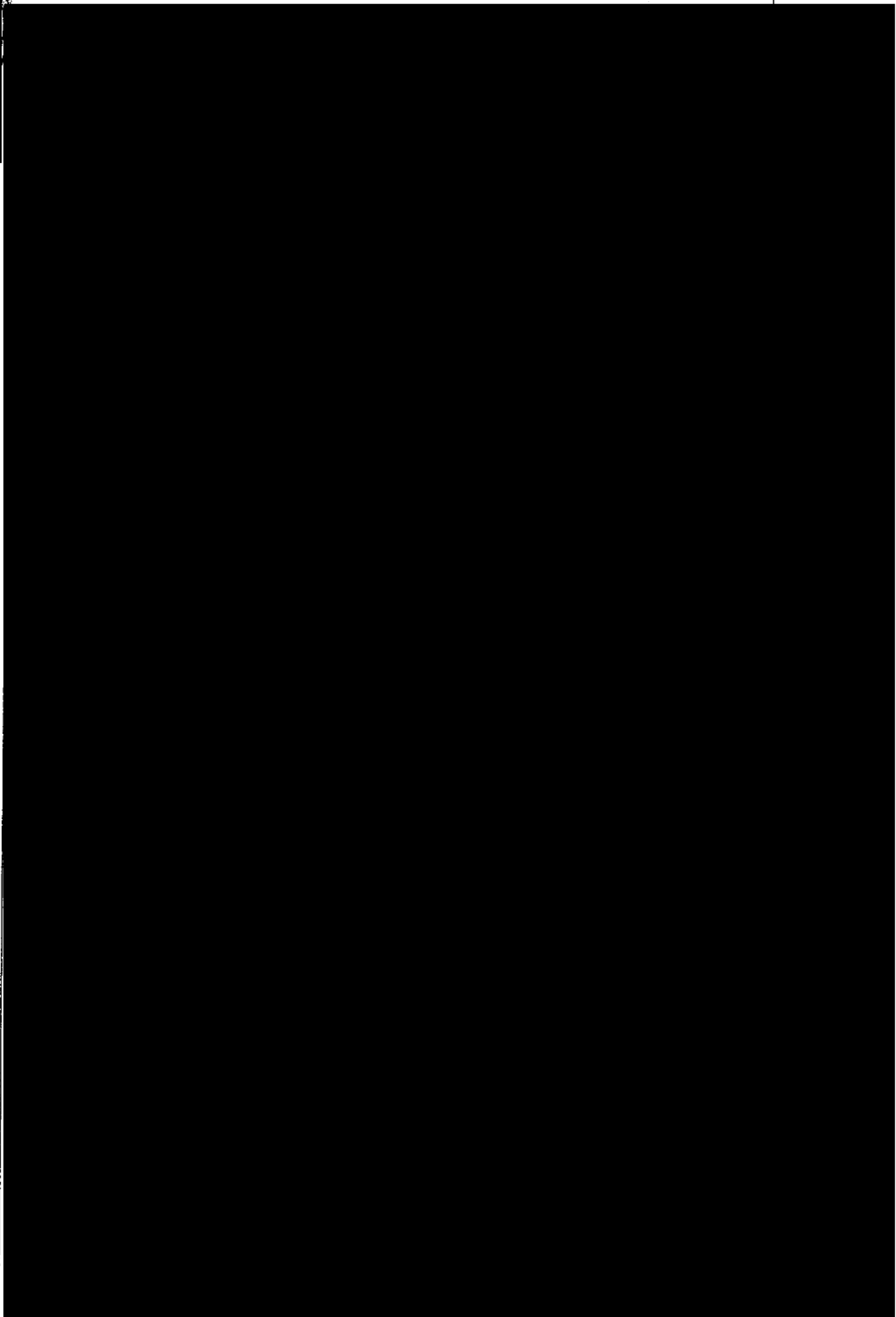
COTEJADO

DE MEXICO
COAHUILA DE ZARAGOZA



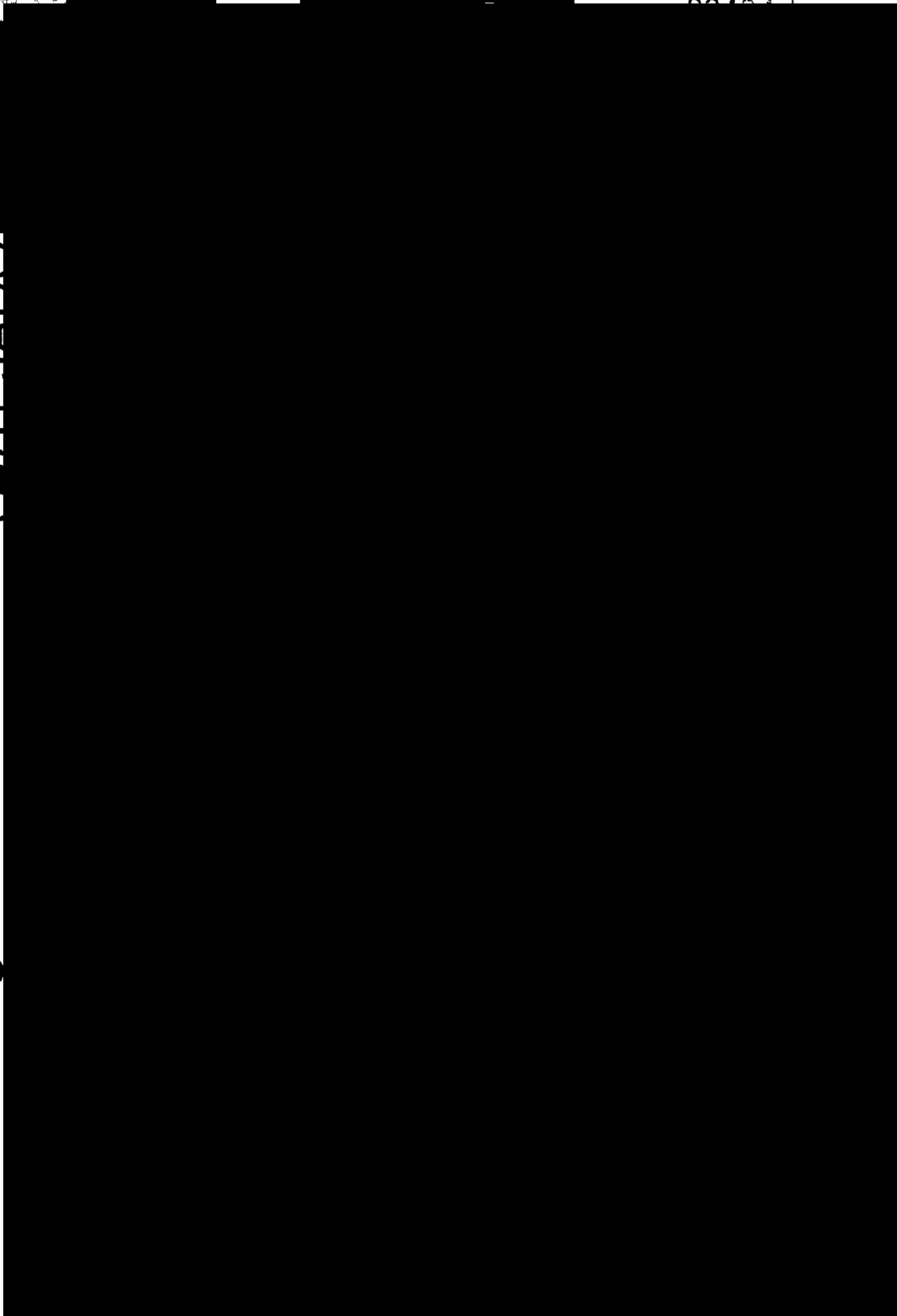
00423

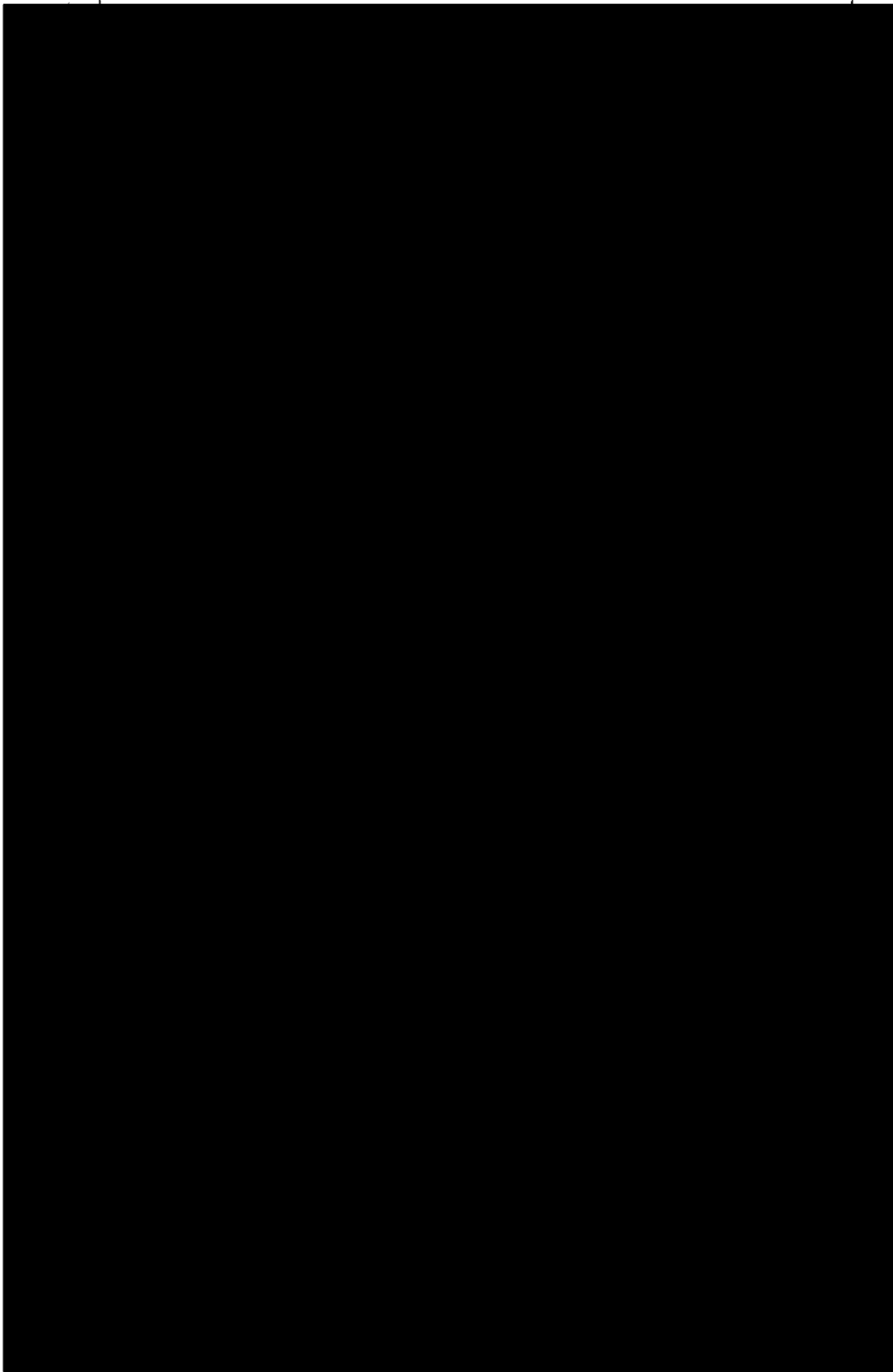
COTEJADO



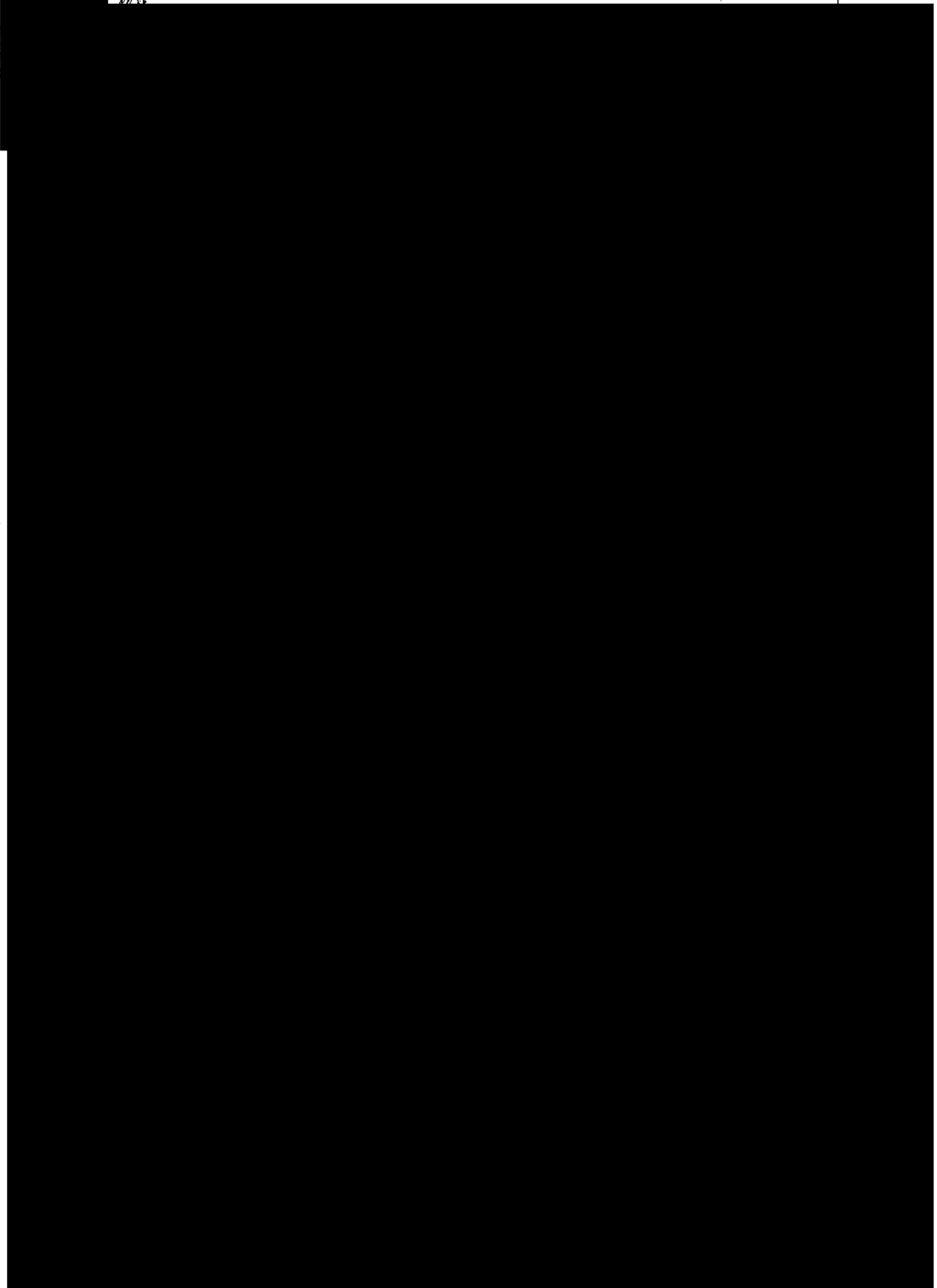


COTEJADO





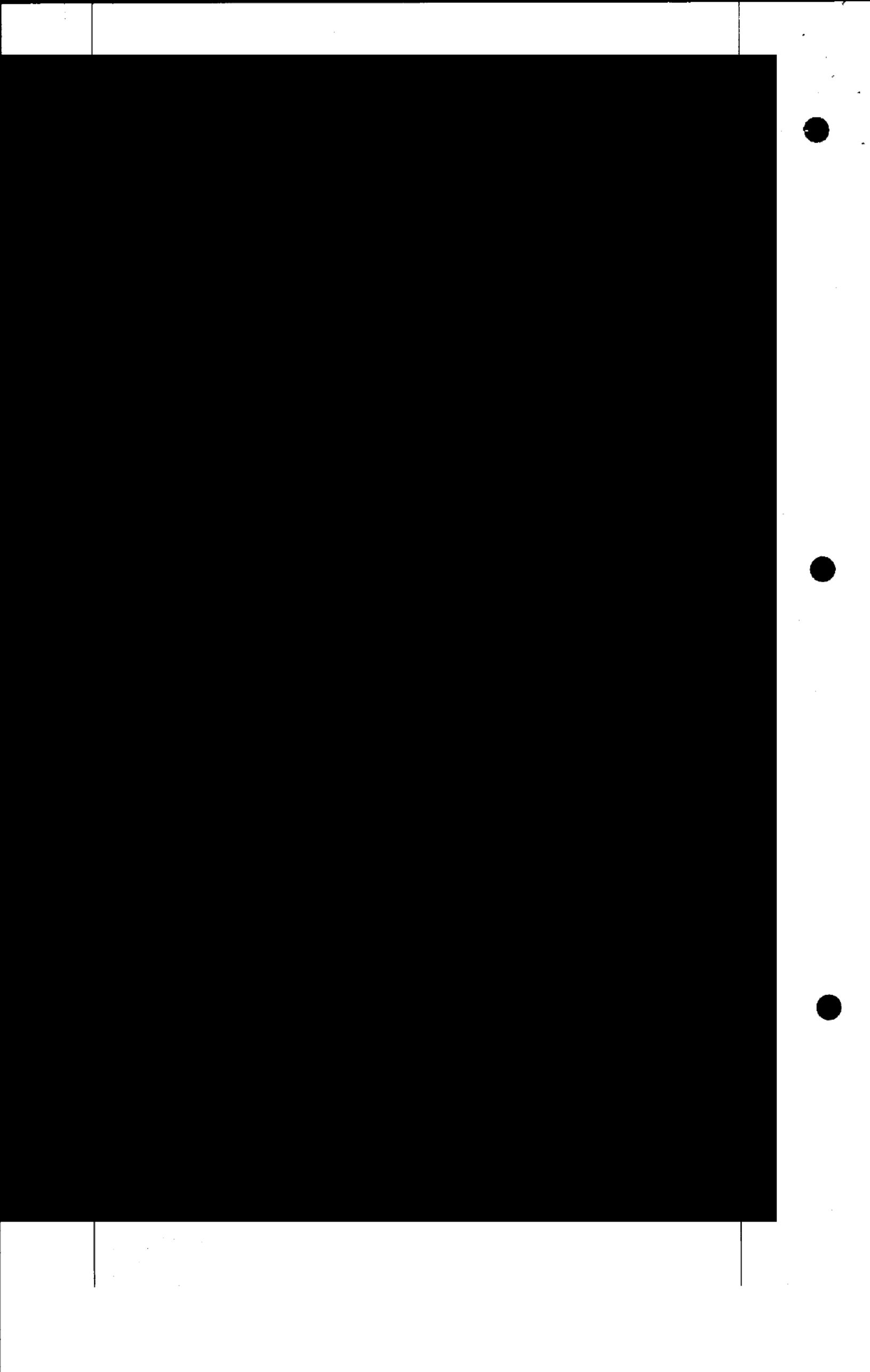
00425





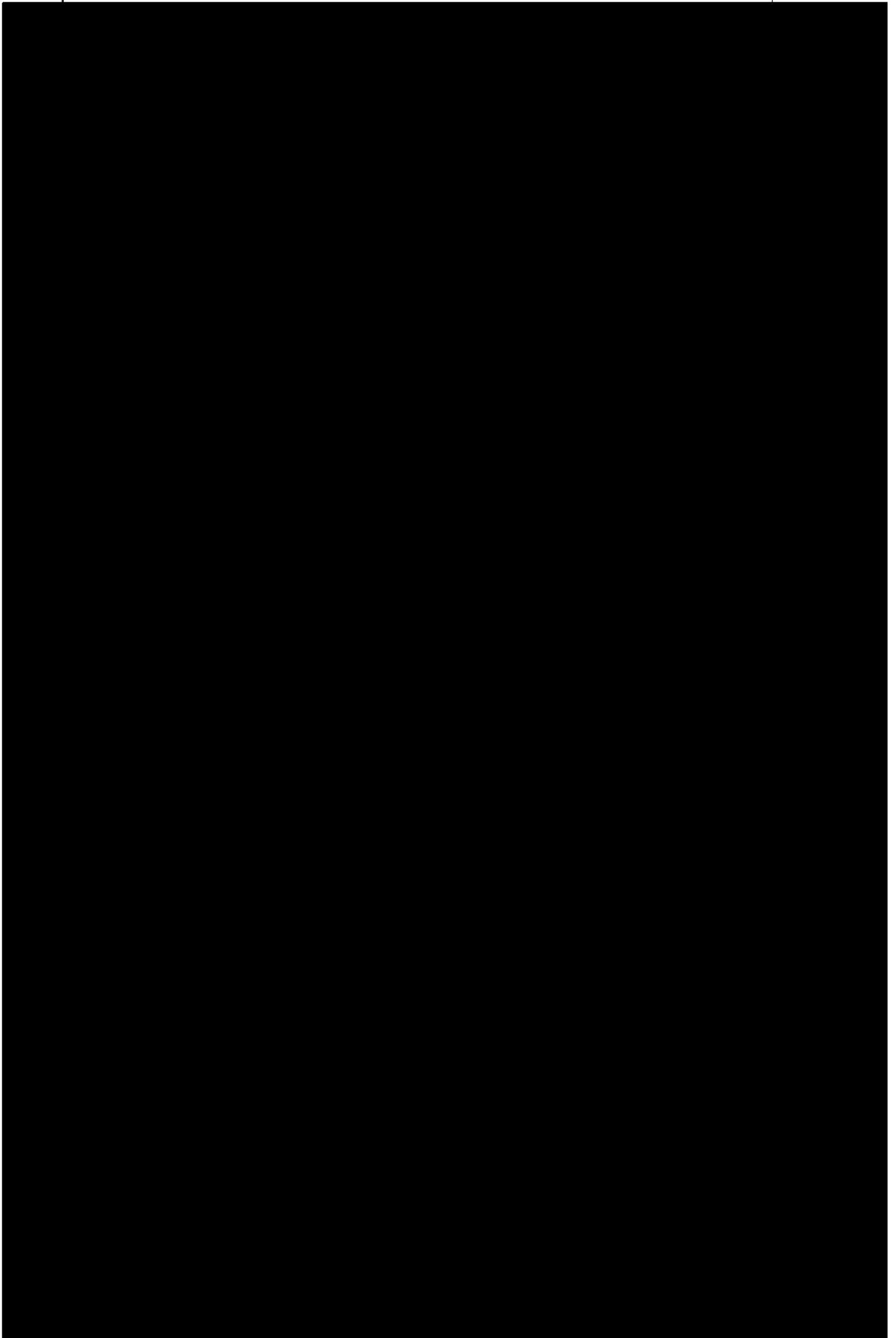
00426

COTEJADO



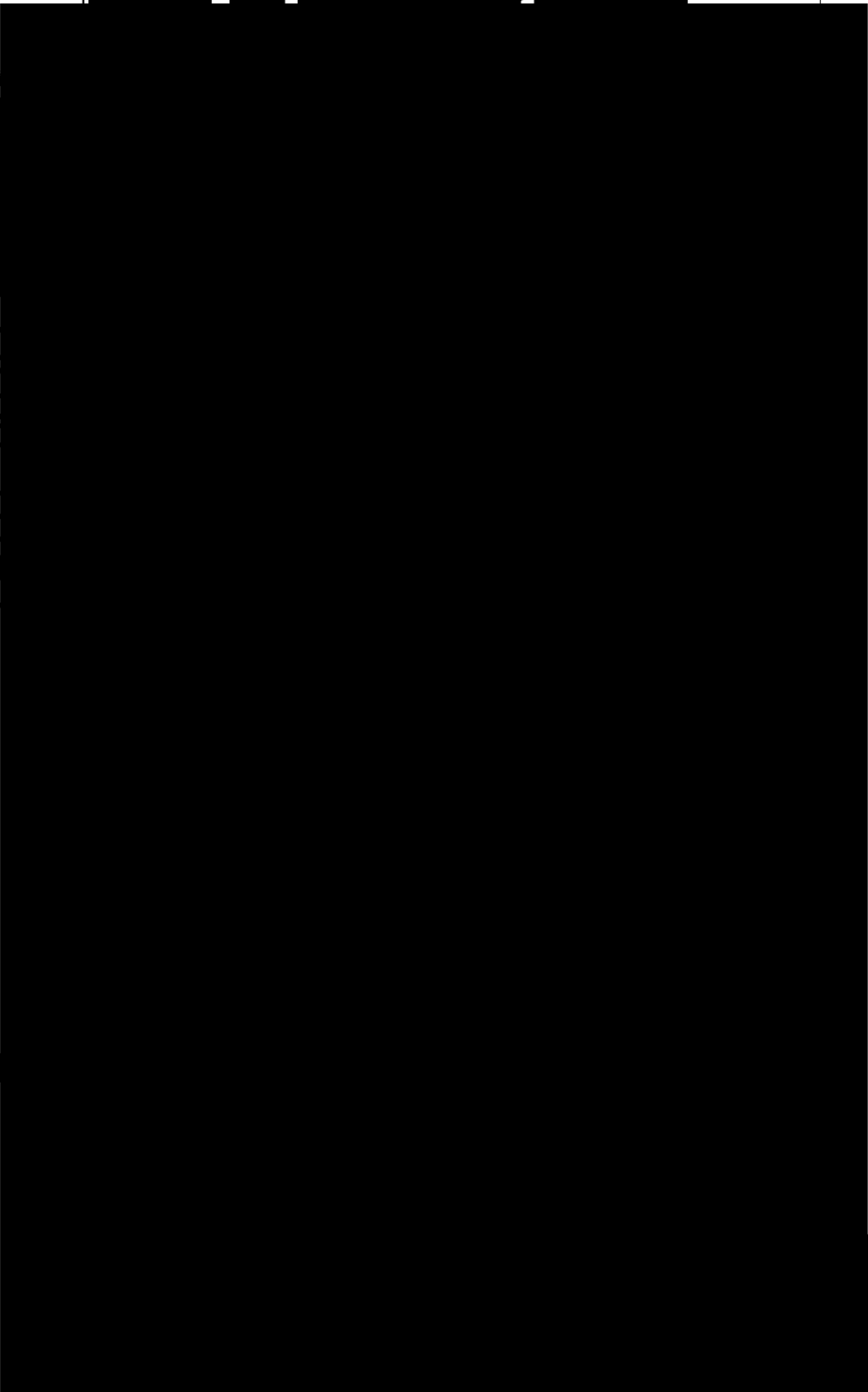
00427

COTEJADO

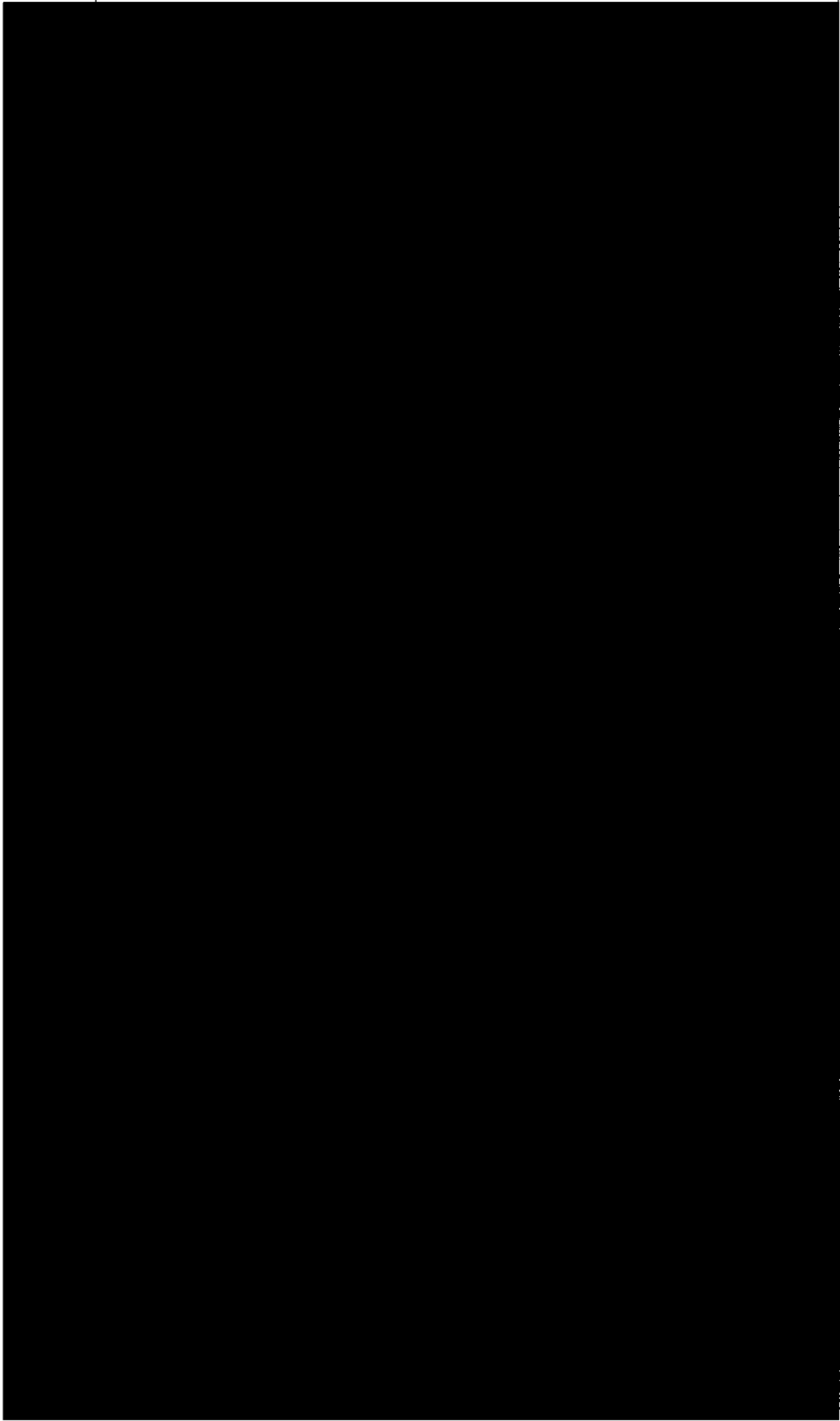




COPIE LADO



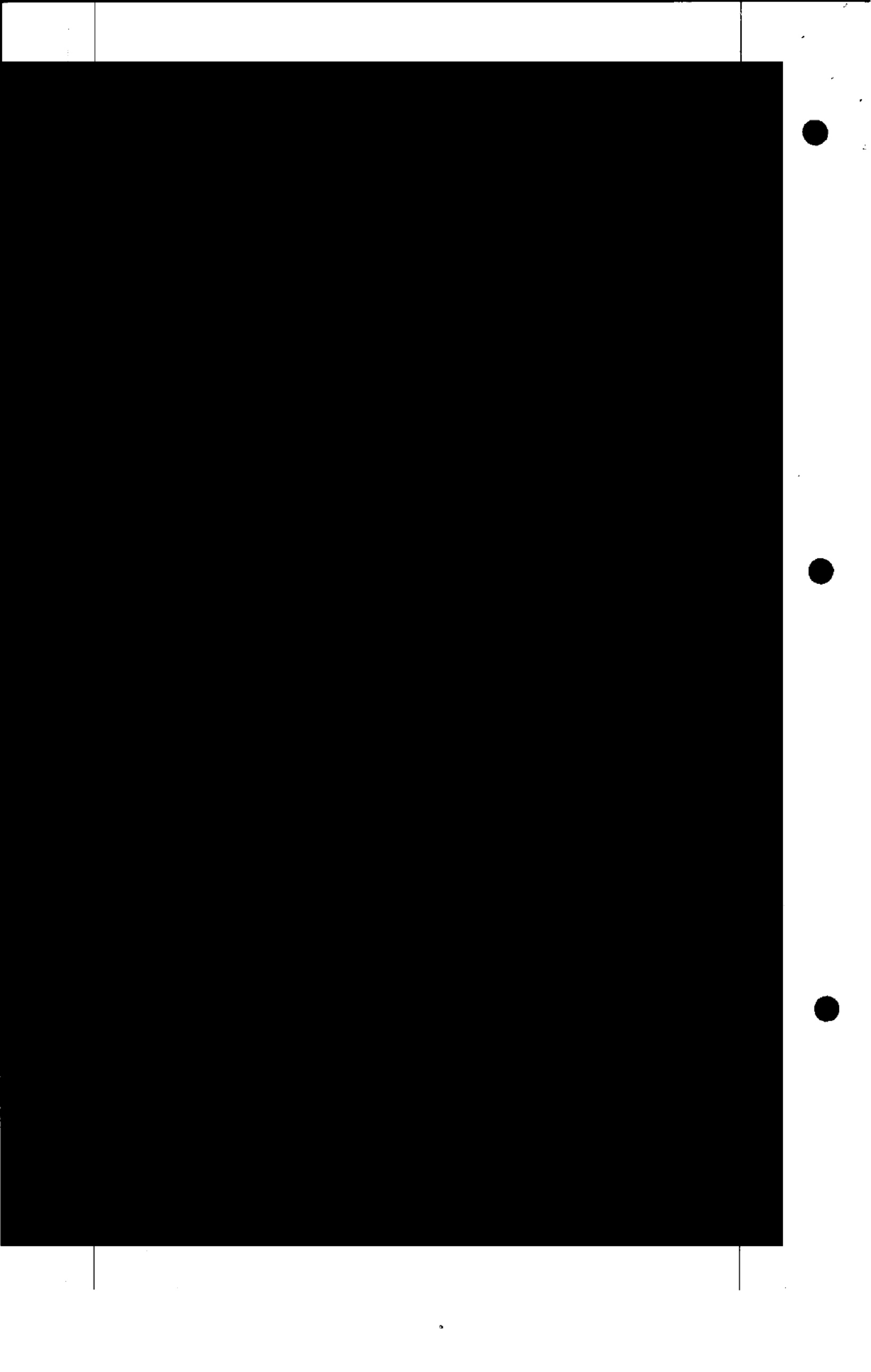


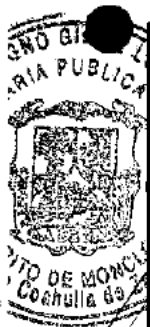


00430

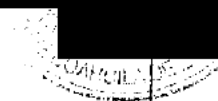


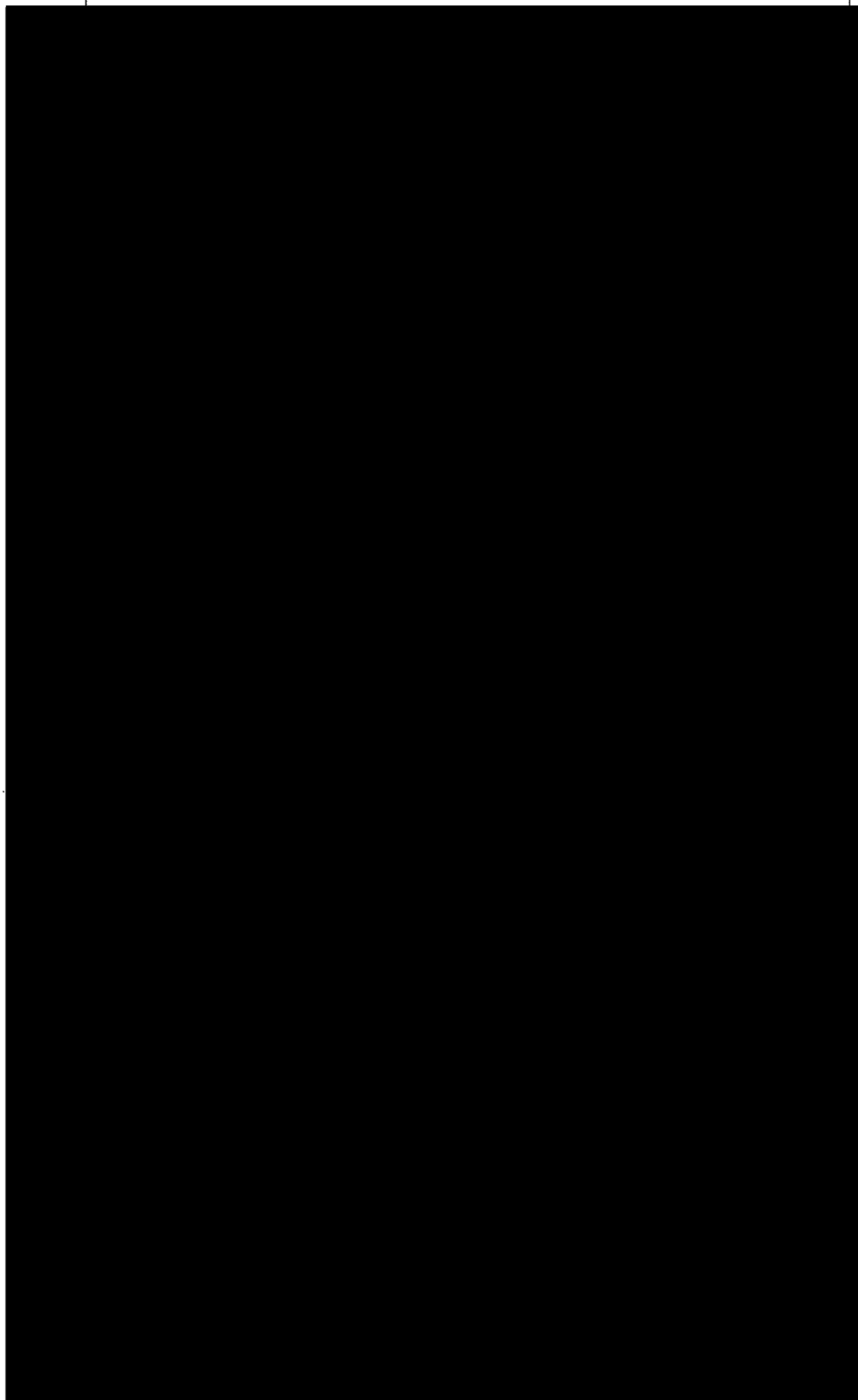
COTEJADO





COTEJADO





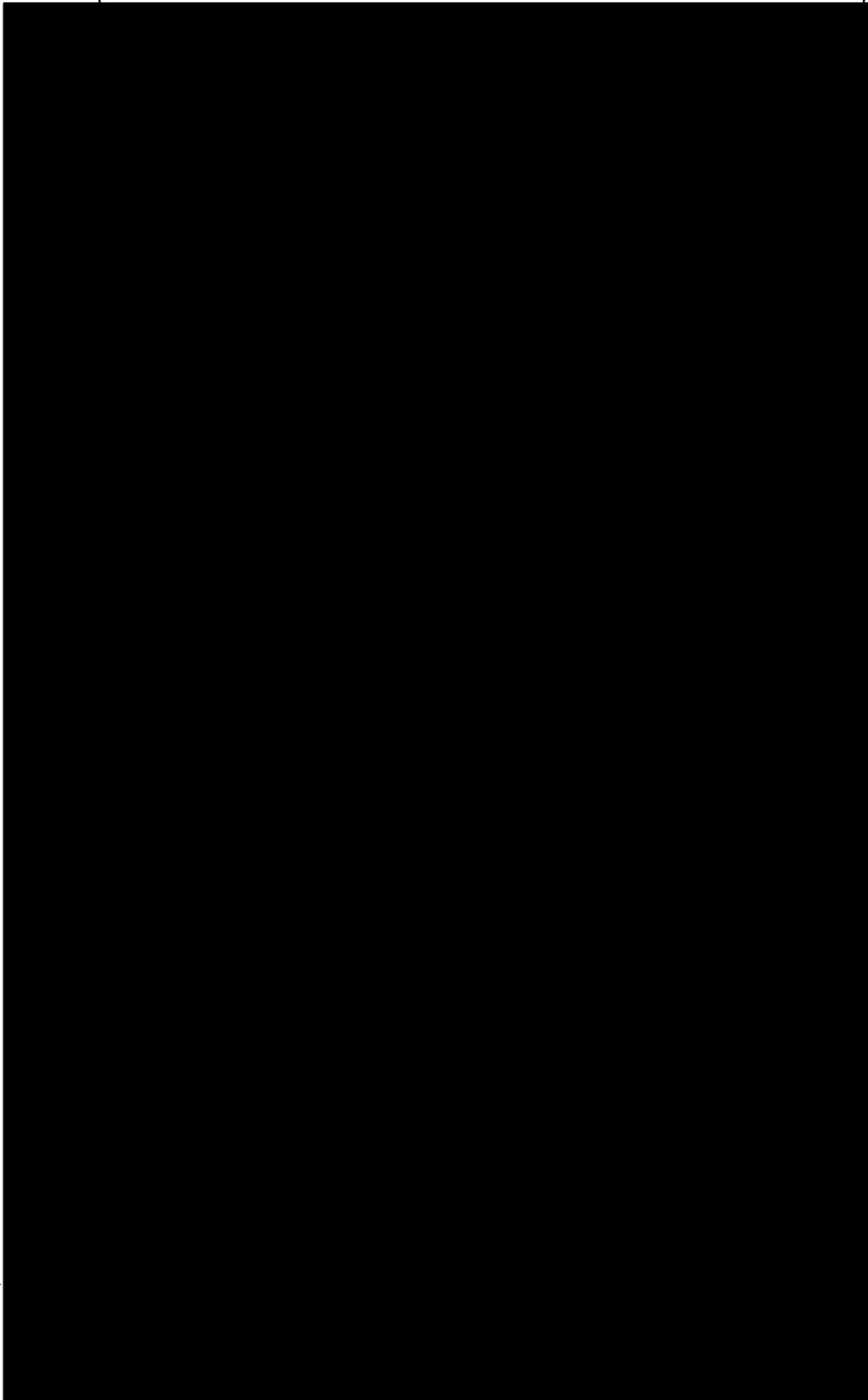
00432

COTELIADO

00433

SECRET





[REDACTED]

11/23/10 2:57 PM

CHARTERED

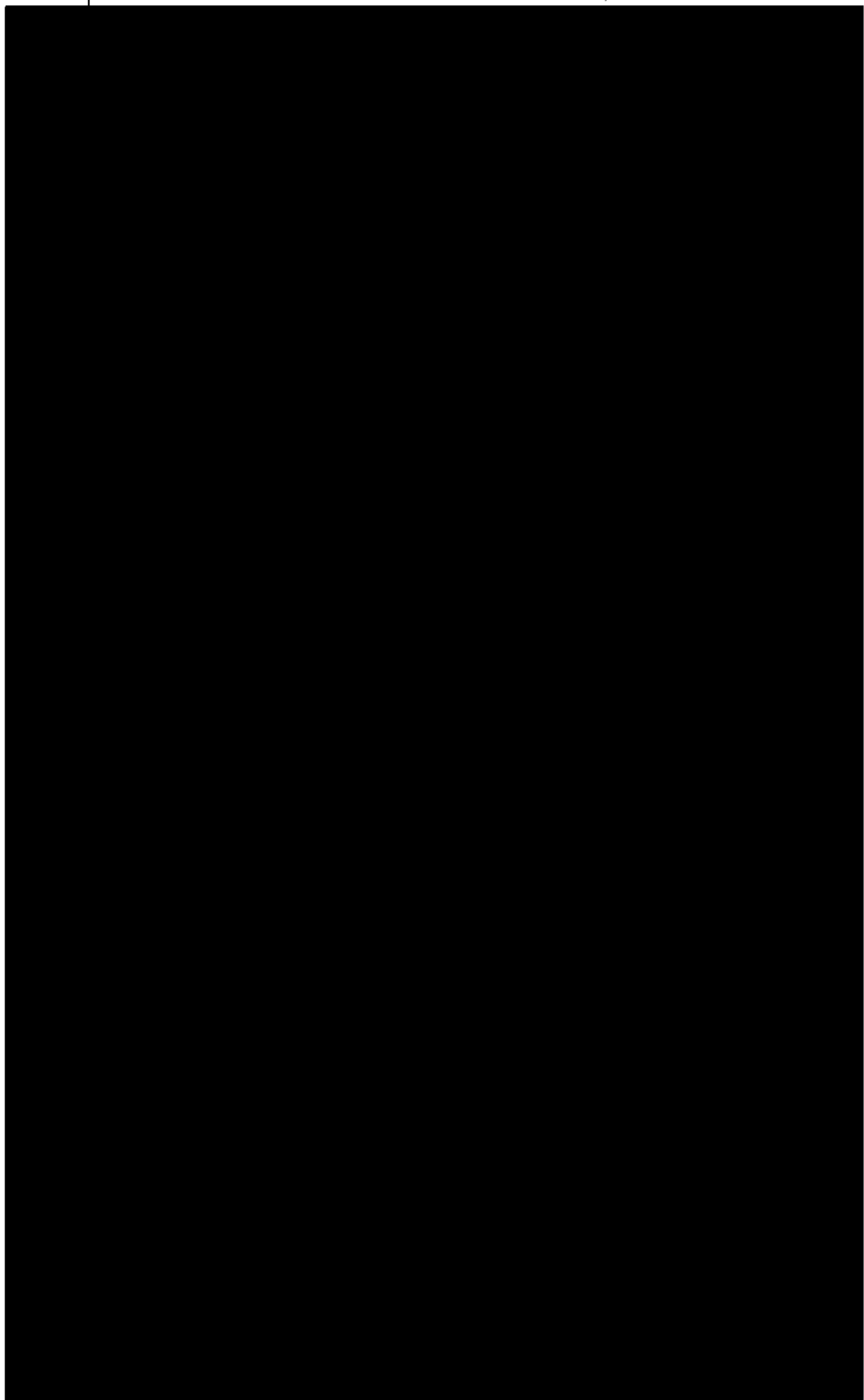


00435

COTEJADO

00436

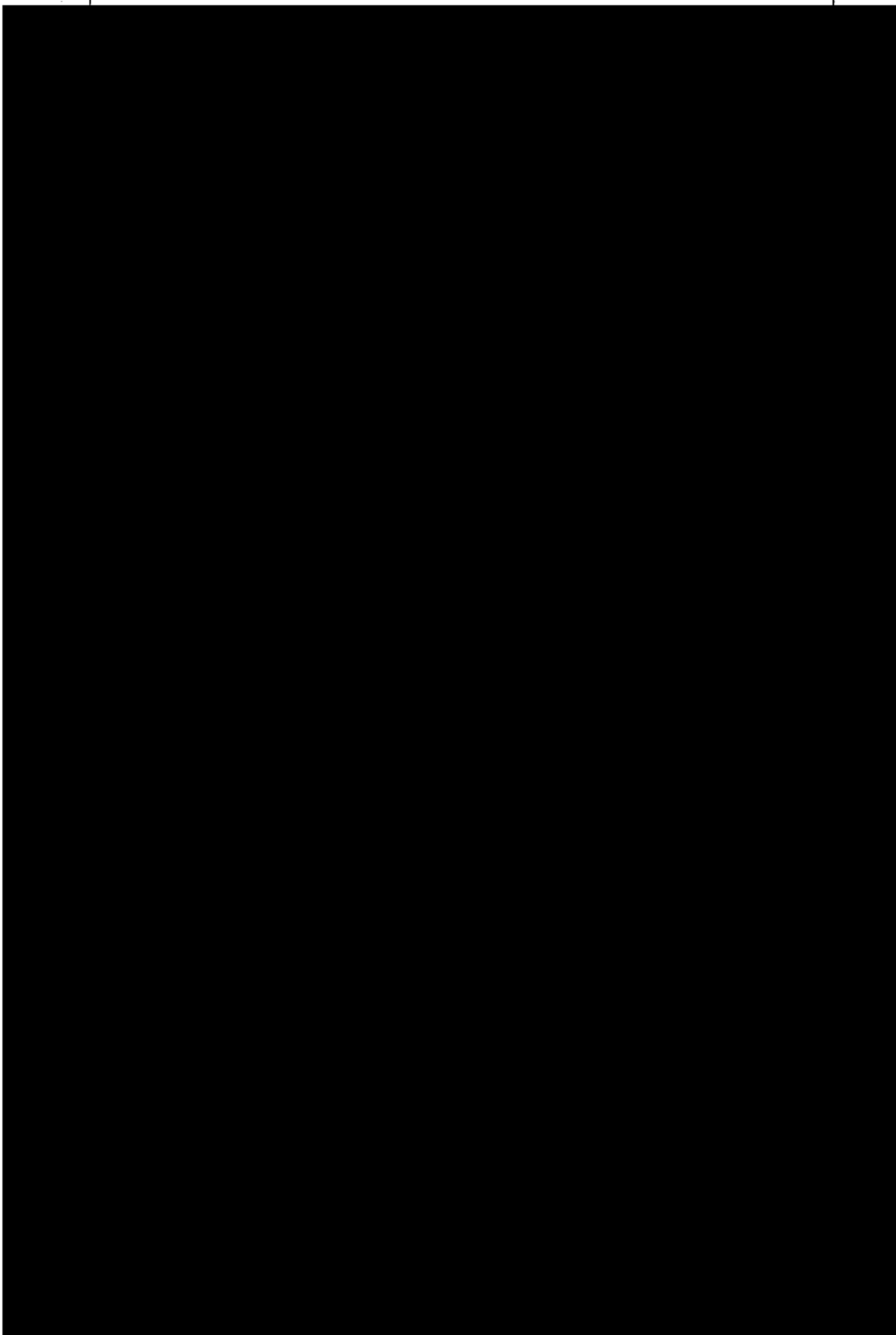
COTEJADO



00437

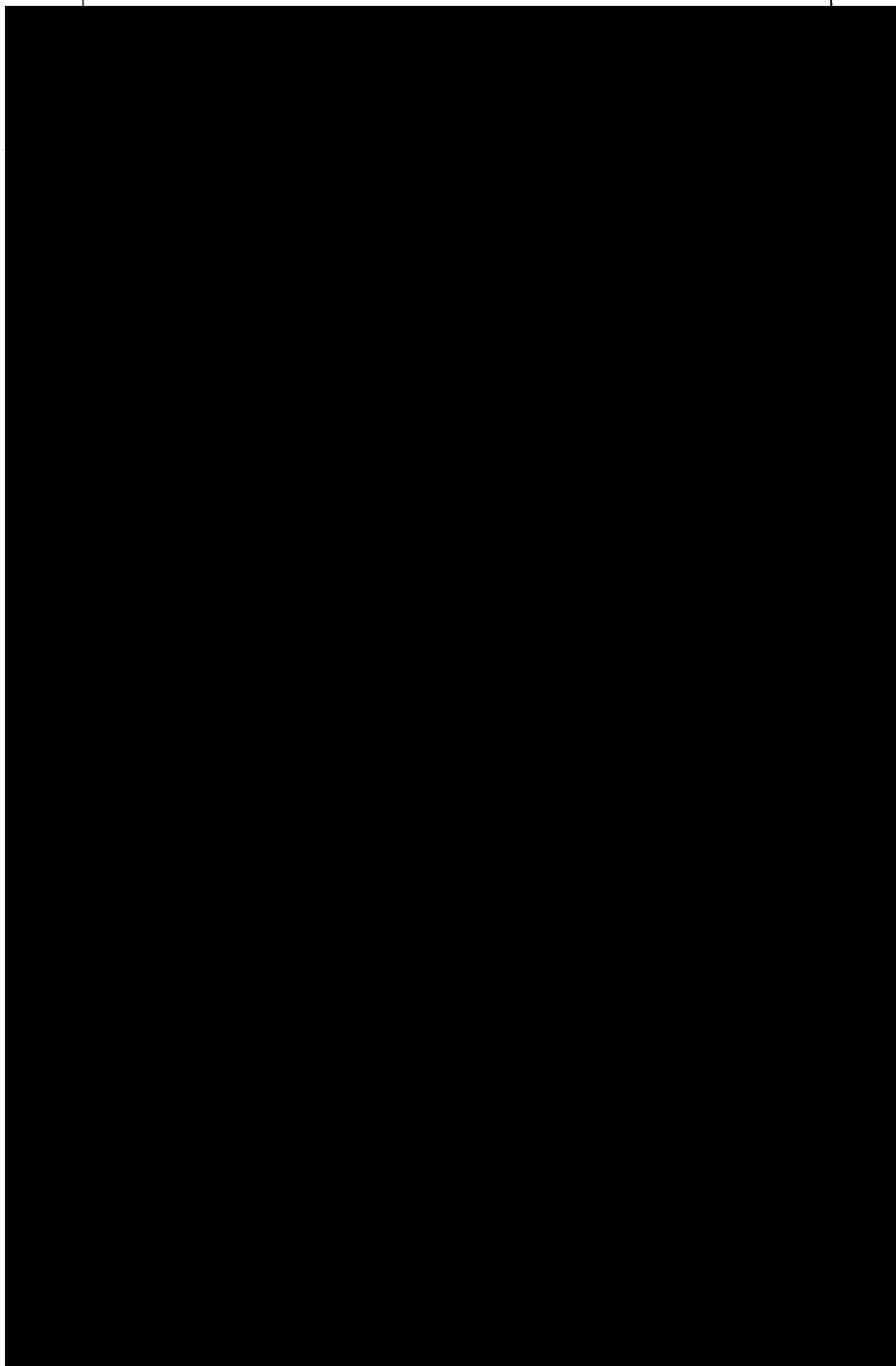


COTEJADO

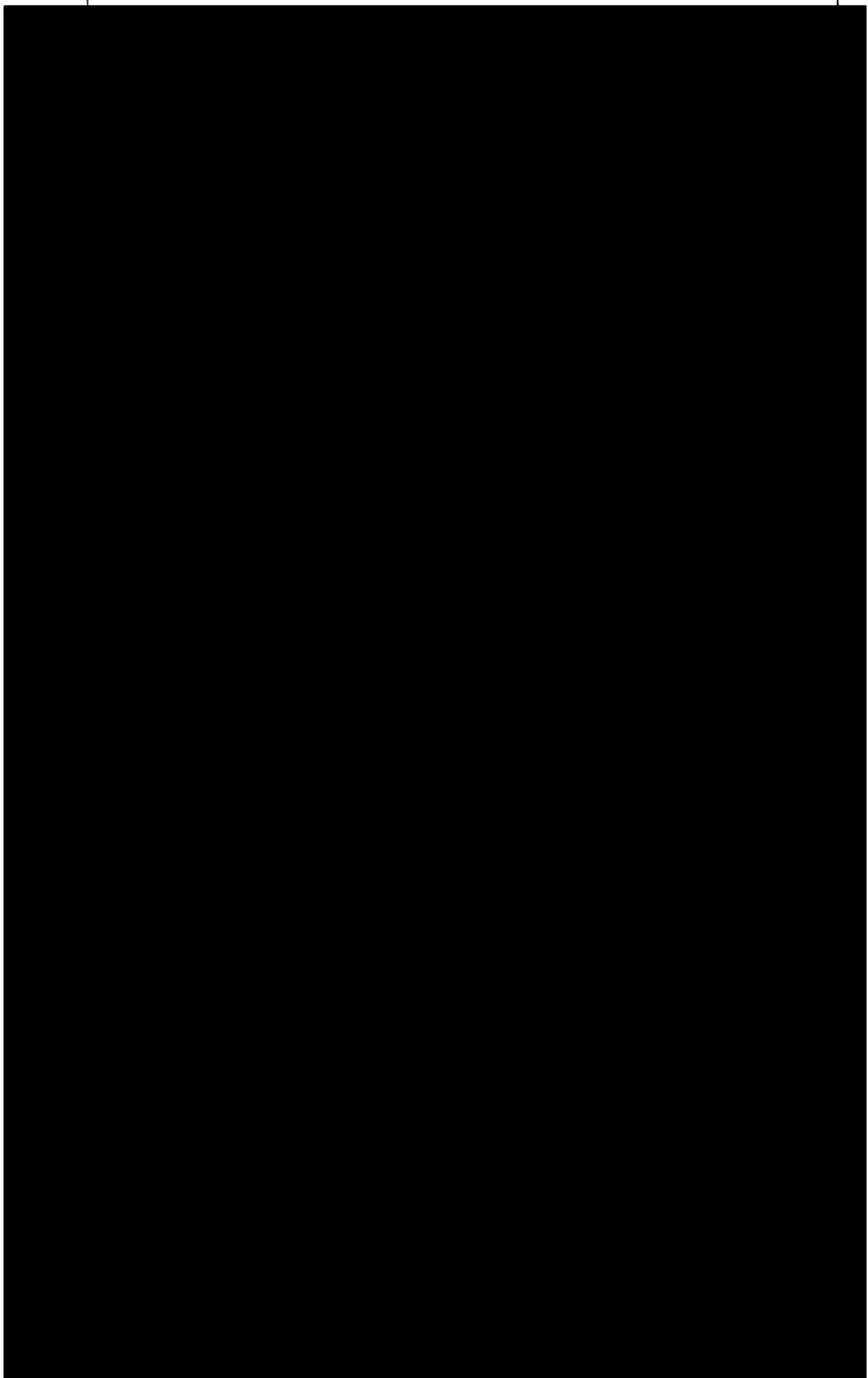


00438

COTEJADO



I 00439



COTEJADO



00441

COTEJADO



CO DO
[REDACTED]

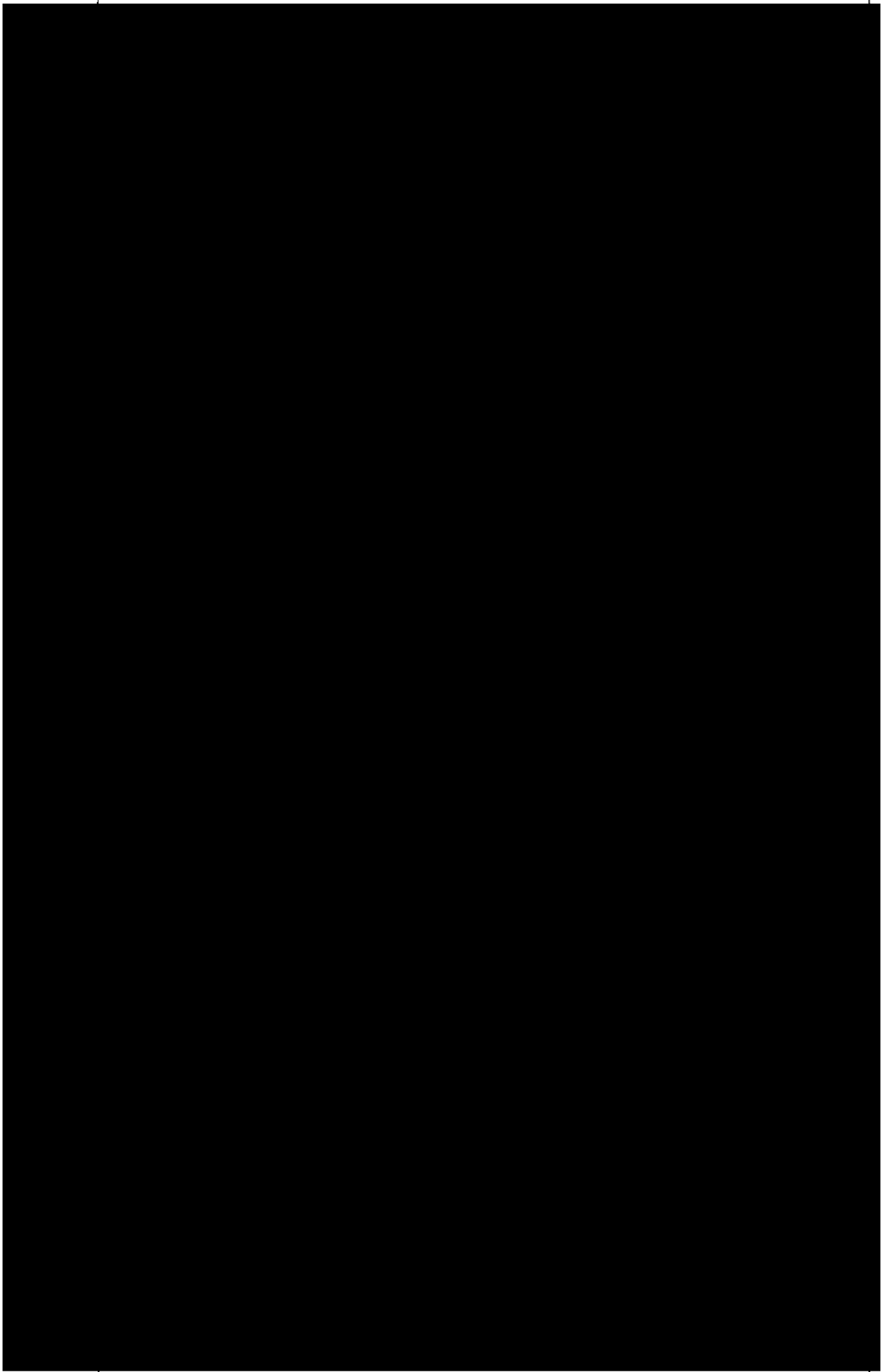
• 00442

WICHITA
KANSAS
1962

external of some analysis of distance

[REDACTED]

WICHITA
KANSAS
1962



00443

COTEJADO

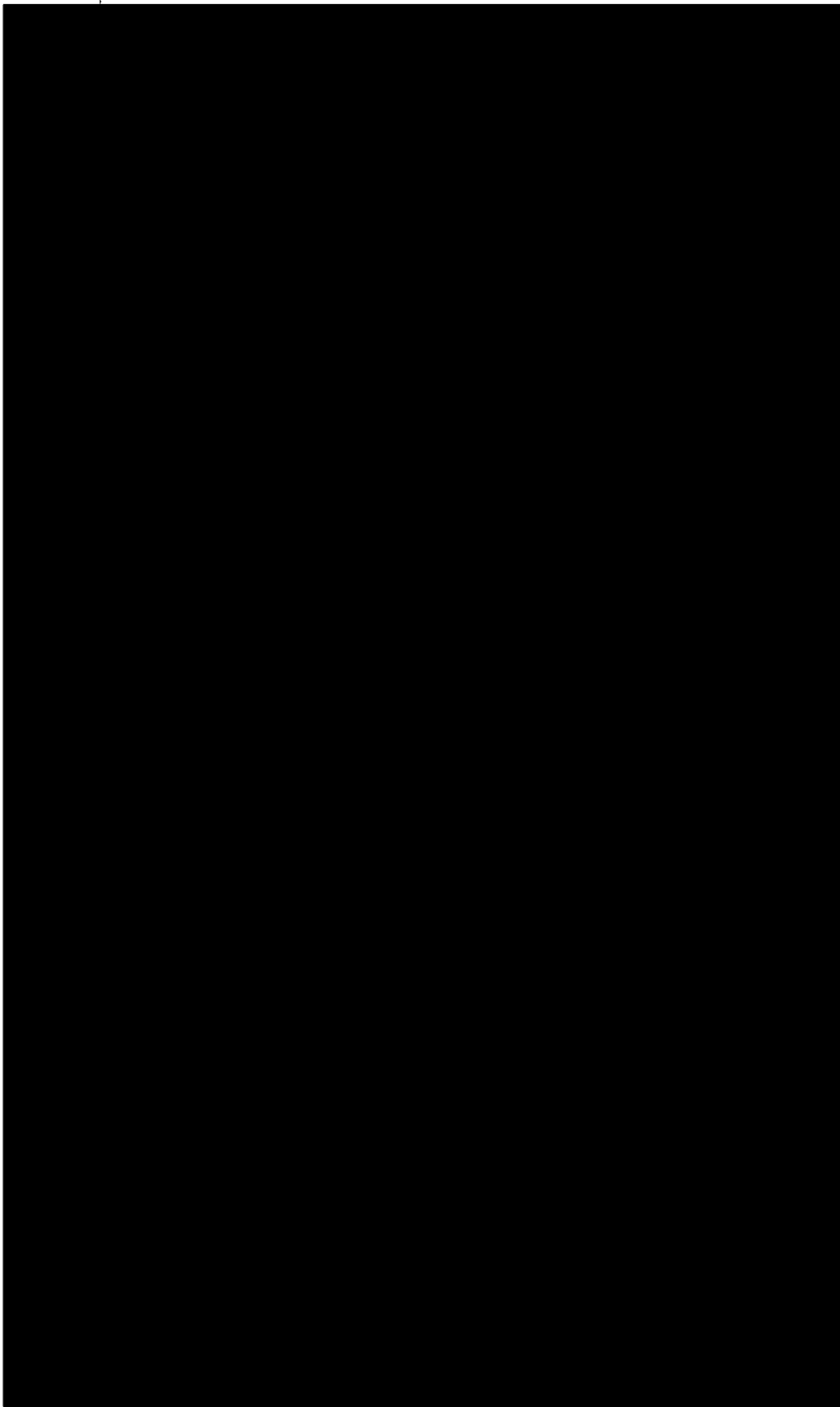


00444



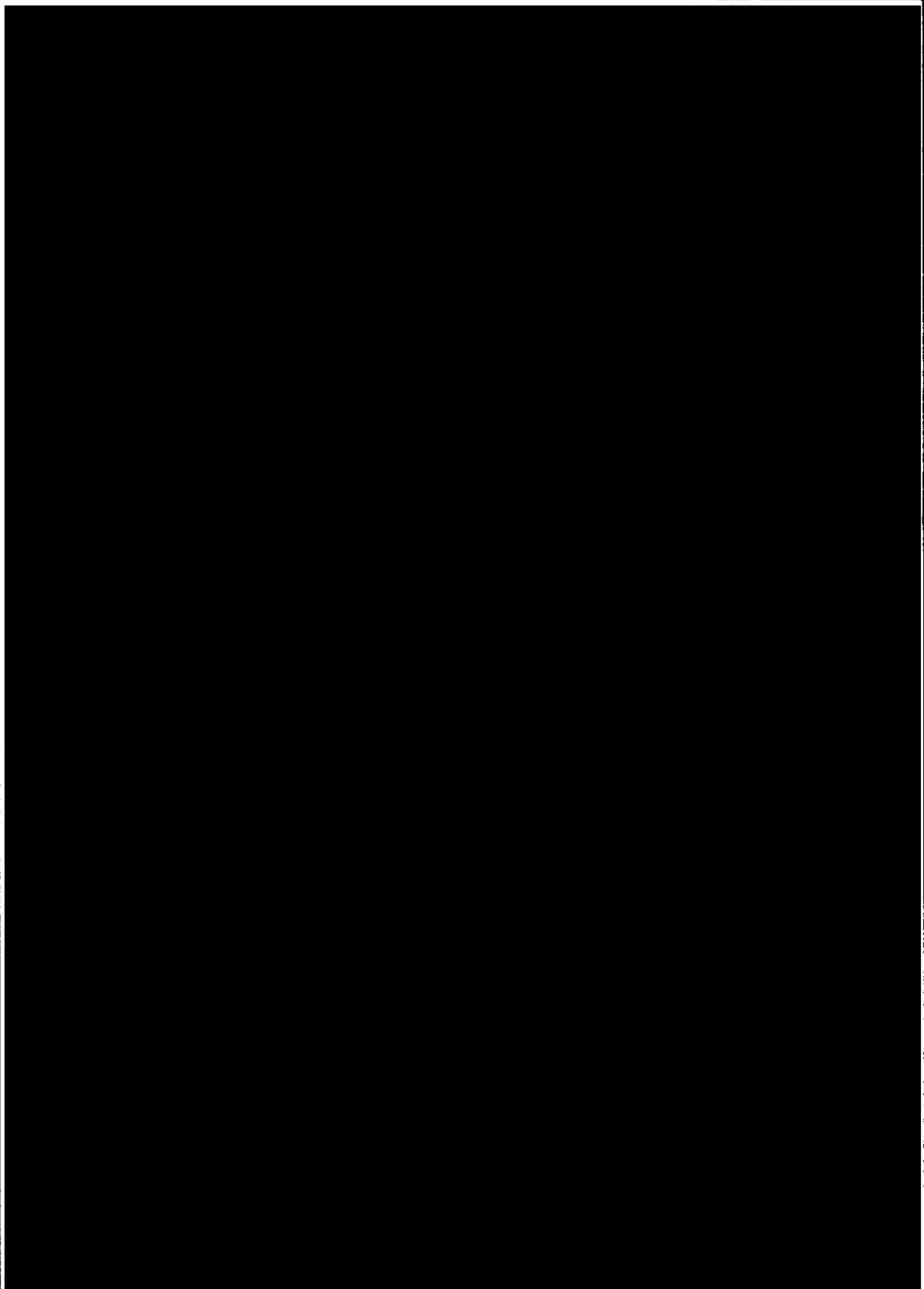
COTEJADO

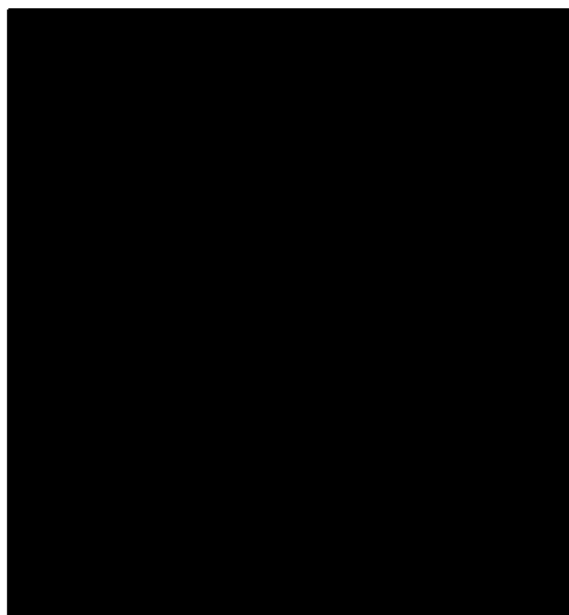
501
A.P.U.
DE
ARVING

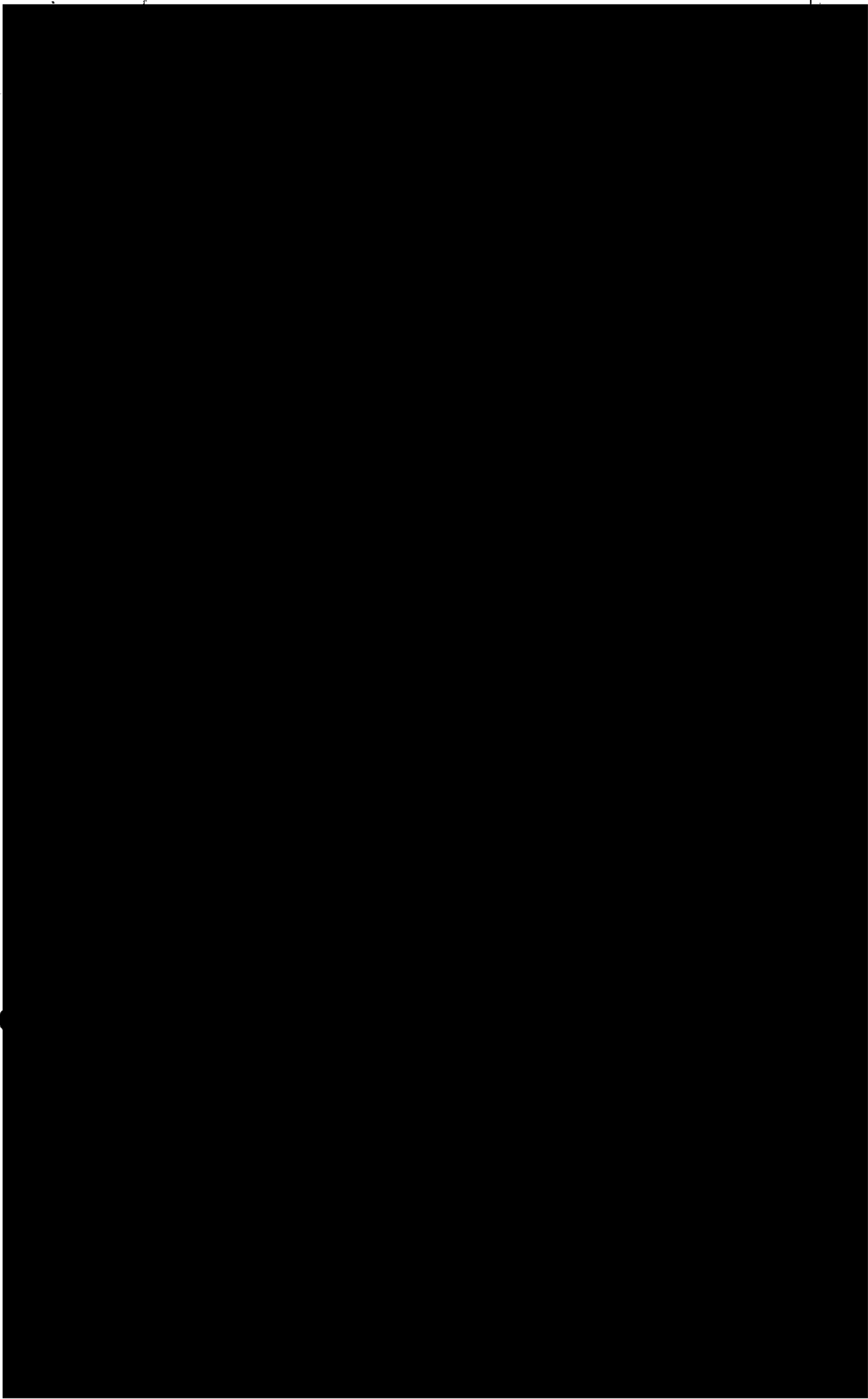


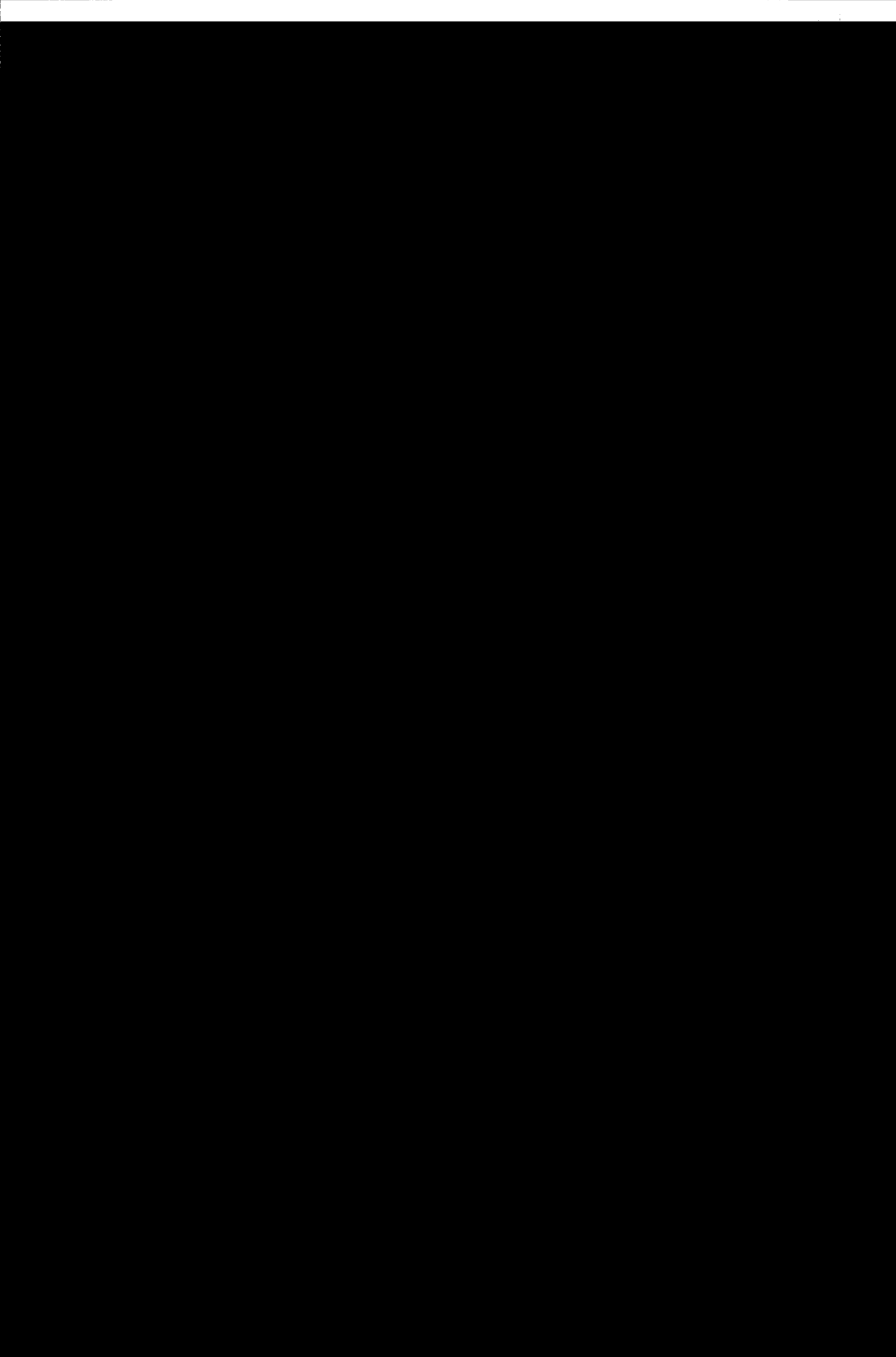
COTEJADO







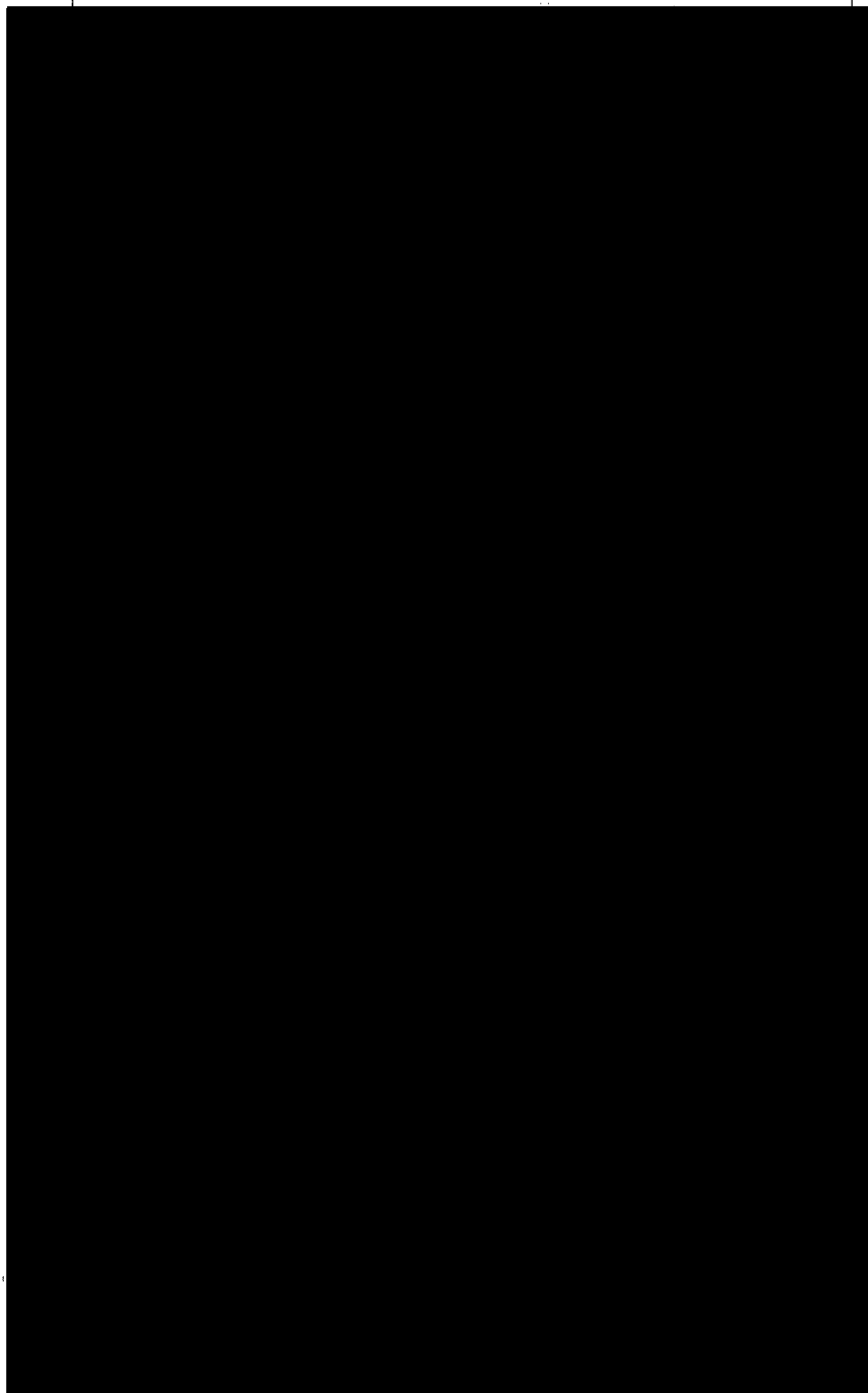


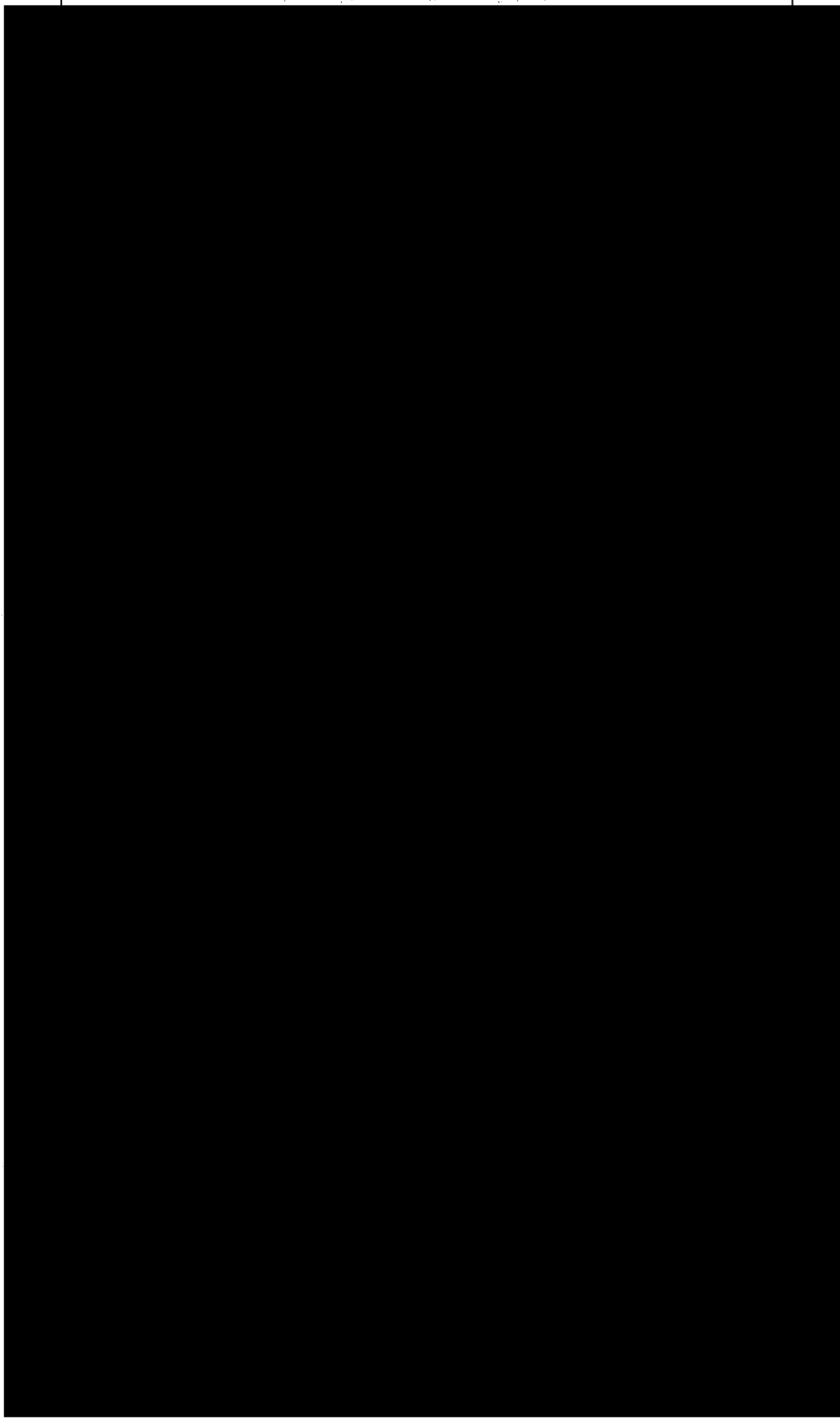


671016
de Coa

COPIADO

COPIADO

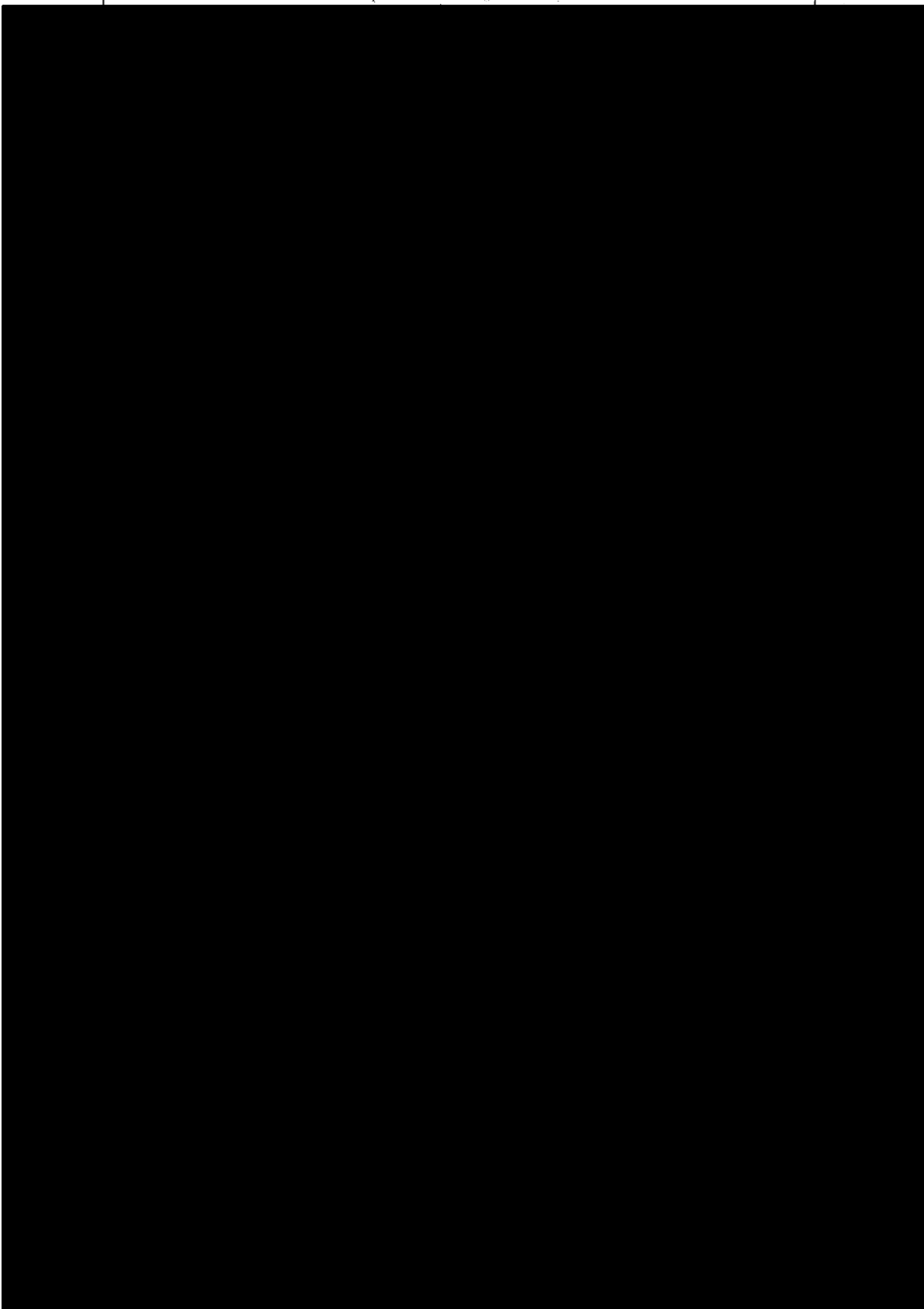




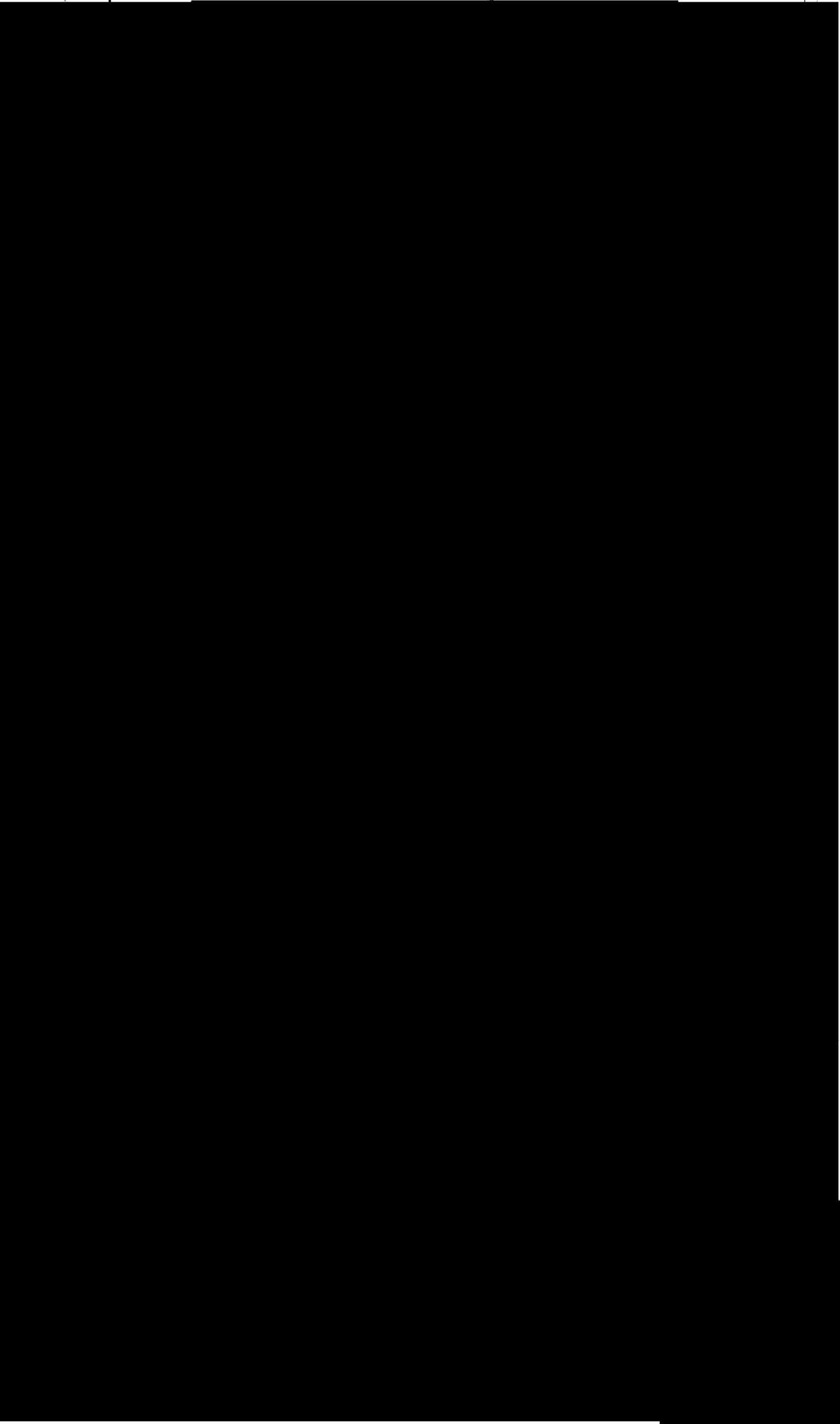
CONFIDENTIAL

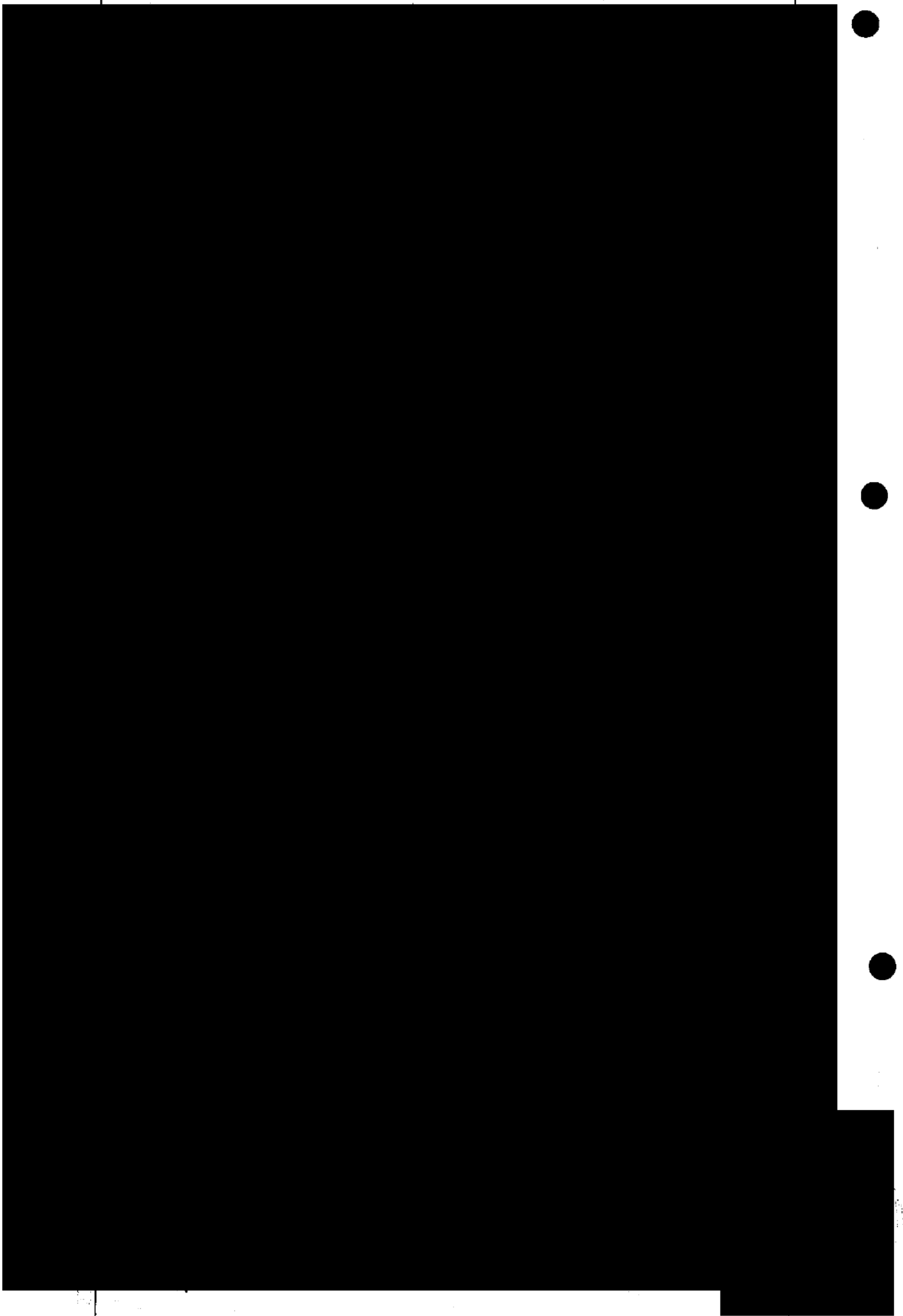
CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL



11/23/77

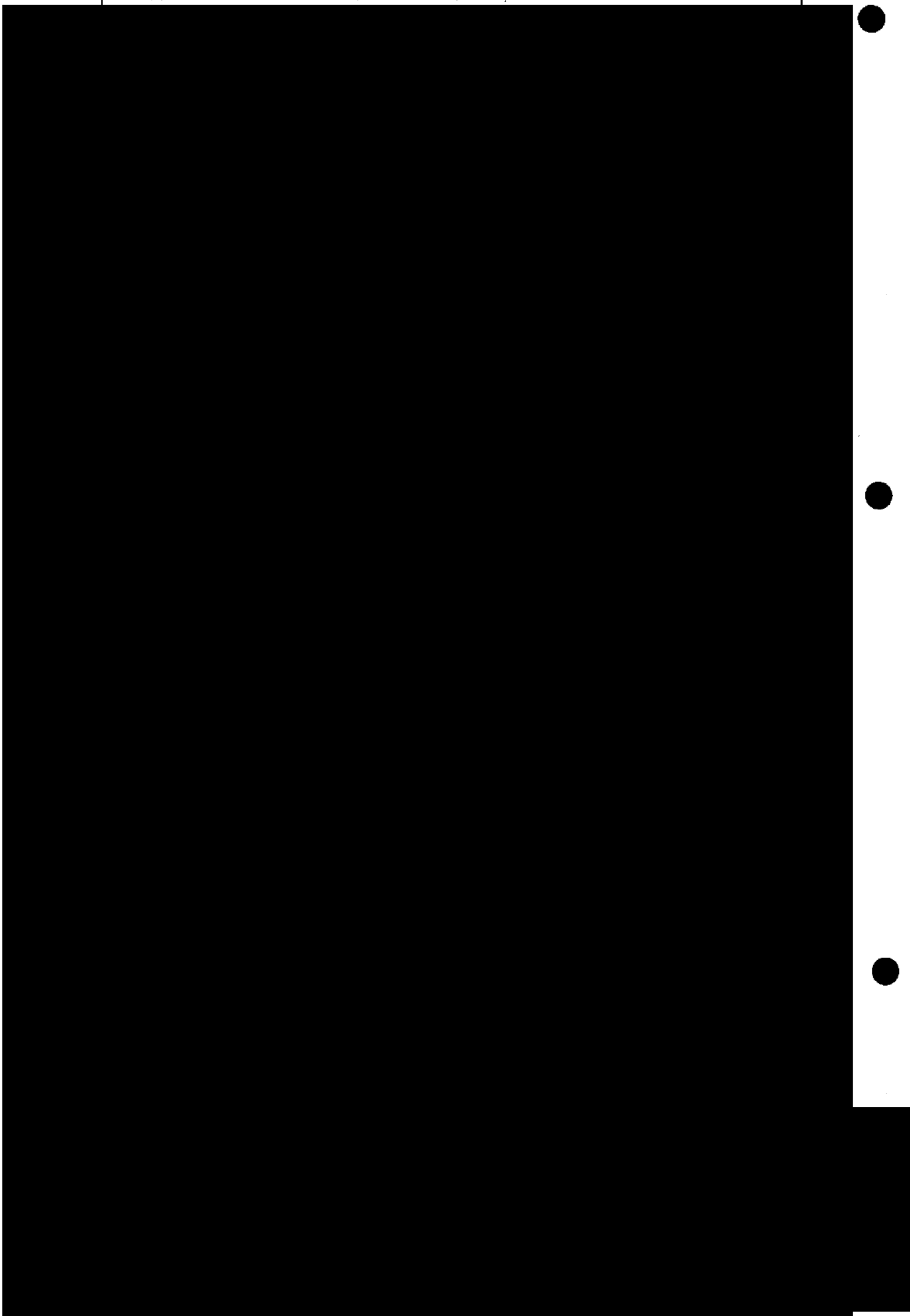




00454

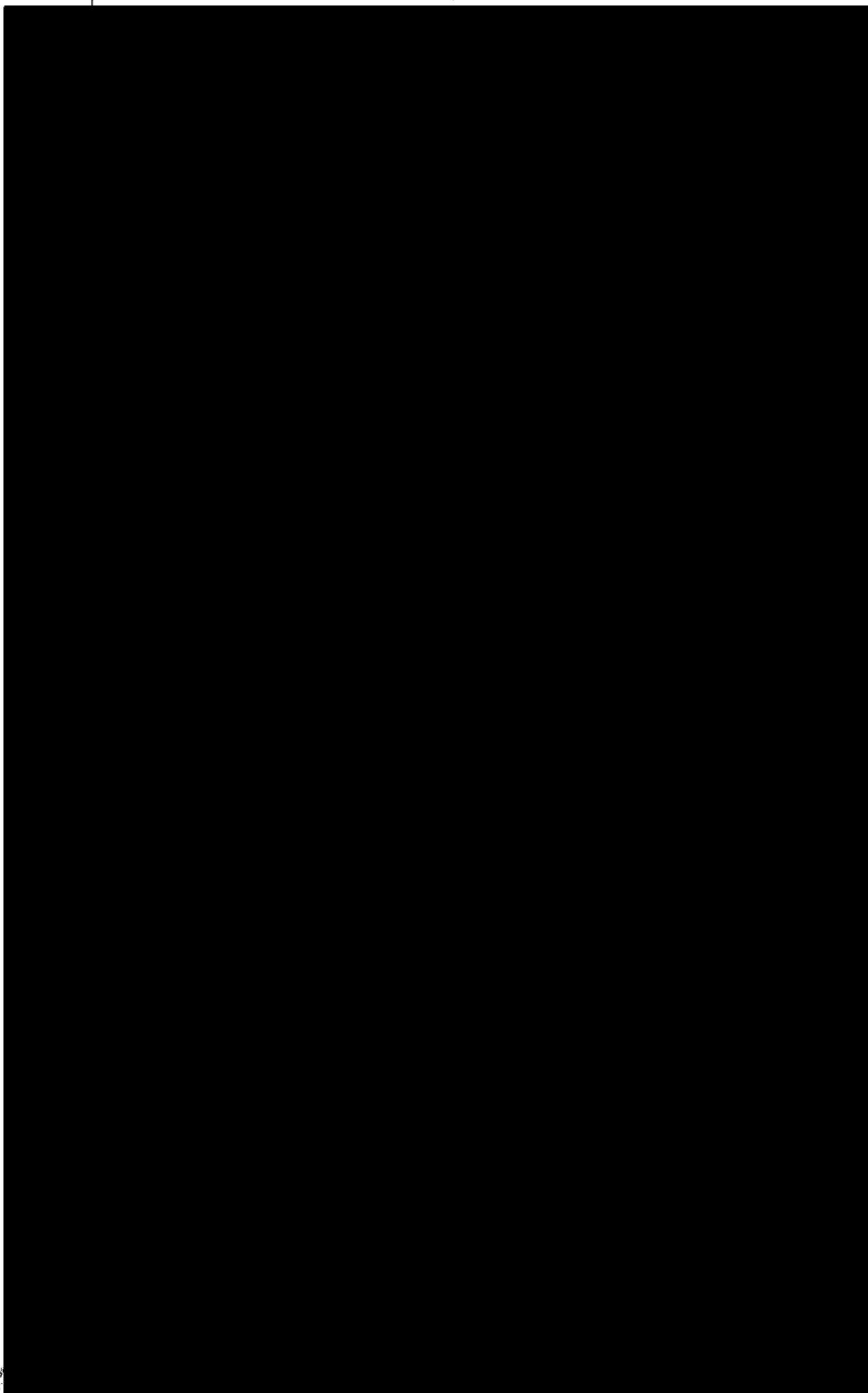
SECRETARIO

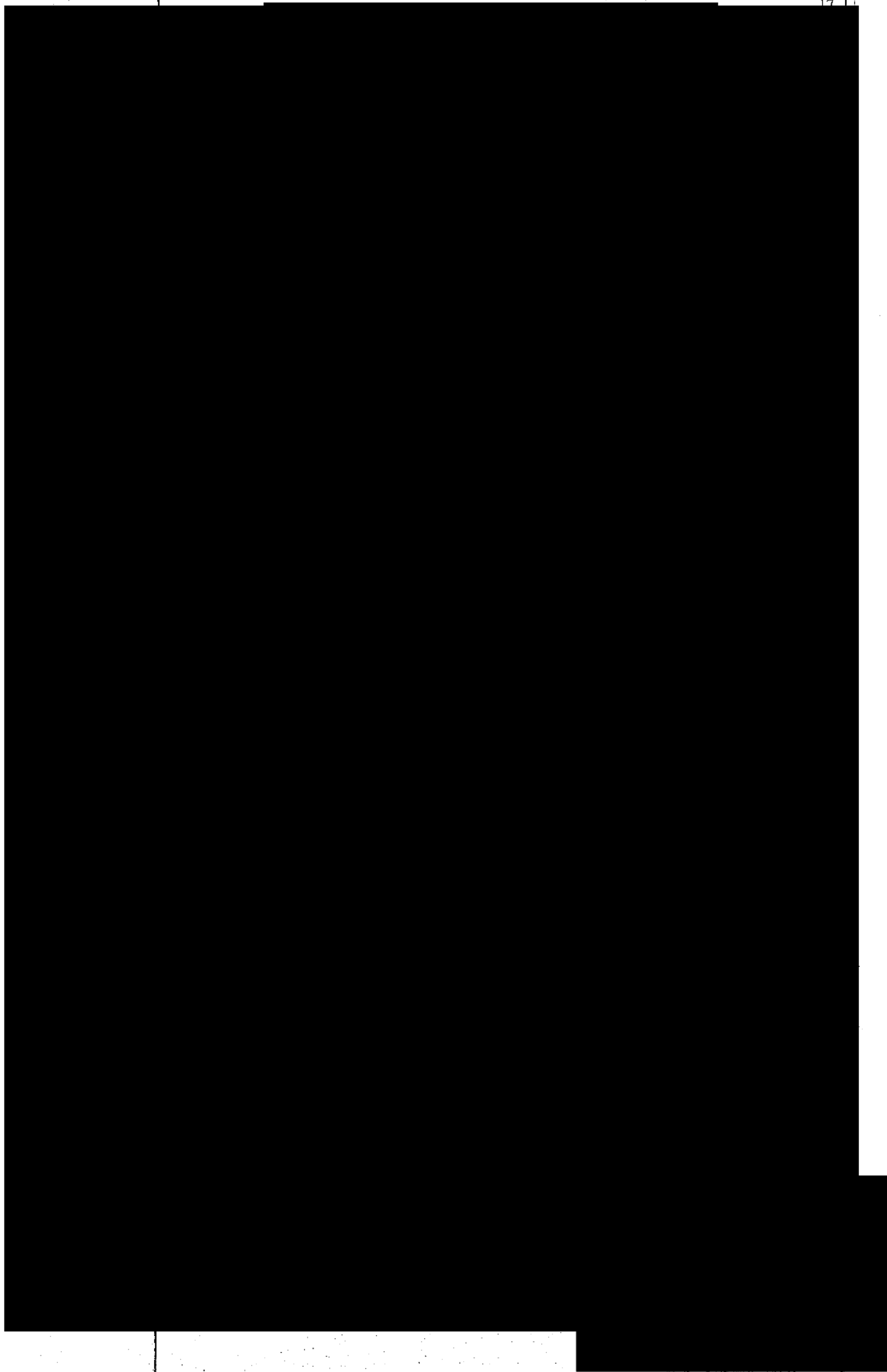


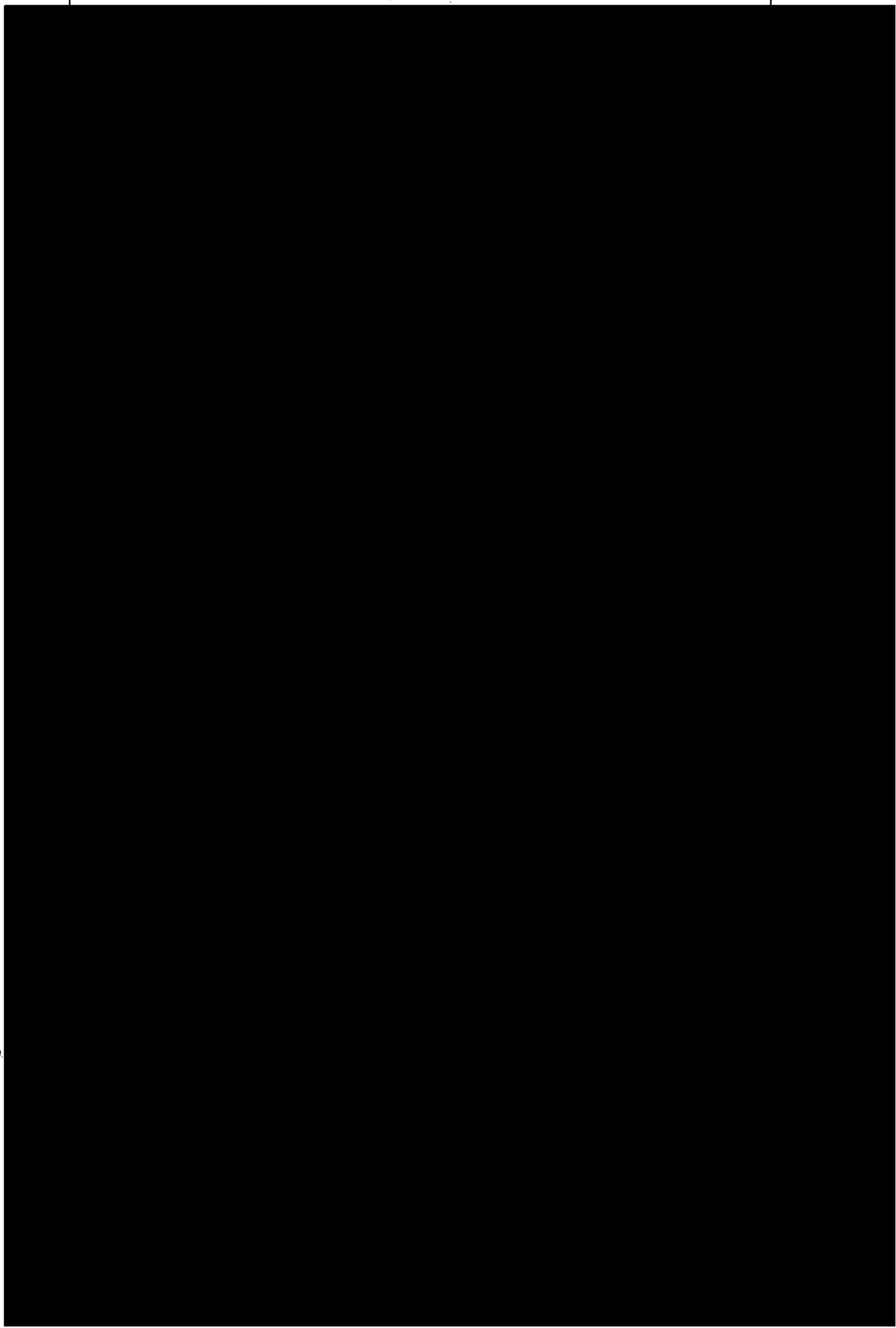


00455

COTEJADO

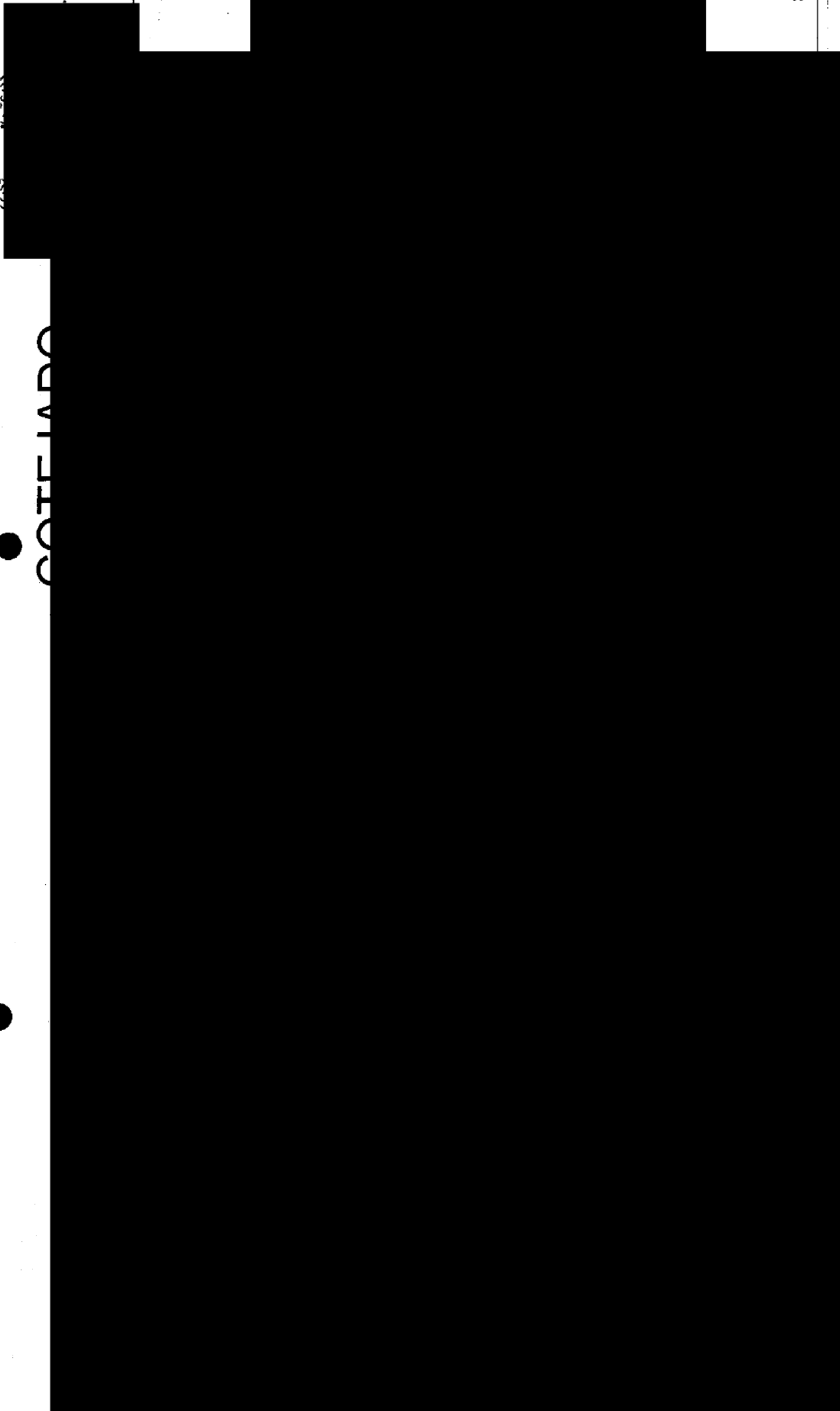






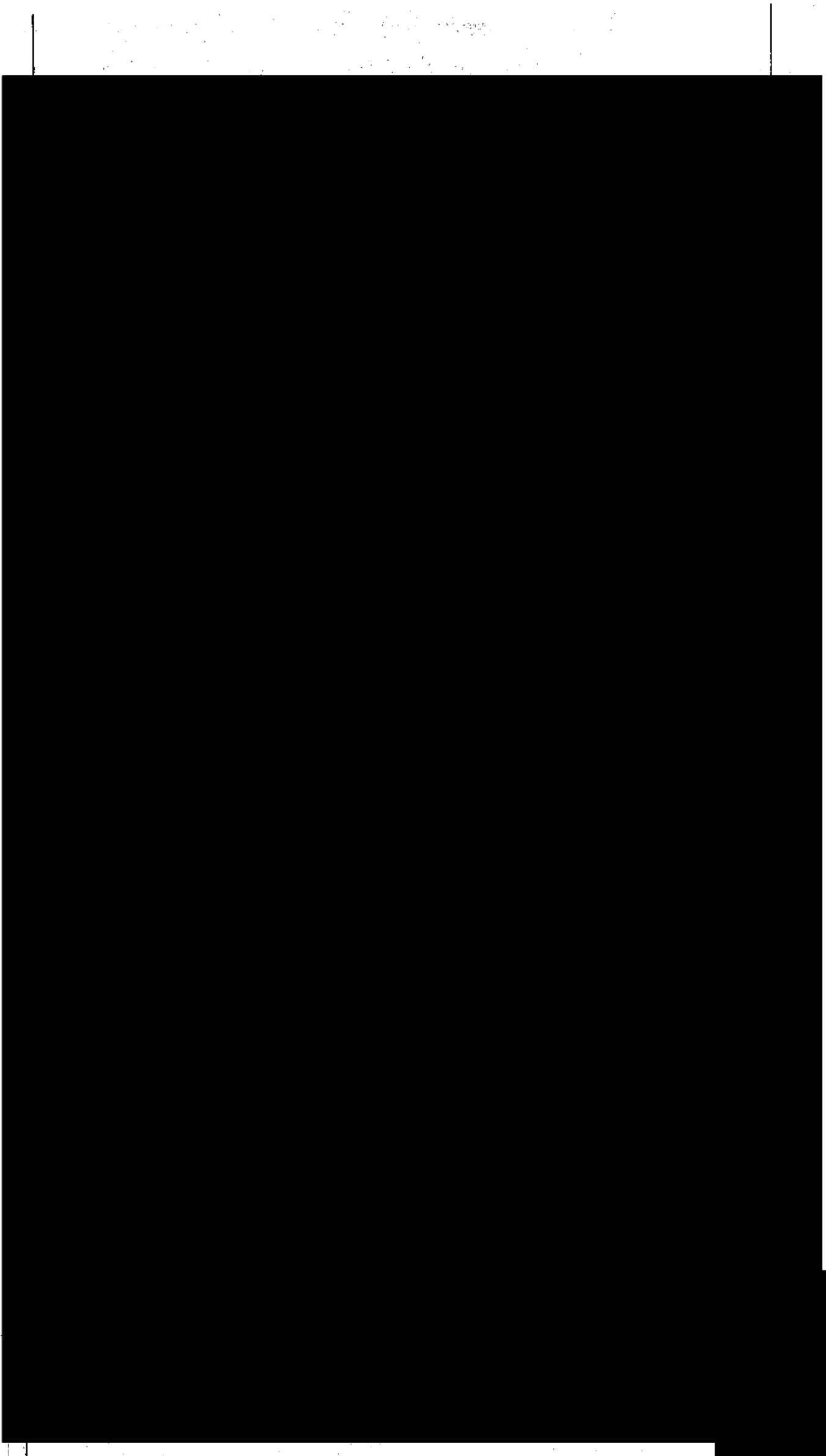
[Illegible text in the header area, possibly a title or page number, obscured by noise and a redaction line.]





● COTELADO





STRI
2 08

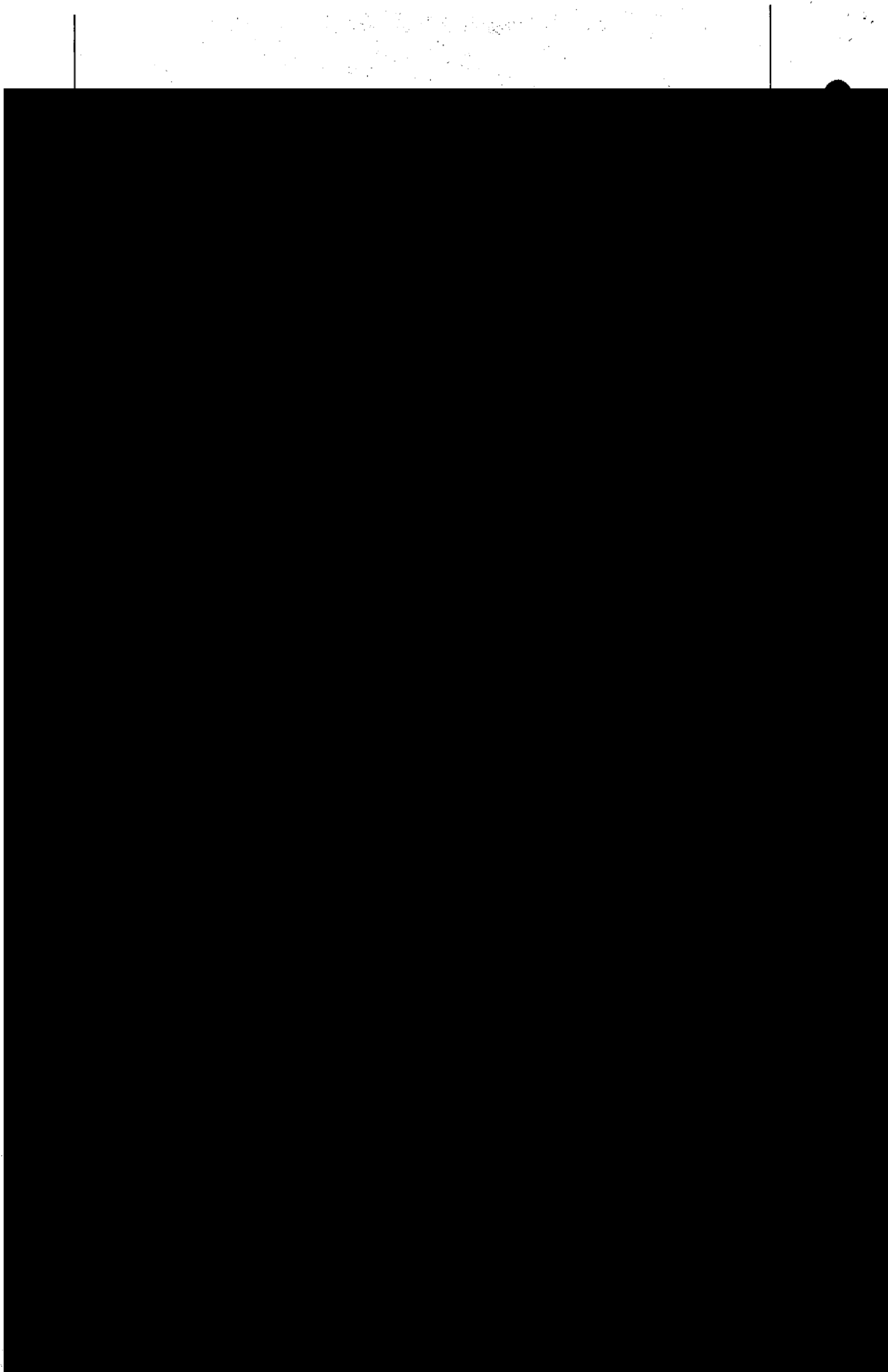
COAHUILA DE ZARAGOZA



00459

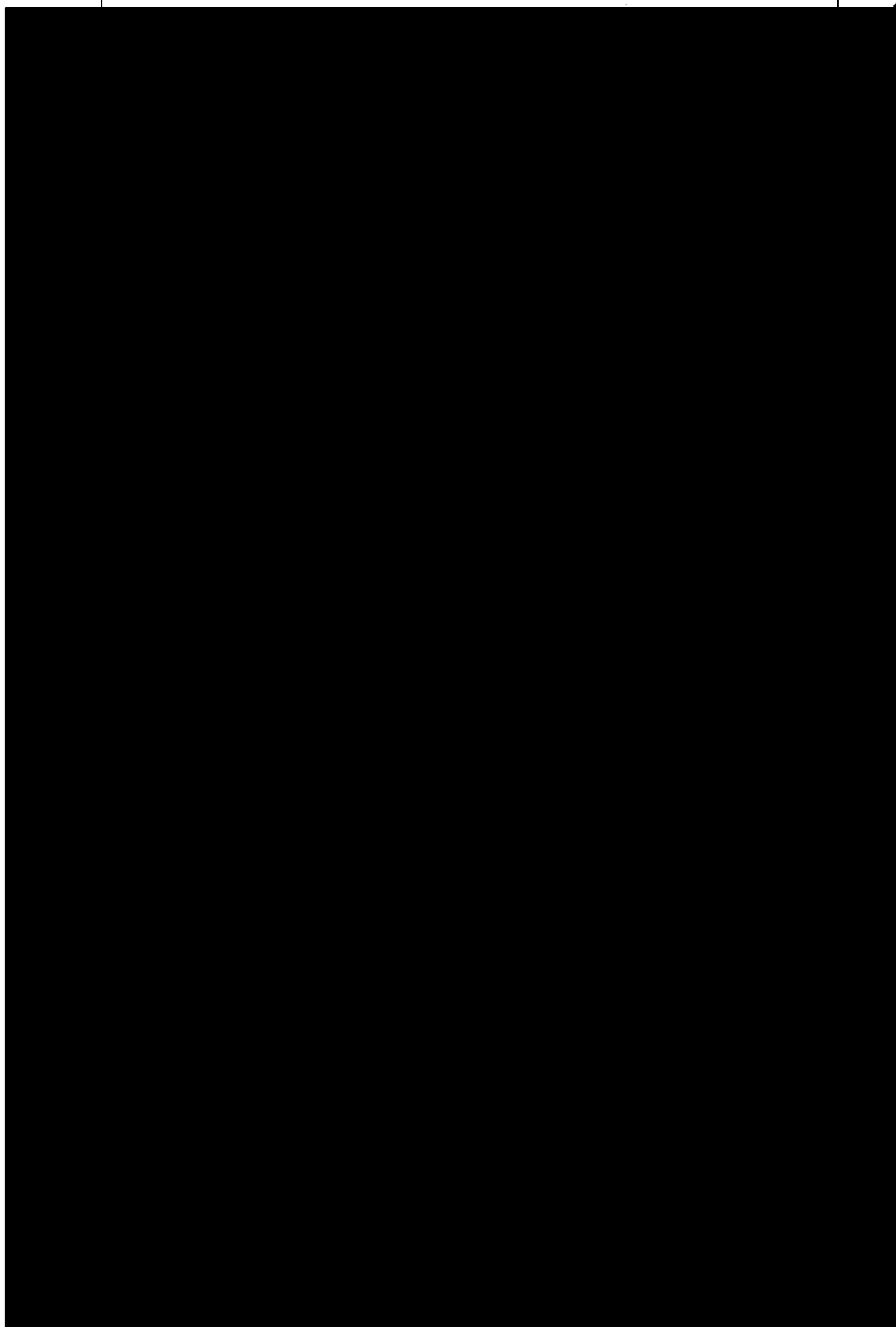
157-811





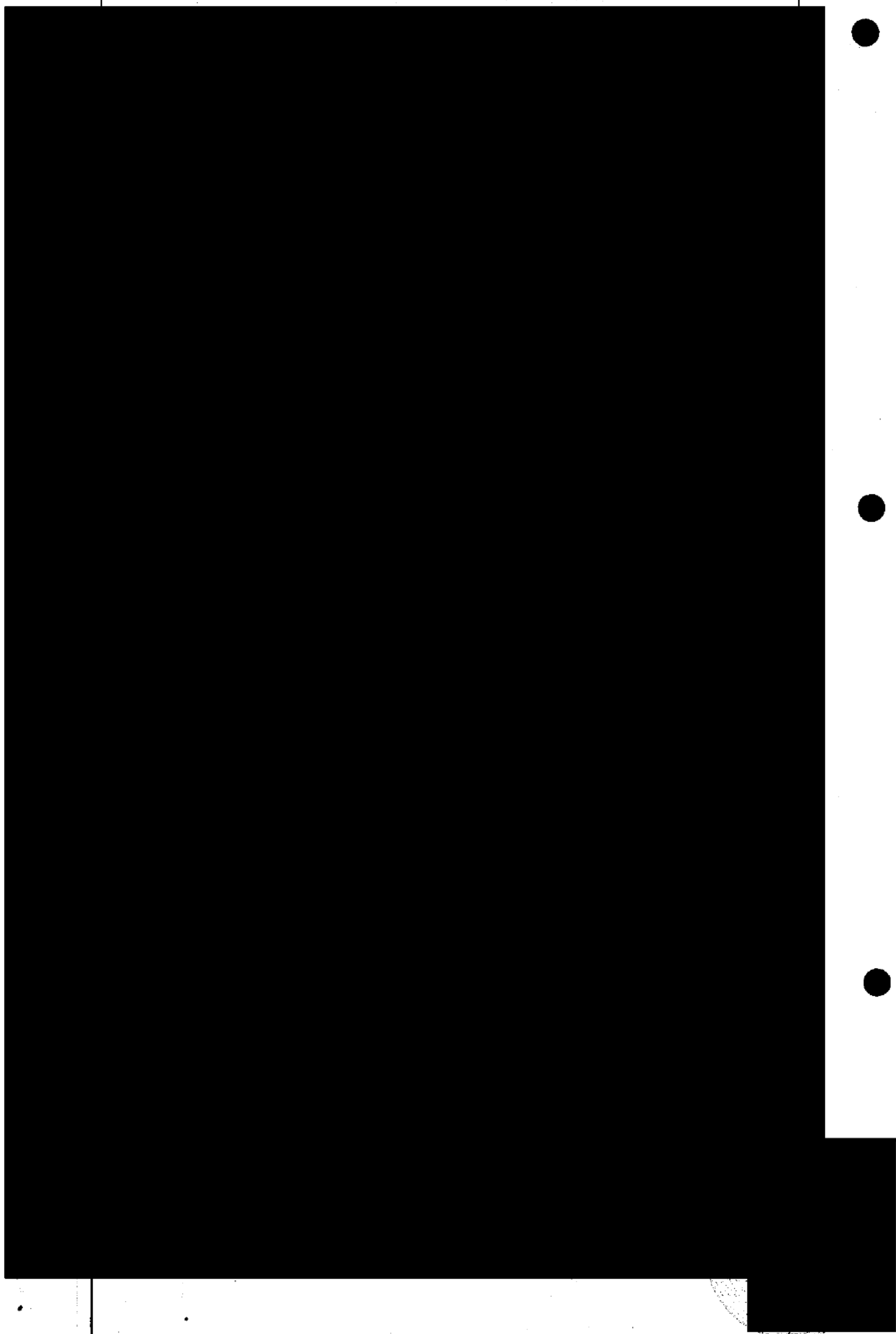
COTEIADO

DEPARTAMENTO DE MOBILIDADE
DE COATIM, RUA LUIZ



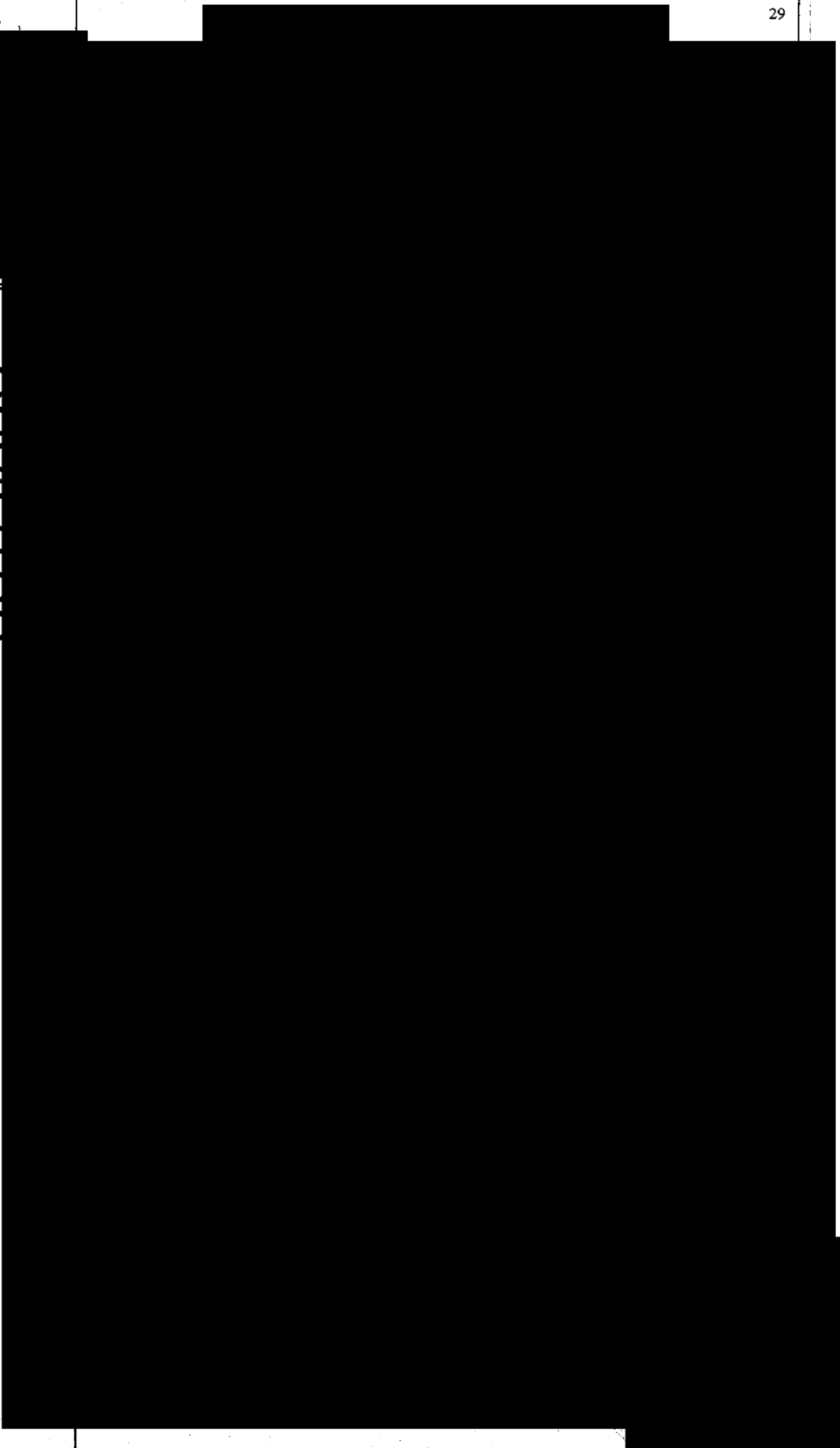
00461

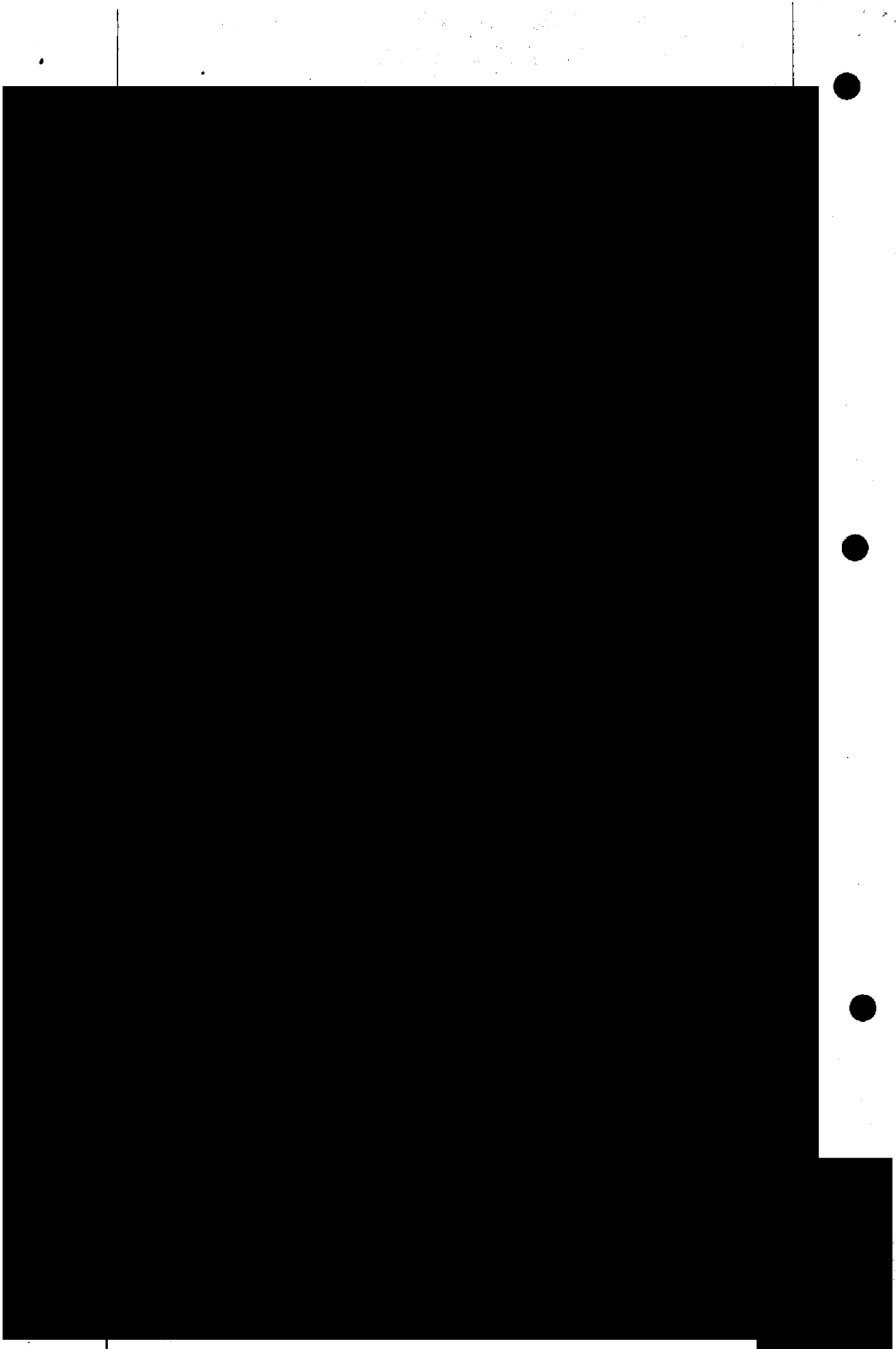
COTEJADO



11/23/83

COTEJADO

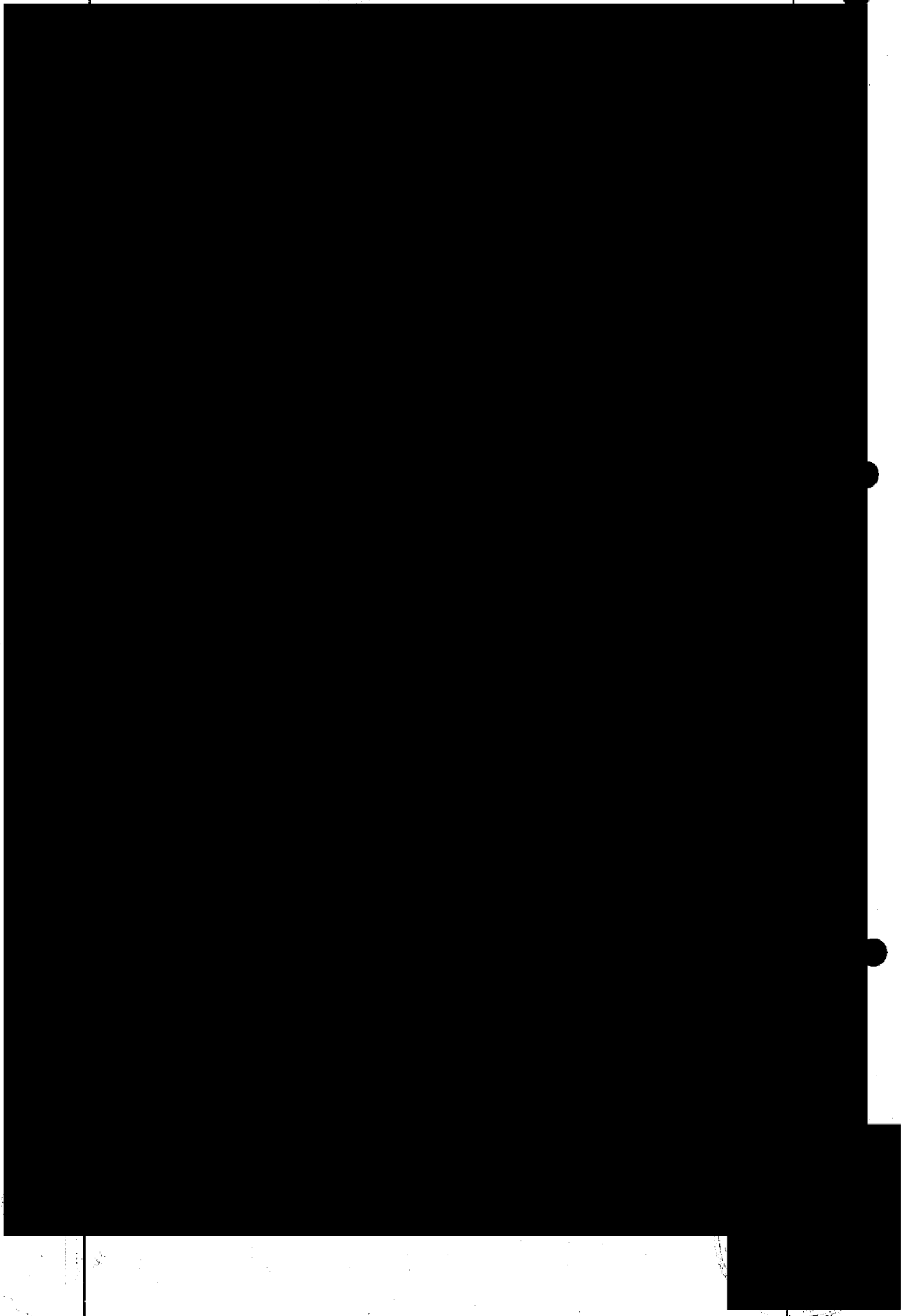




11-58-57

COTEJADO

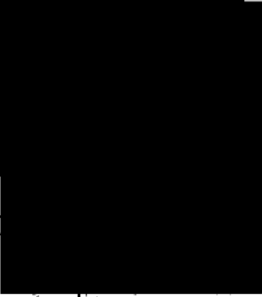
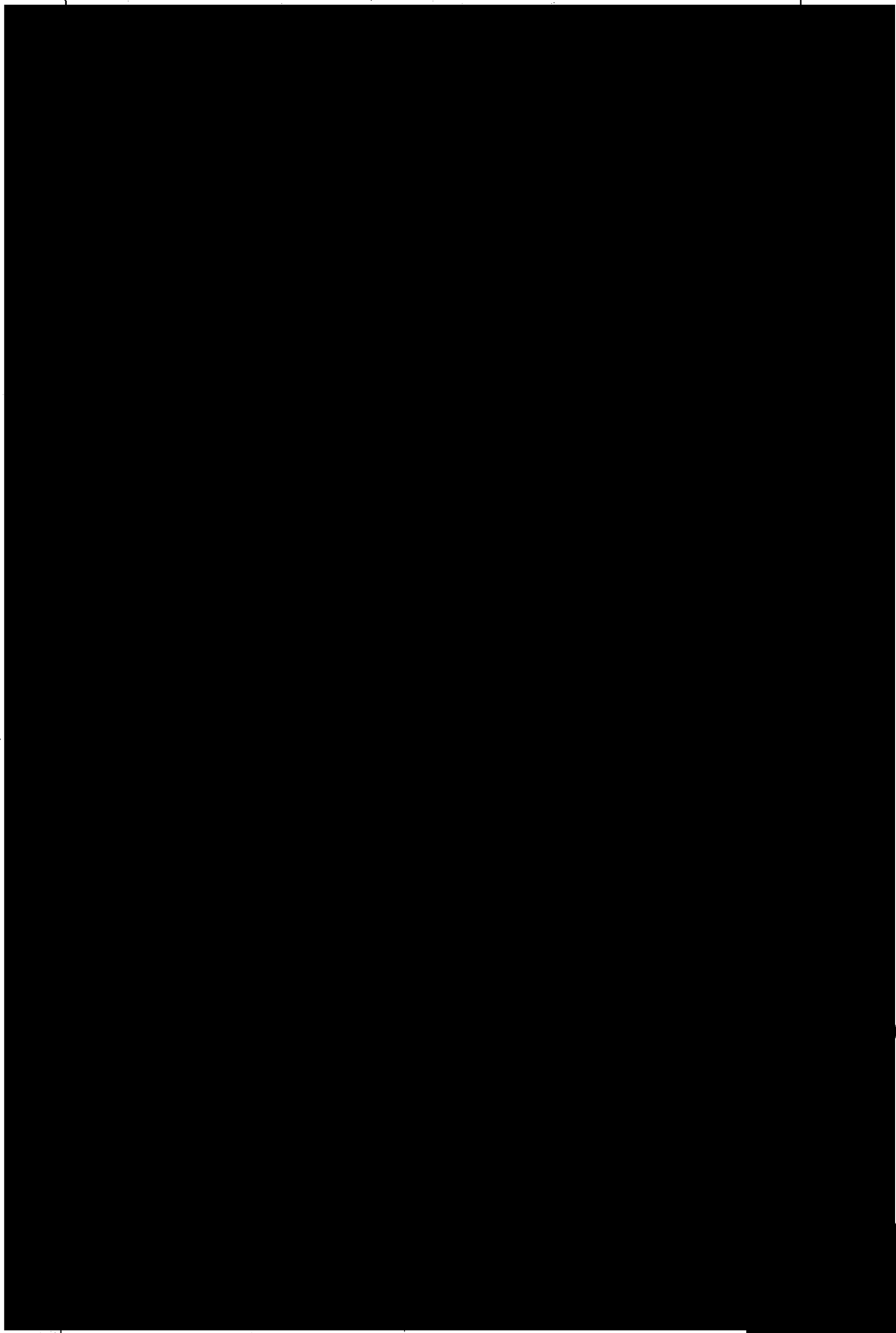
RECEIVED
FEB 11 1968
U.S. AIR FORCE



00464



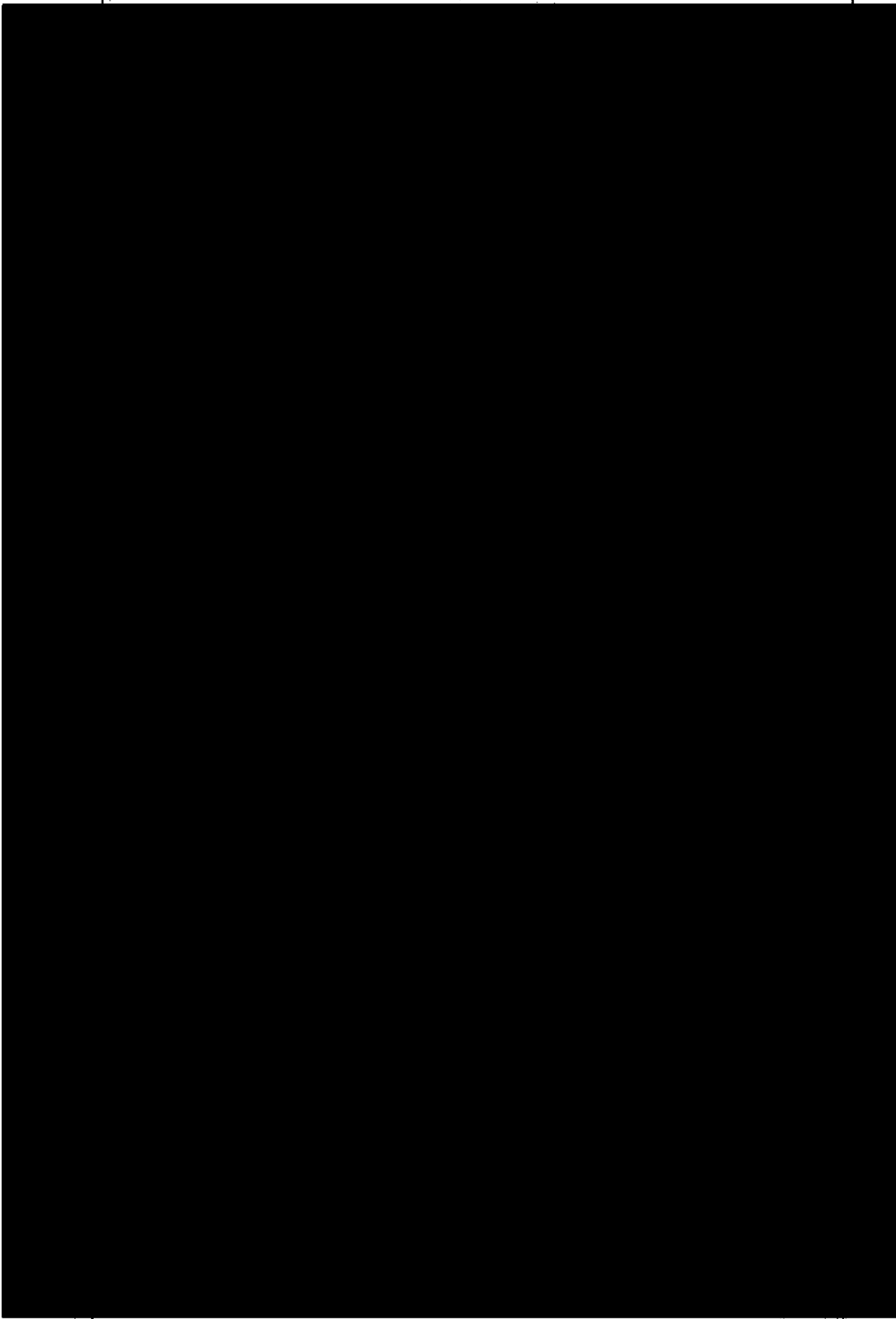
COLOMBIA



NOTARIO
DISTRITO

COTEJADO

ANEXO

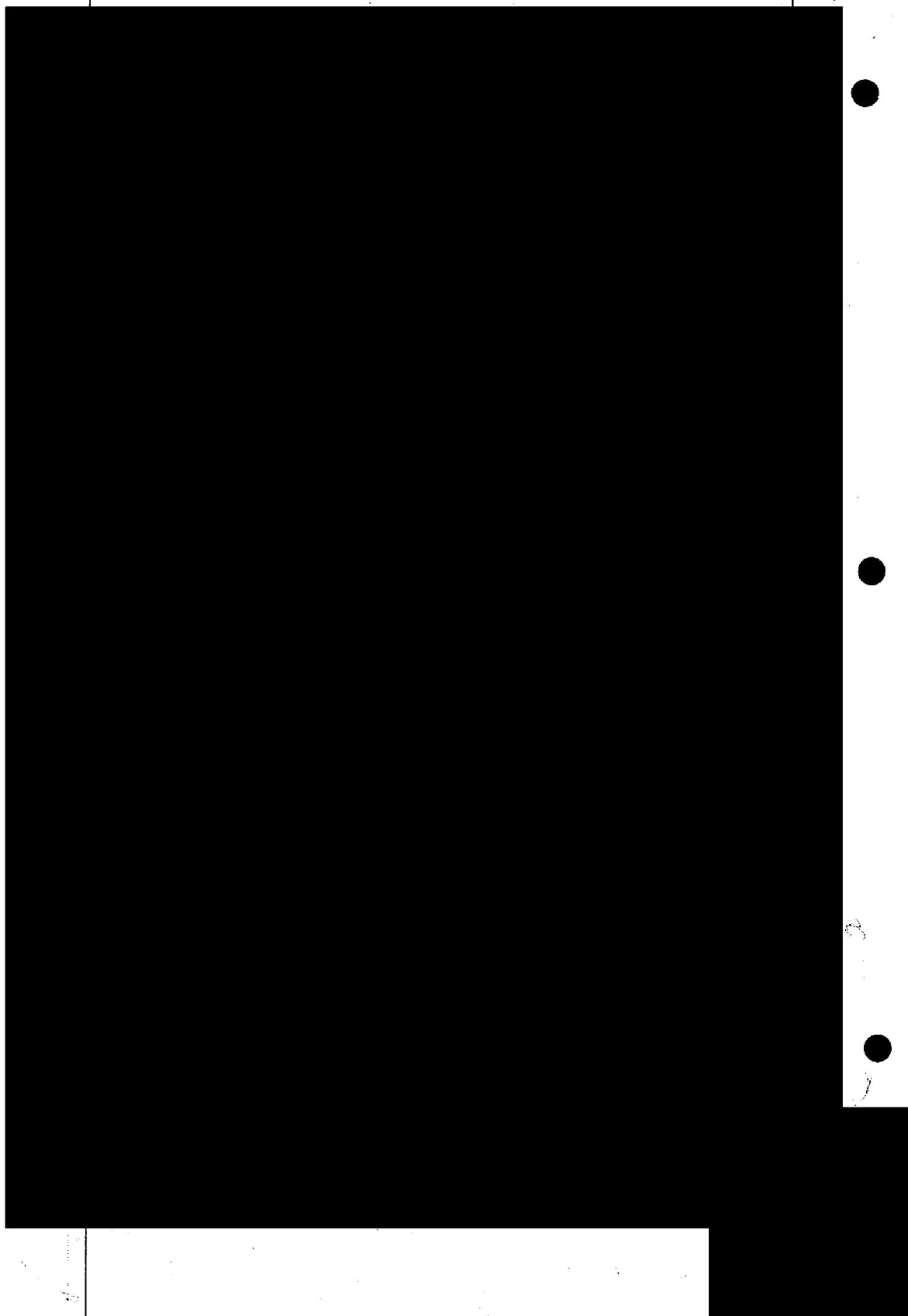


Handwritten signature or initials.



00466

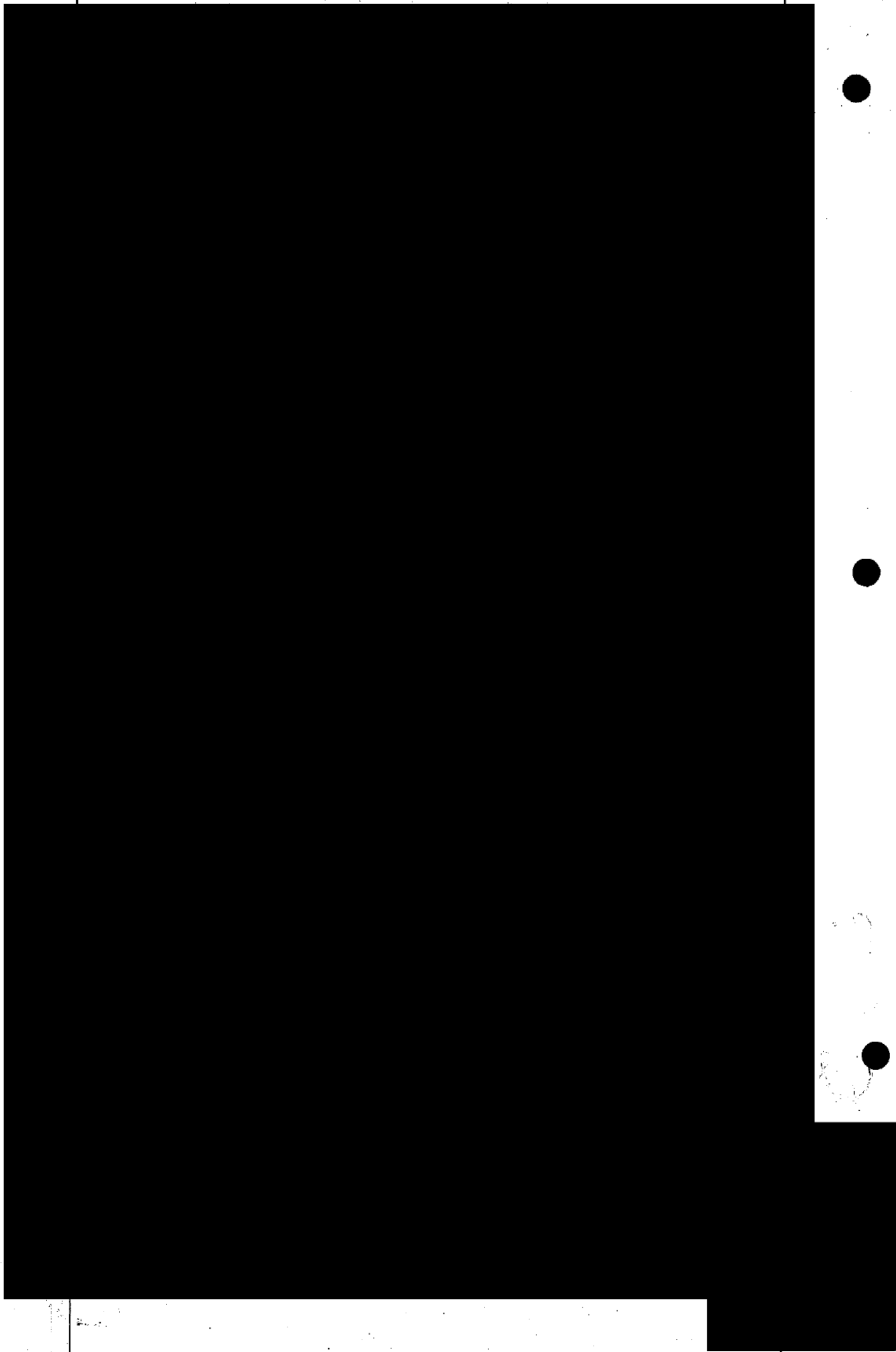
COTEJADO



00467



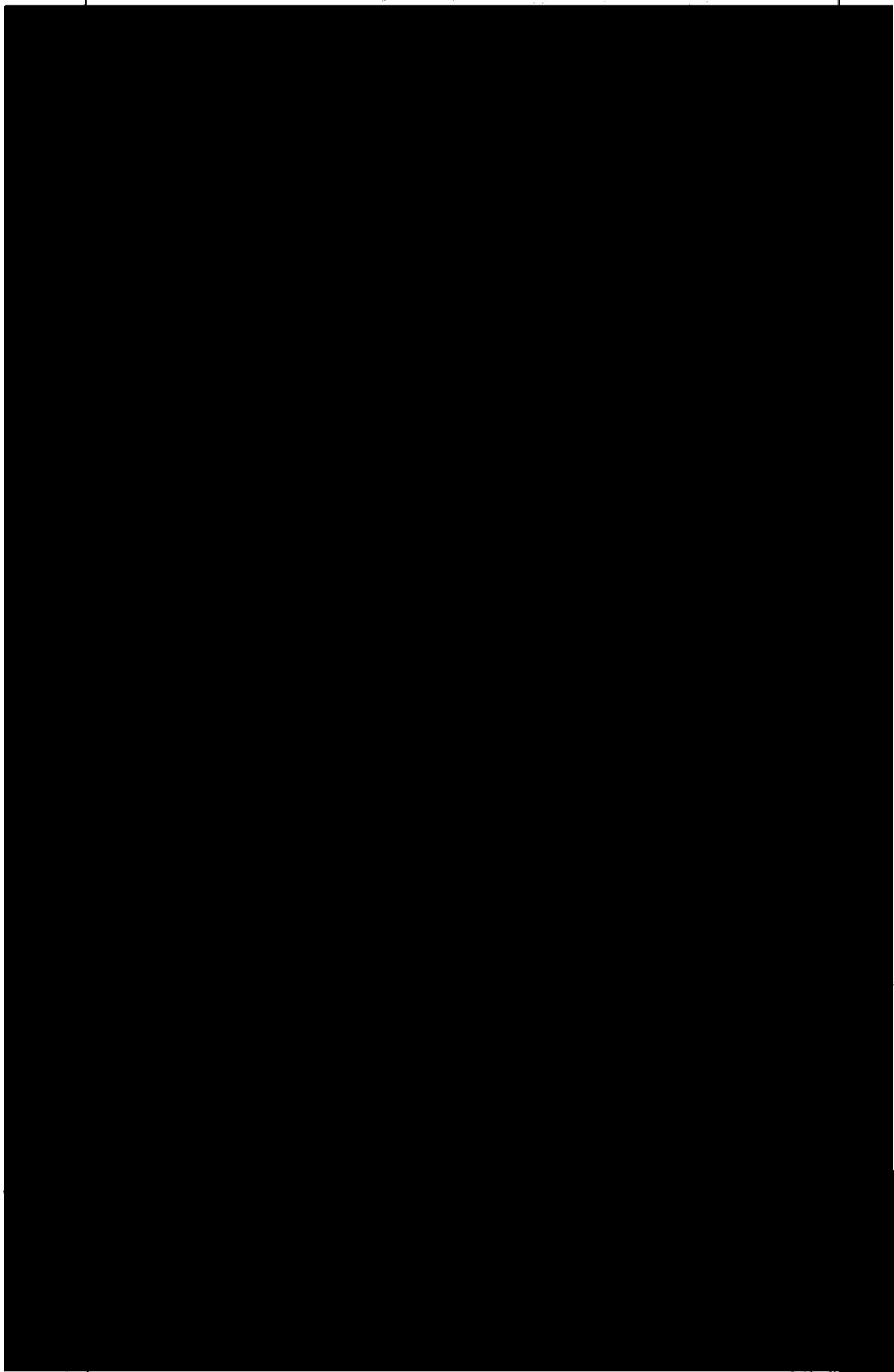
COTEJADO



00468

COTEIADO

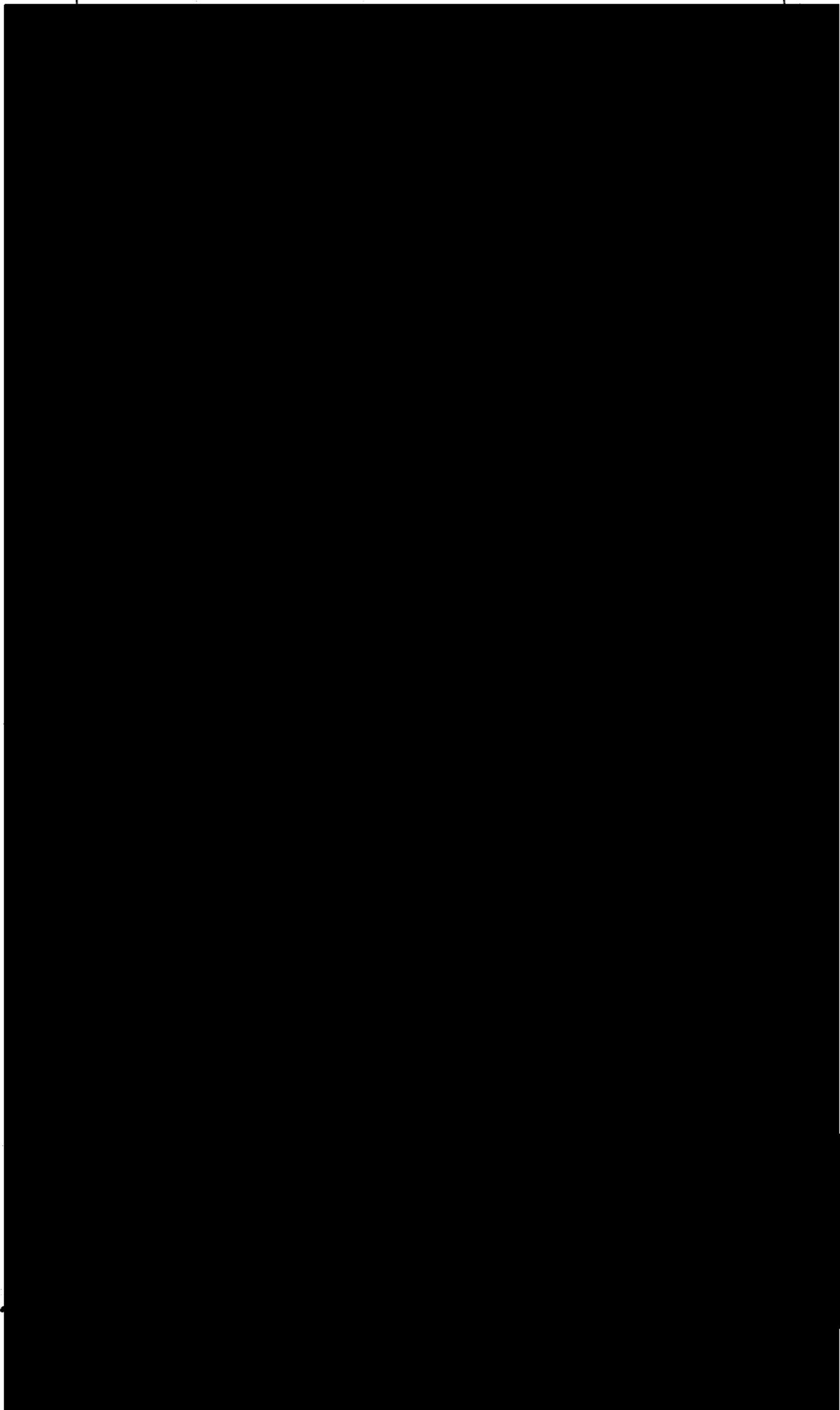
HIGH
STAR
ASTRI



WICH
STAR
DISTRICT
to be

NOTED

WICH
STAR
DISTRICT
to be



3

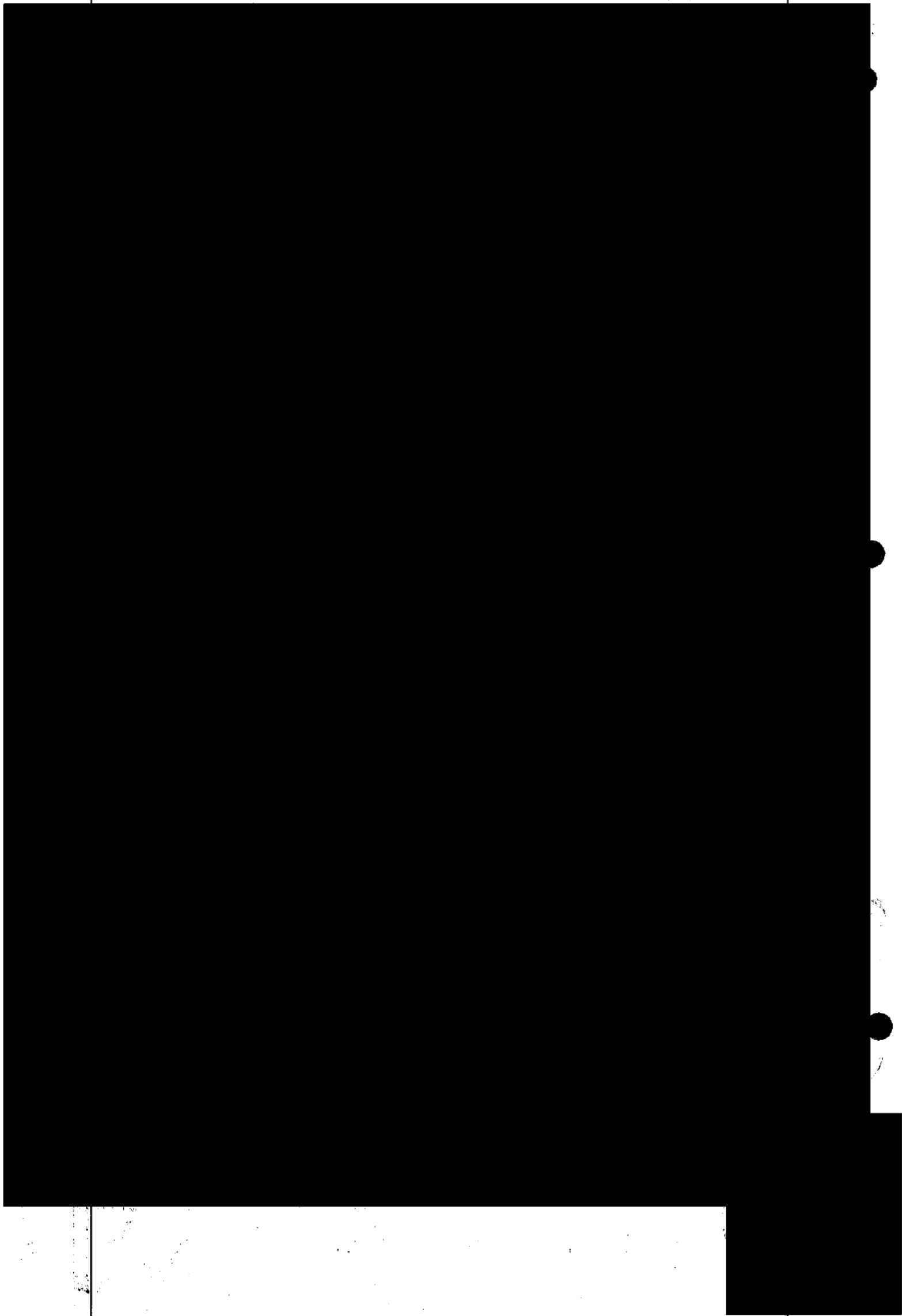


2



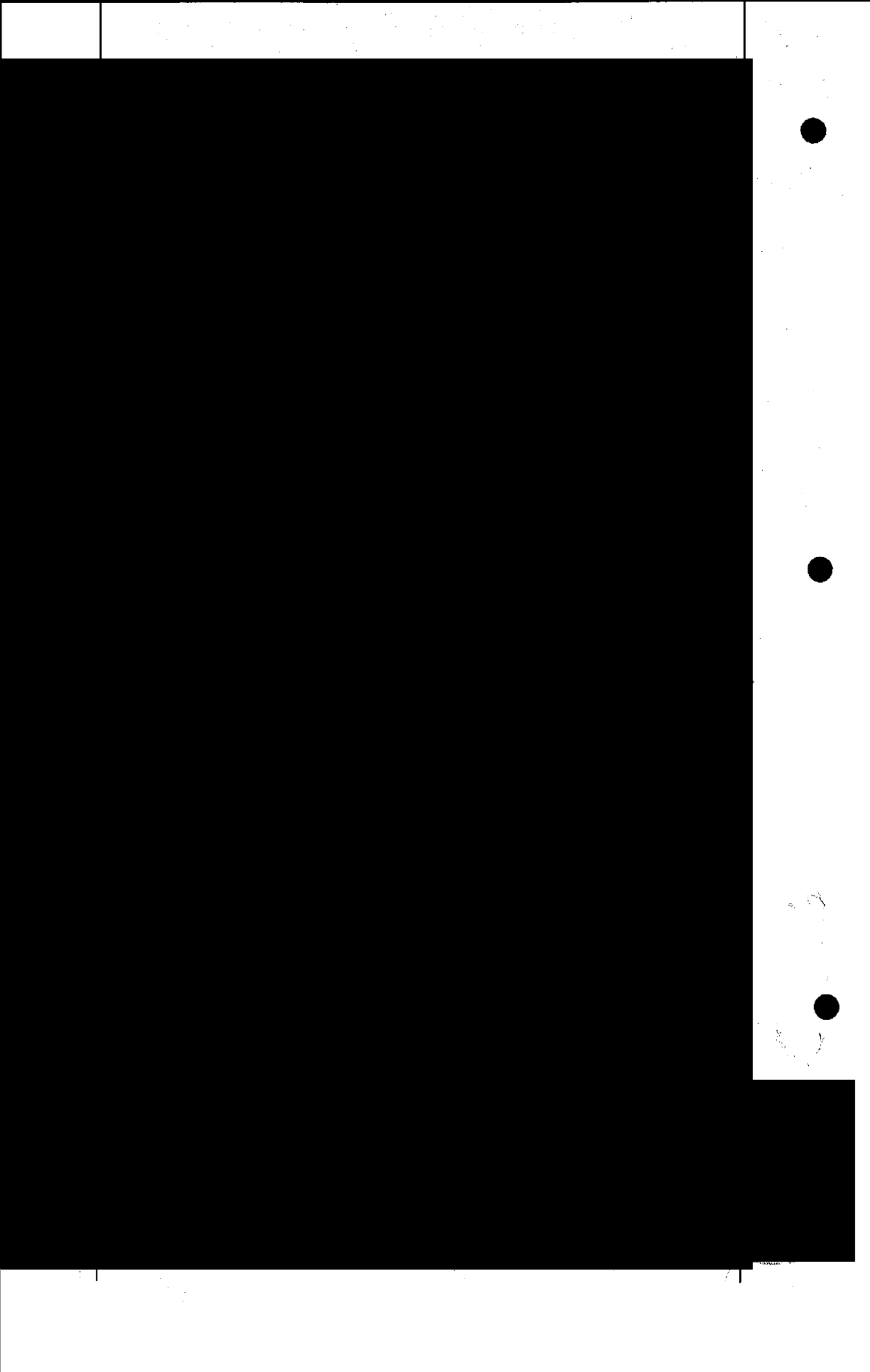
COTEJADO

COAHUILA DE L.





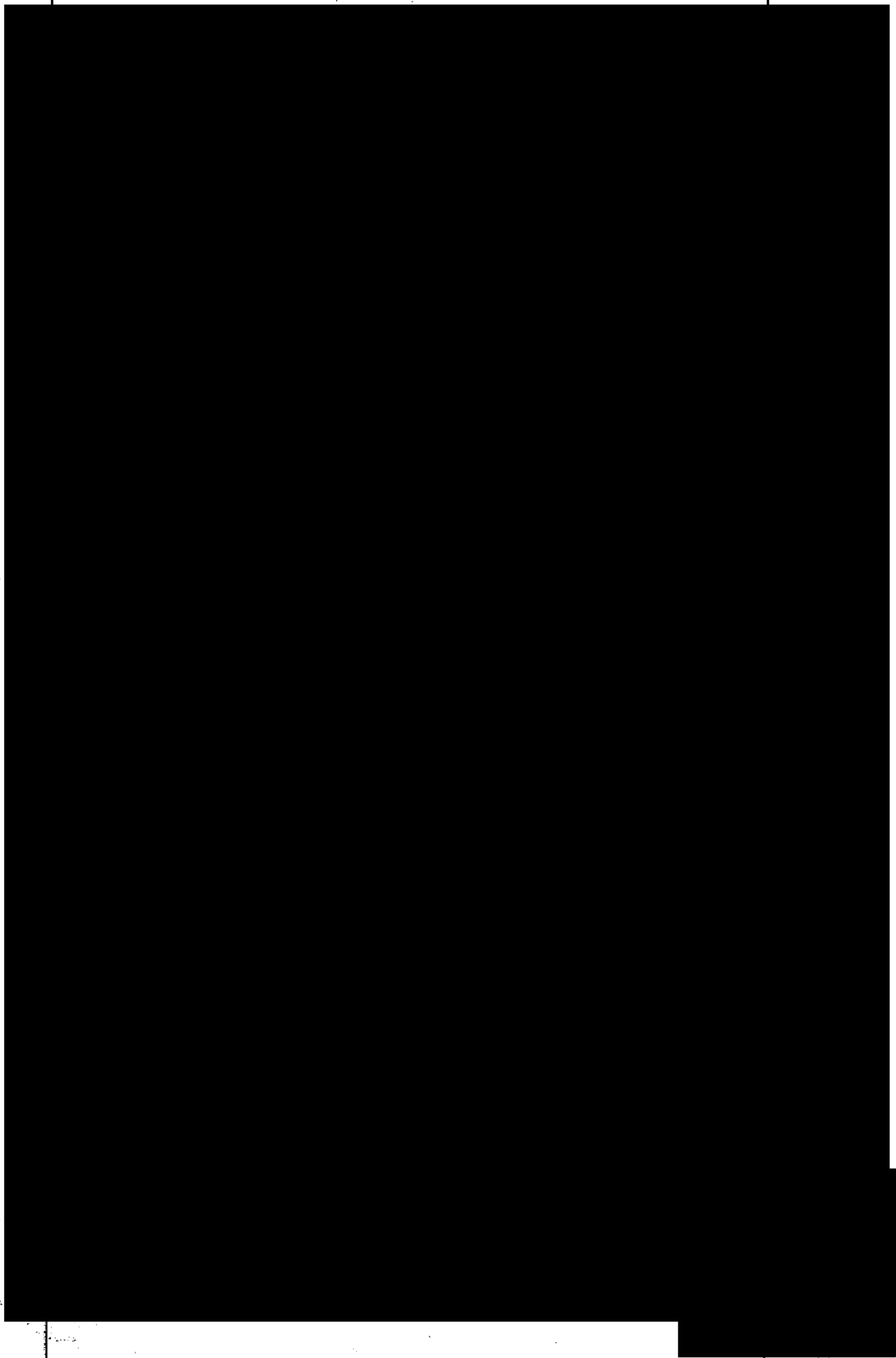
COTEJADO





COTEJADO

Handwritten signature or initials.

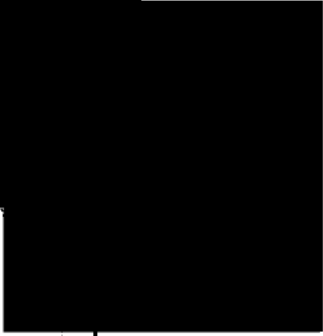
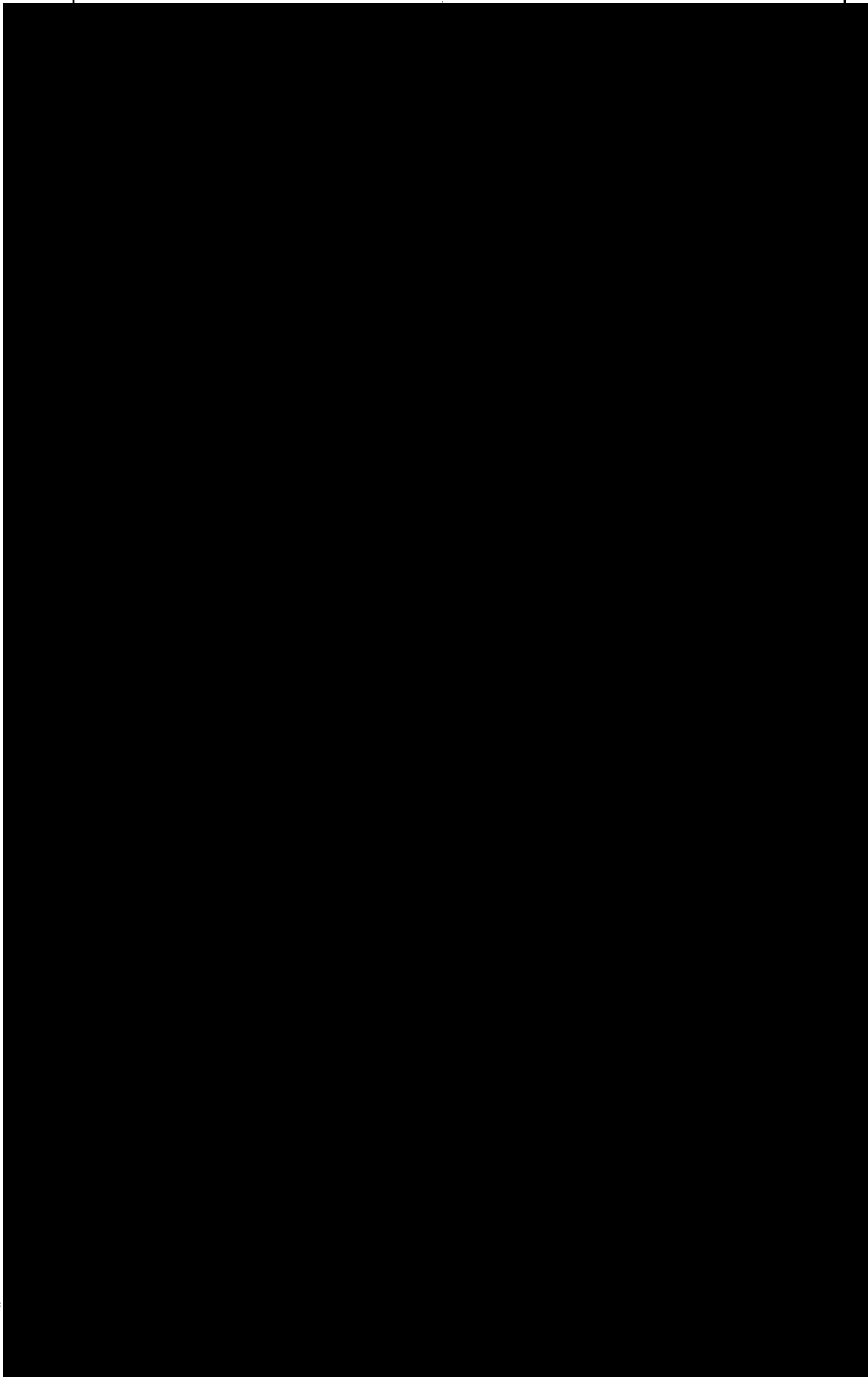


ss



COTEJADO

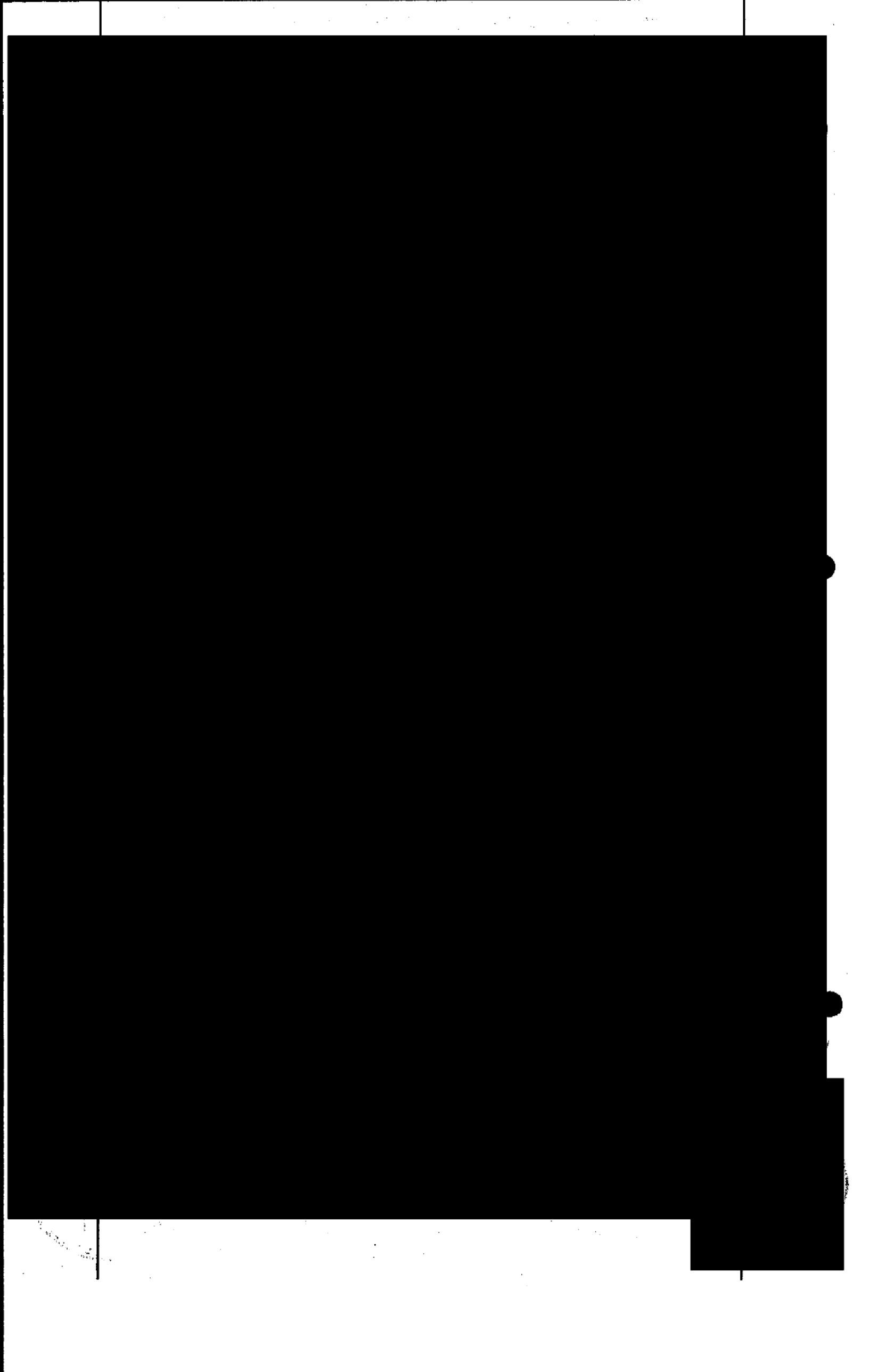
AL SEÑOR



00474

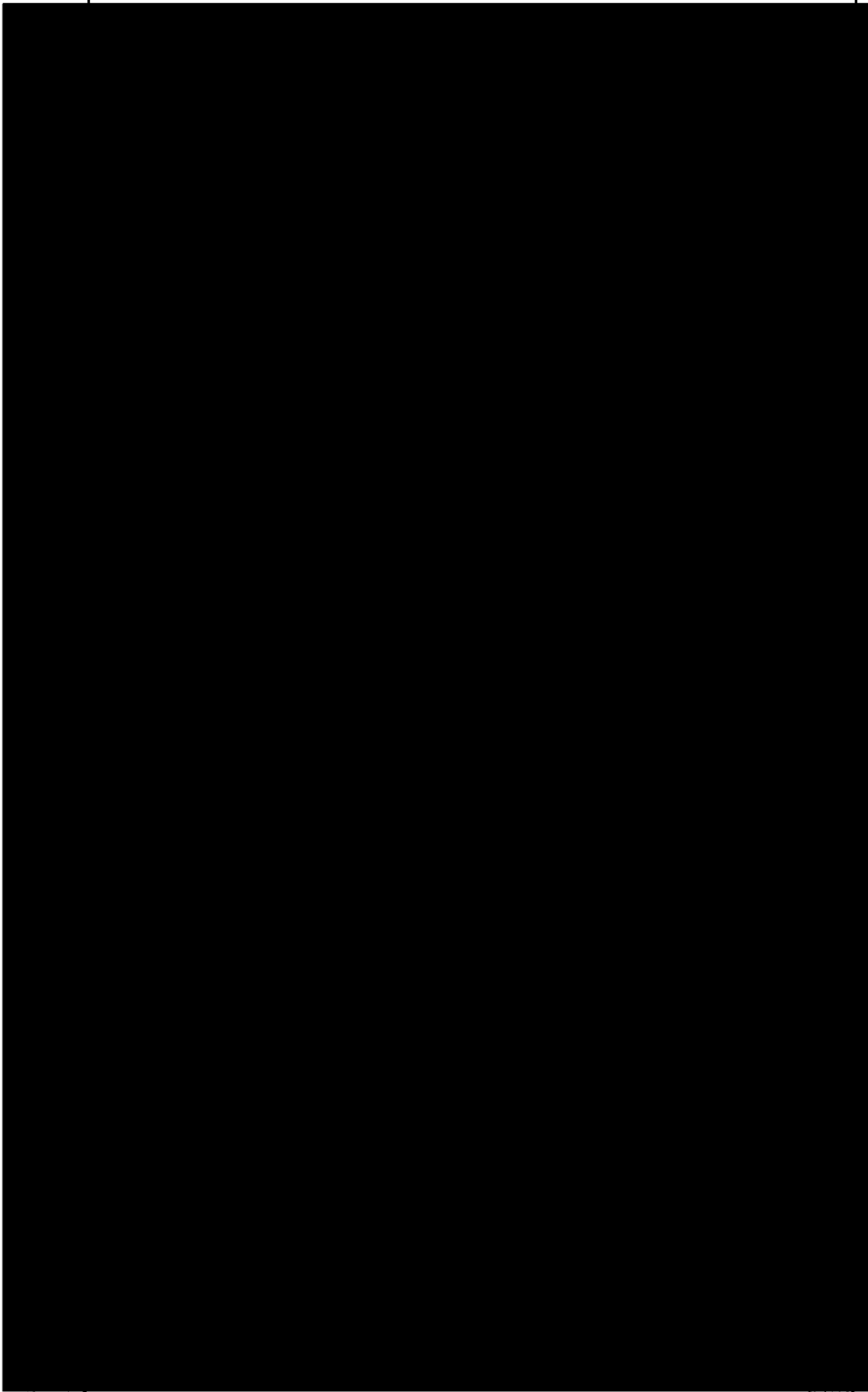


COTEJADO



00475

COTEJADO



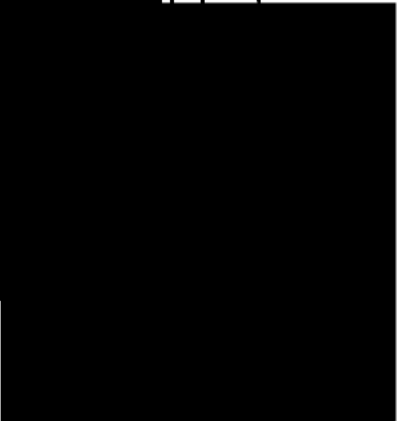
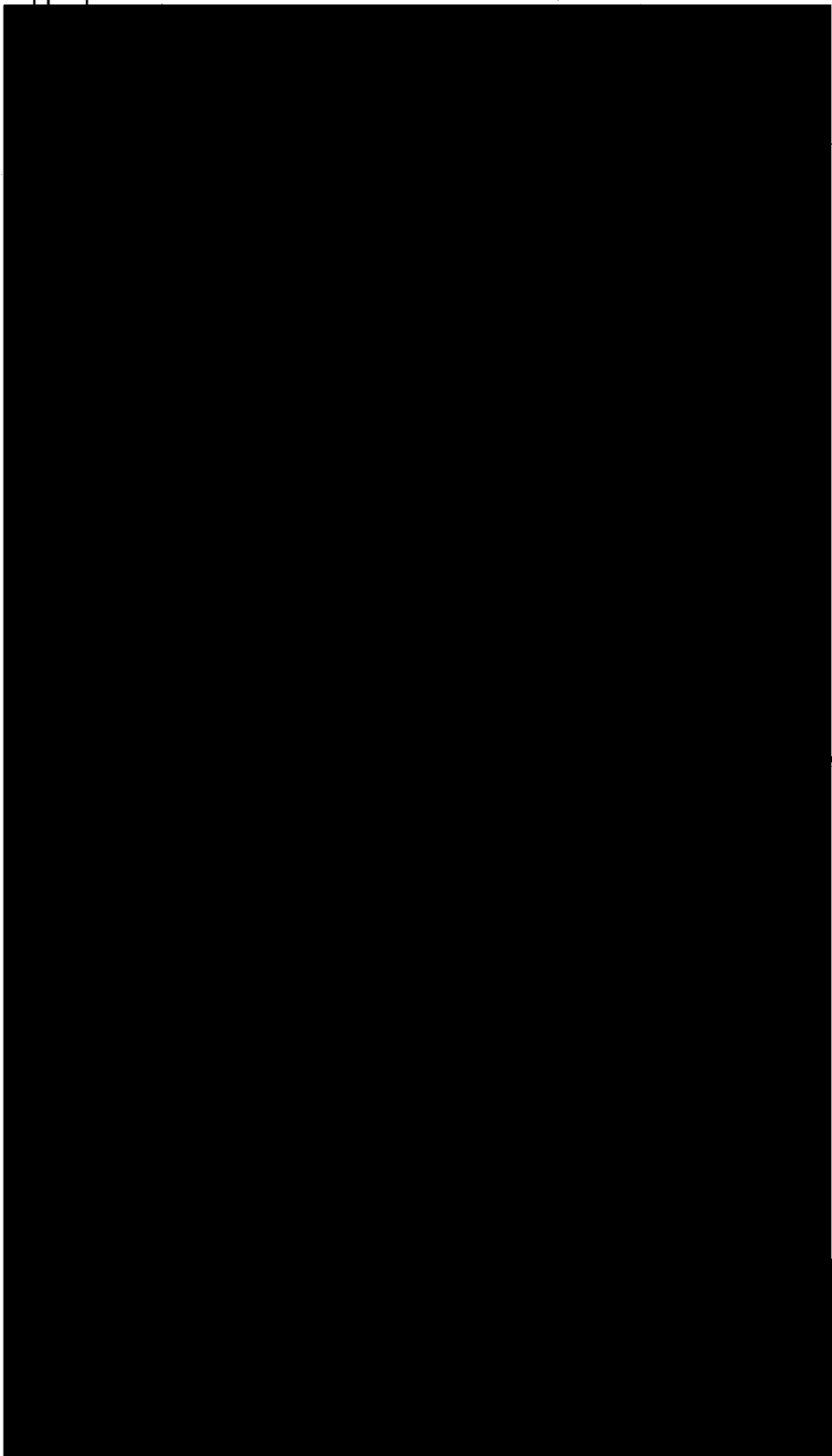
00476

WIGHO
STARIA
DISTRICT
of

COTEIADO

00477

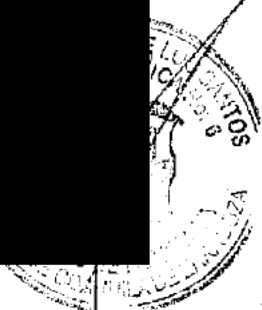
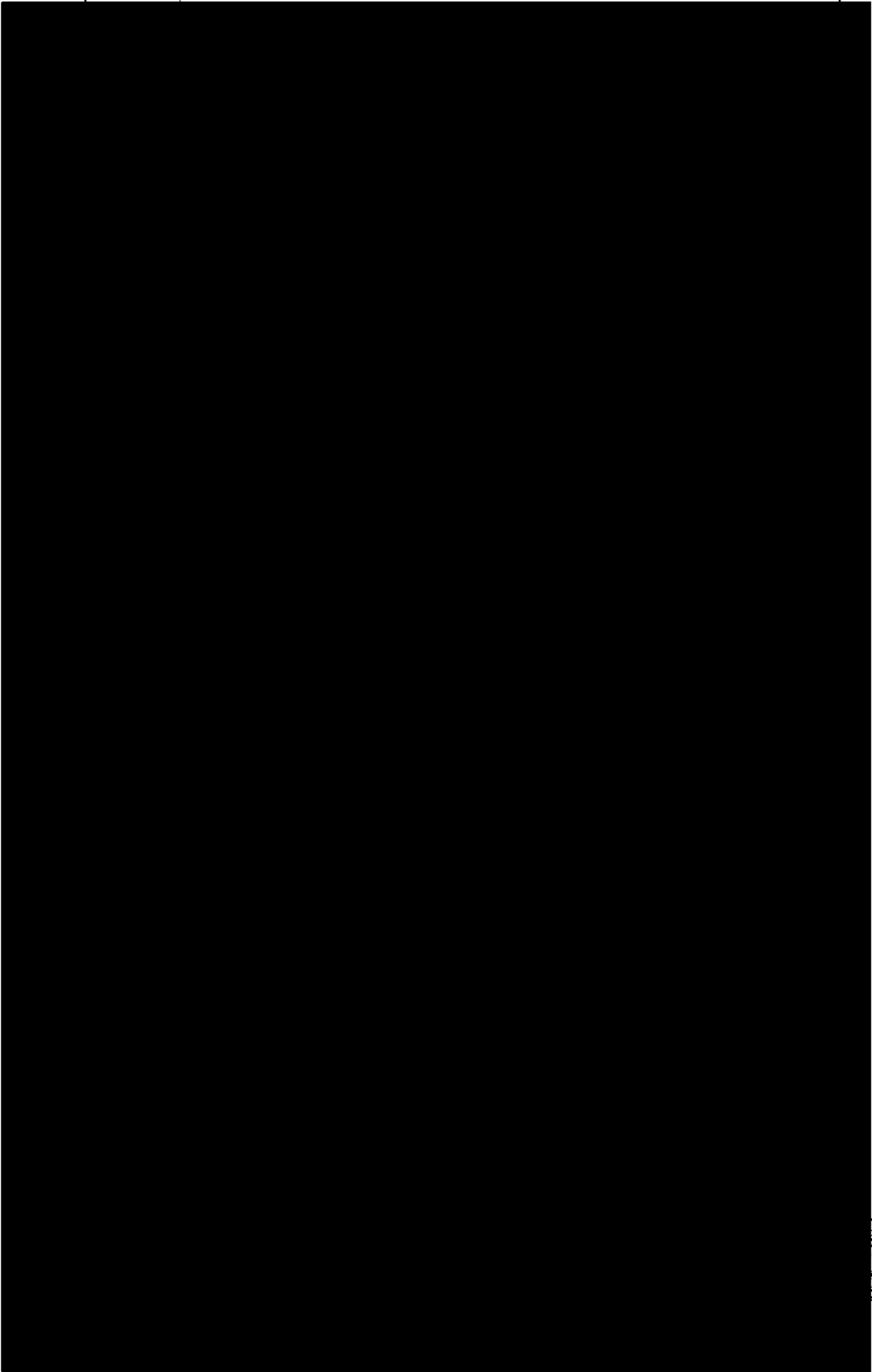
COTEJADO



00478

COTEJADO



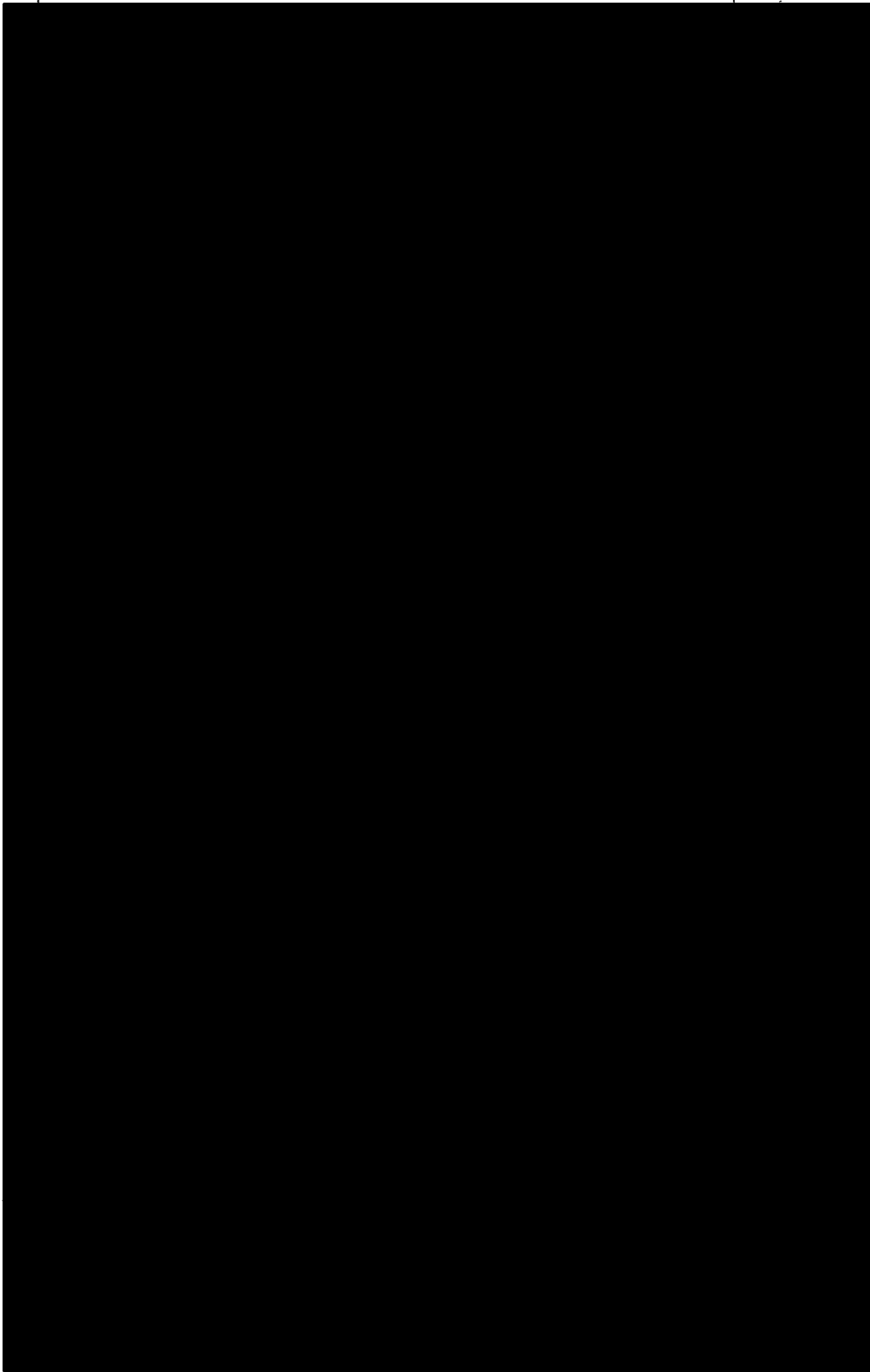


00479

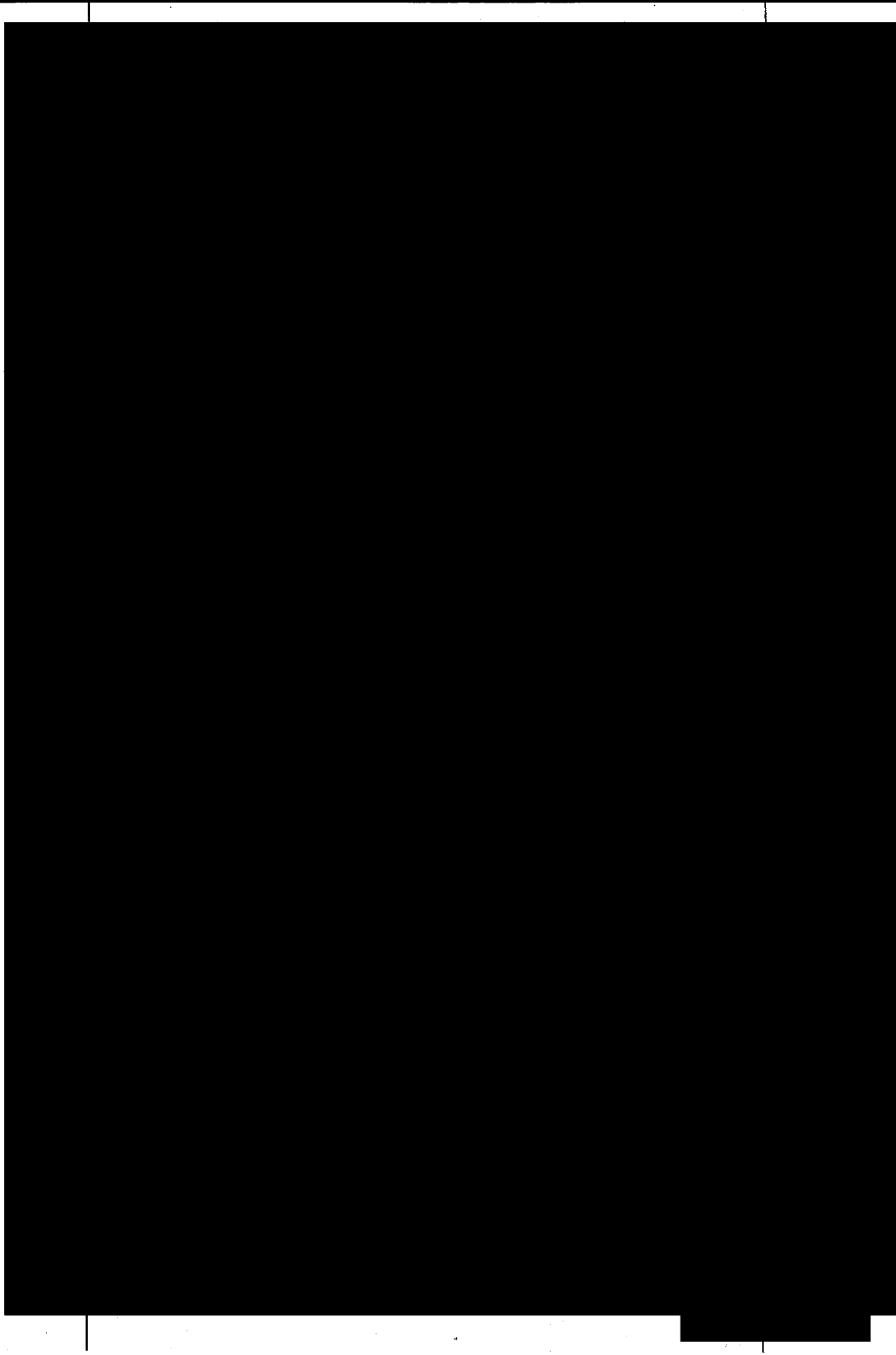
El Consejo de Administración será responsable de vigilar el cumplimiento de las

COTEJADO

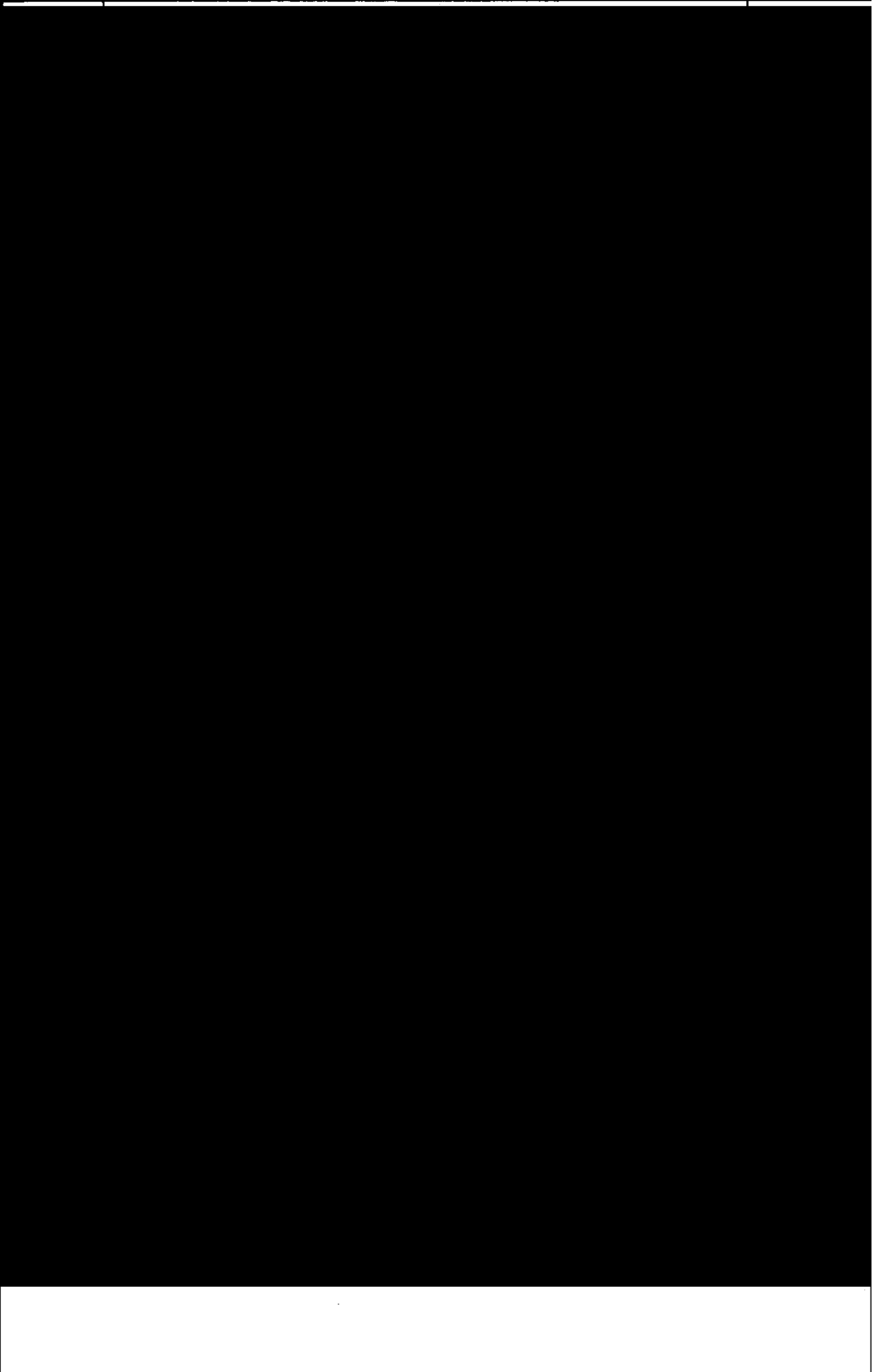


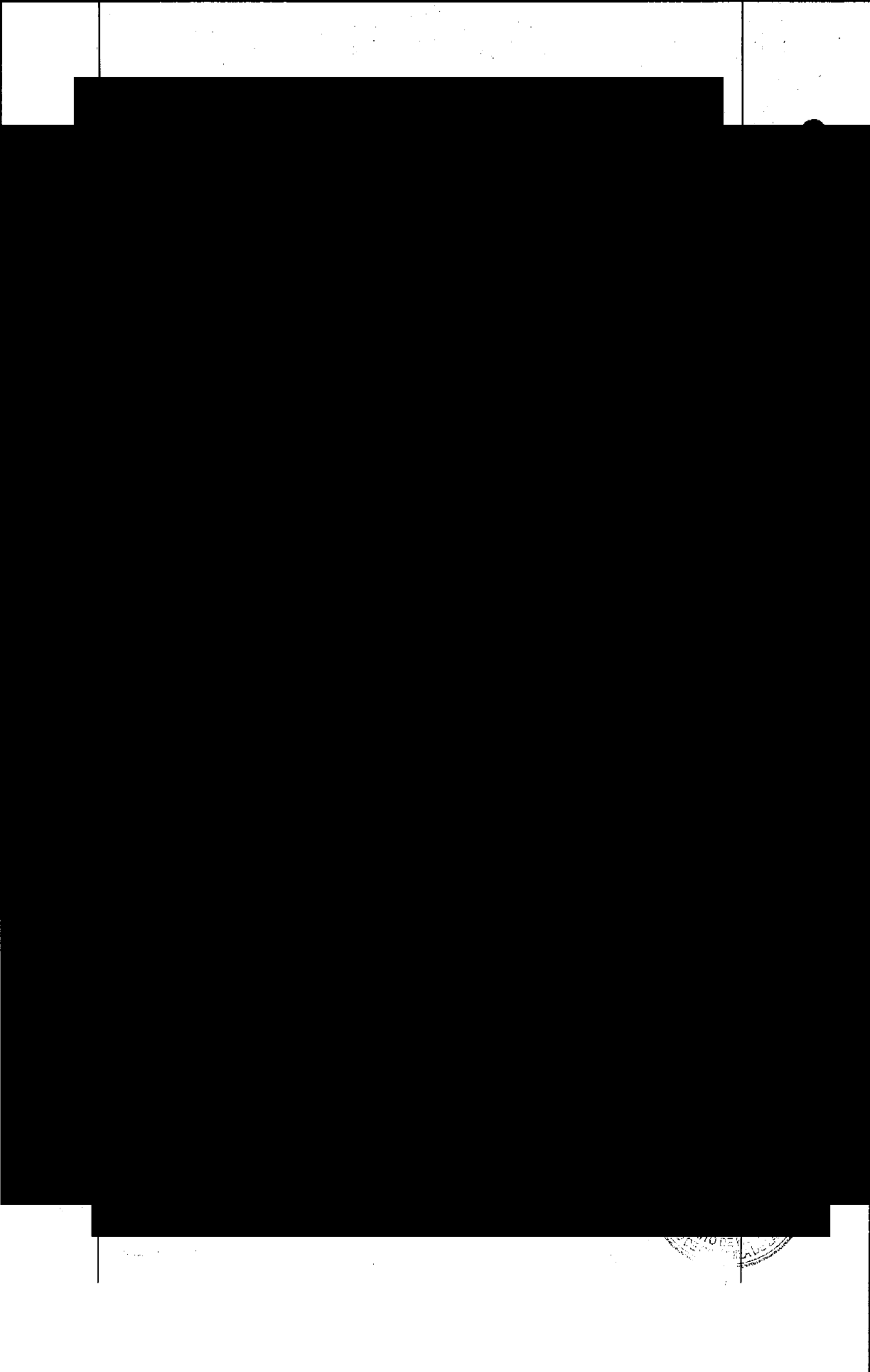


, 00481



This image shows a blank white page. There are some small, dark specks scattered across the surface, which appear to be scanning artifacts or dust particles. No text, lines, or other graphical elements are present.

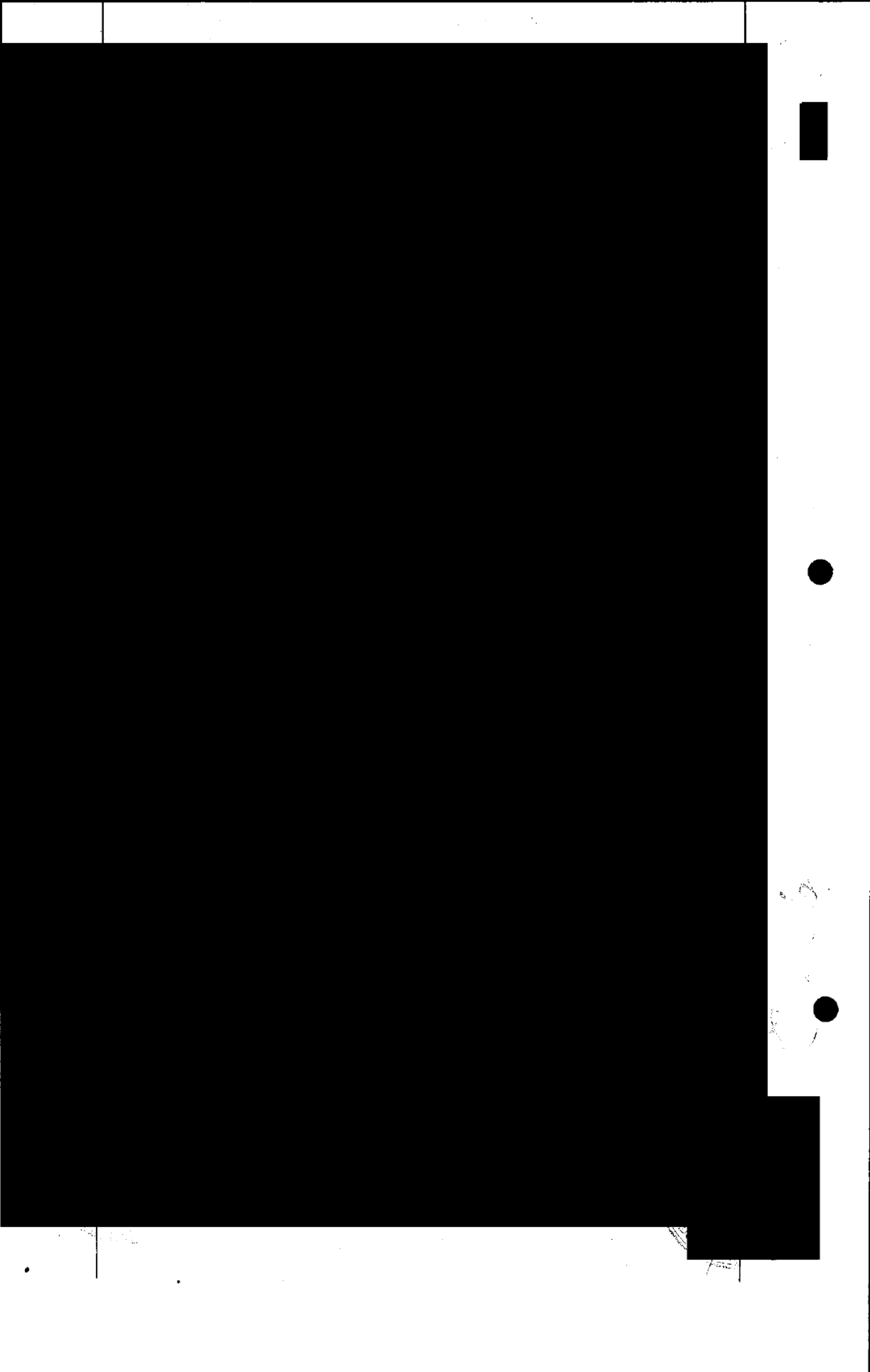




ANO
RIA
910
& Co

COTEJADO

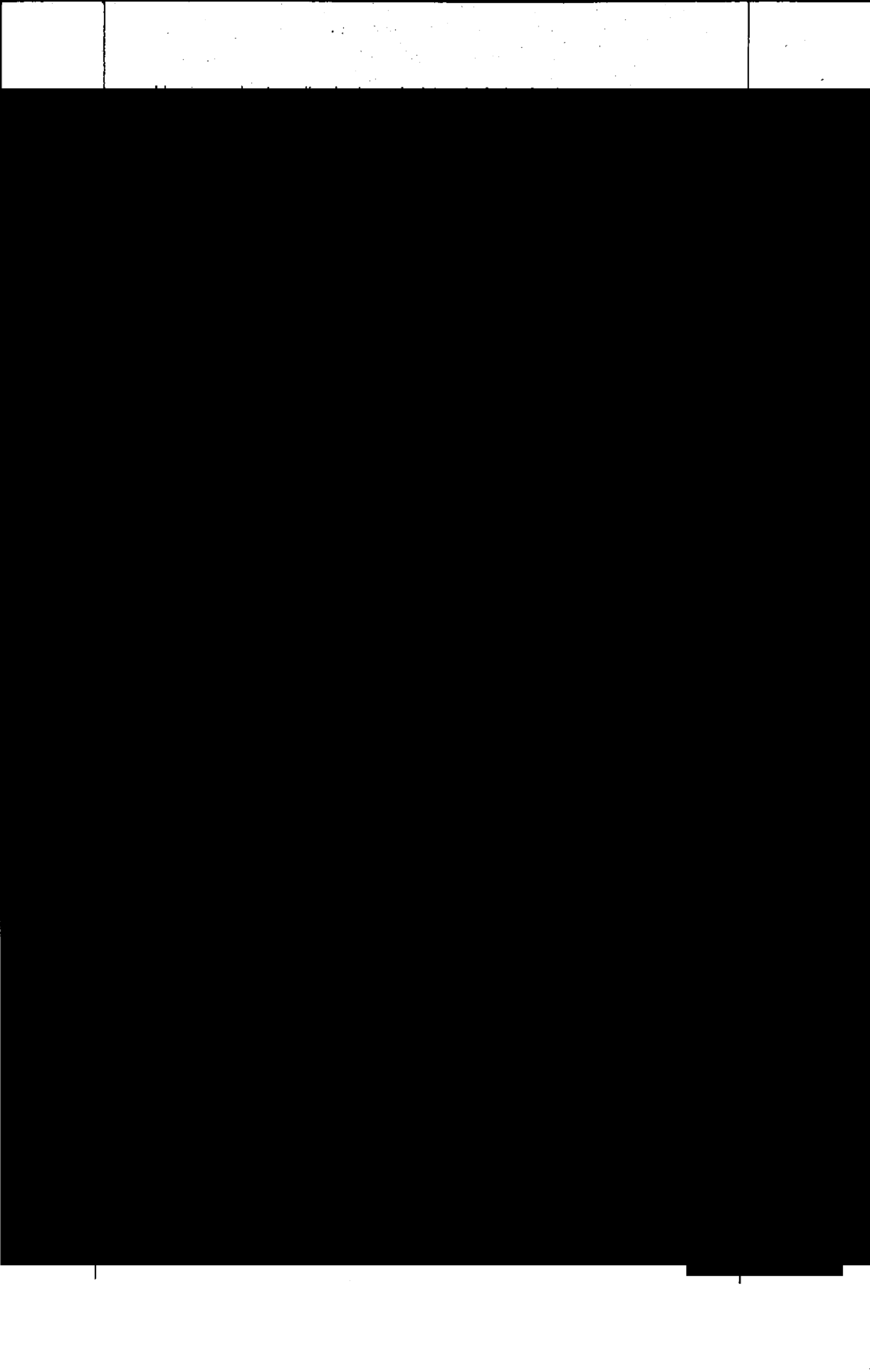
STRITO DE
DO DE COAHU



NOTELADO

[illegible]

NO G
RIA P
TRITO
de Co



00488



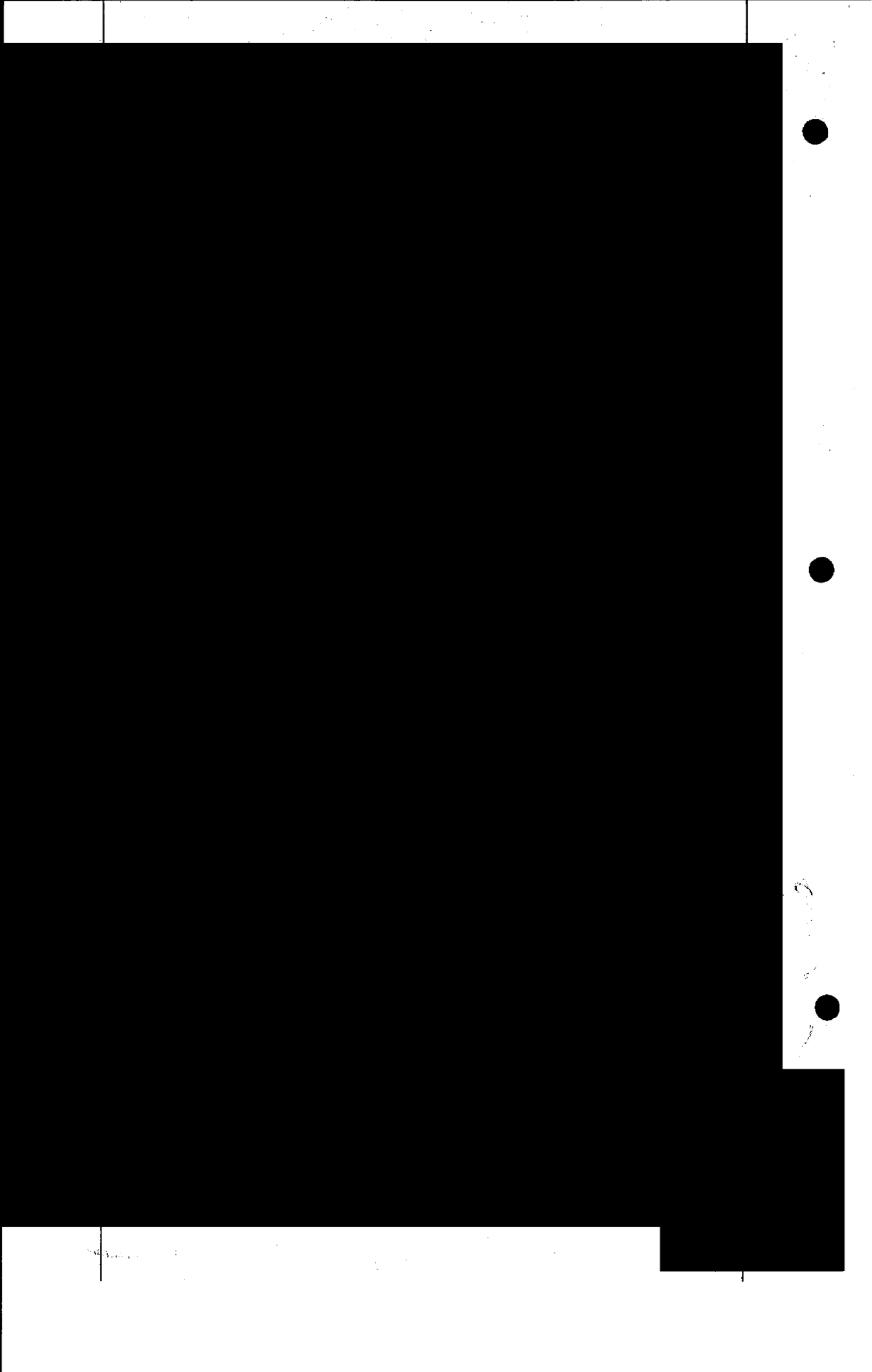
COOTEJADO



01571
98
//
AUTAR
-NIG

● COTEJADO



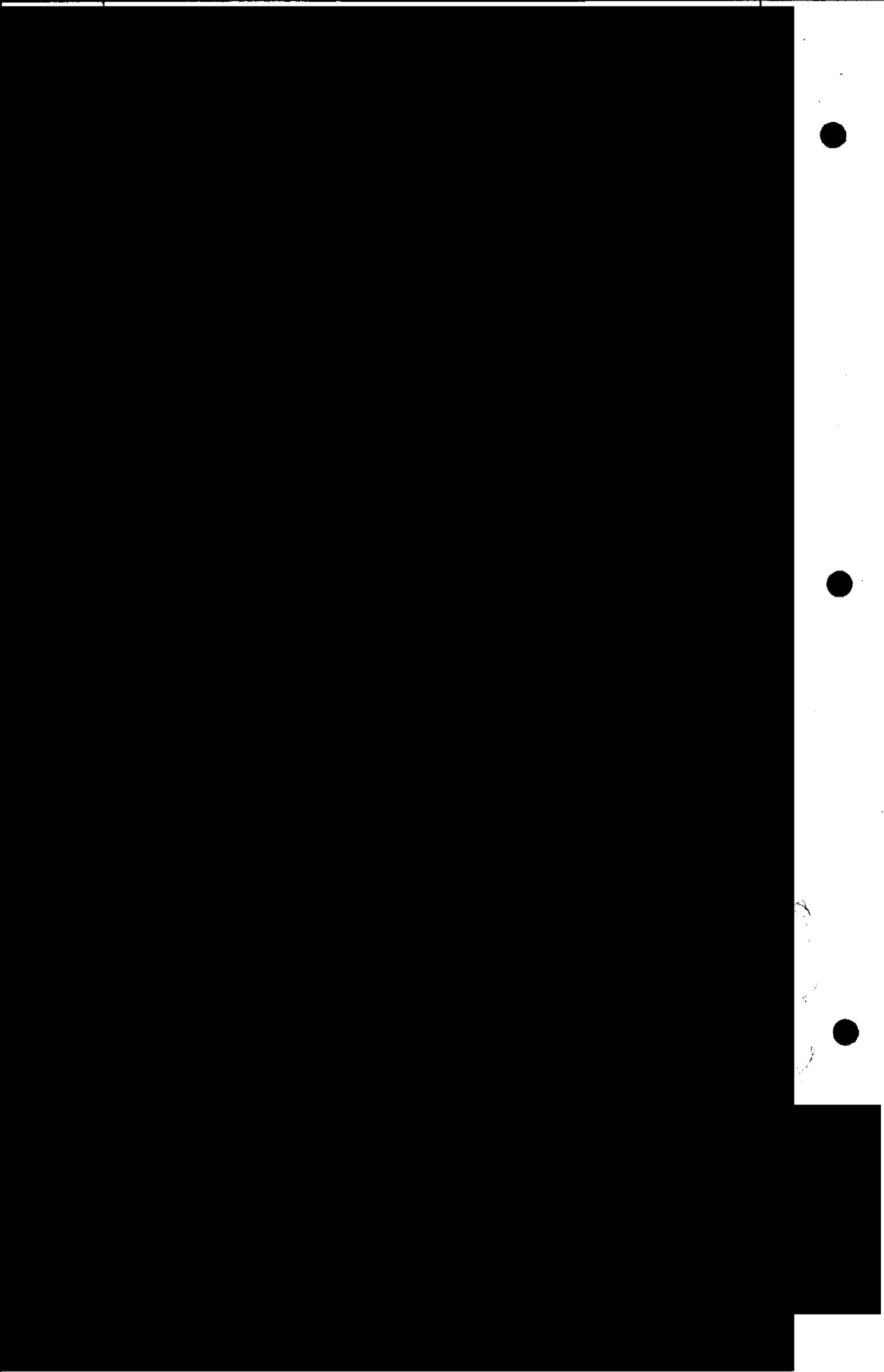


00490

BENIGN
NOTARY

DISTRICT
OF COLUMBIA

NOTELADO



00491

NOTARY
DISTRICT

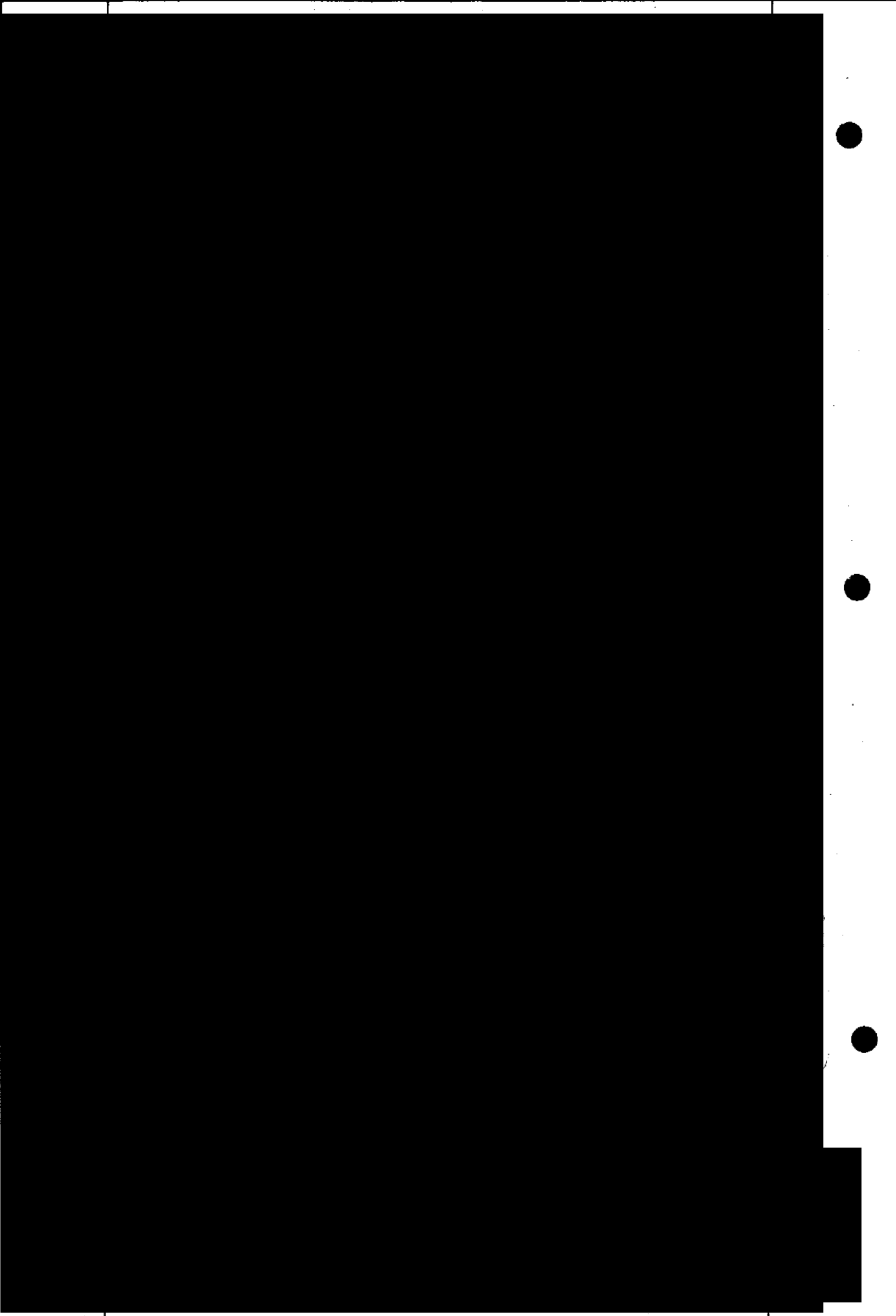
NOTELADO



● COTEJADO

00493

● COTEJADO

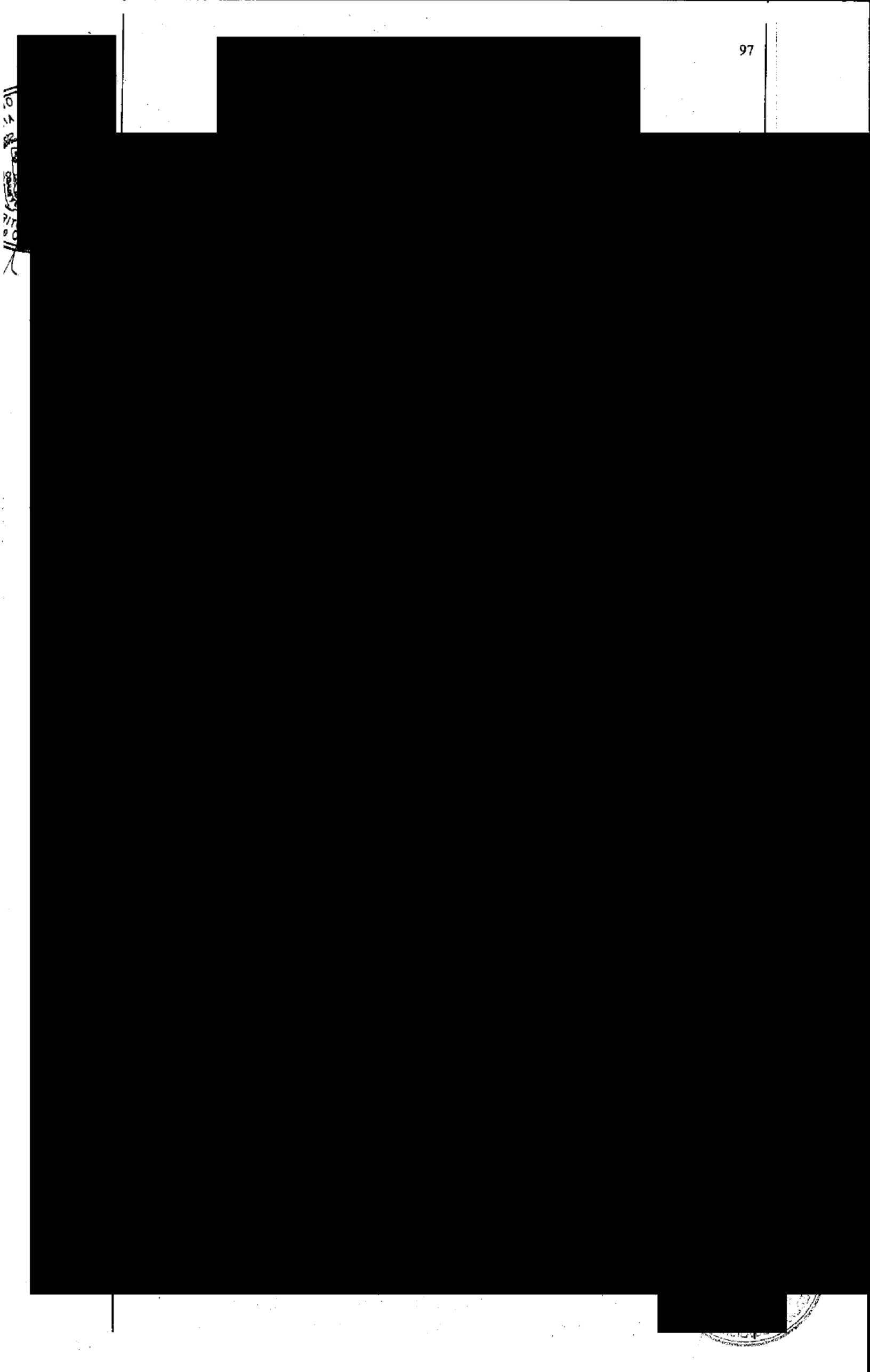


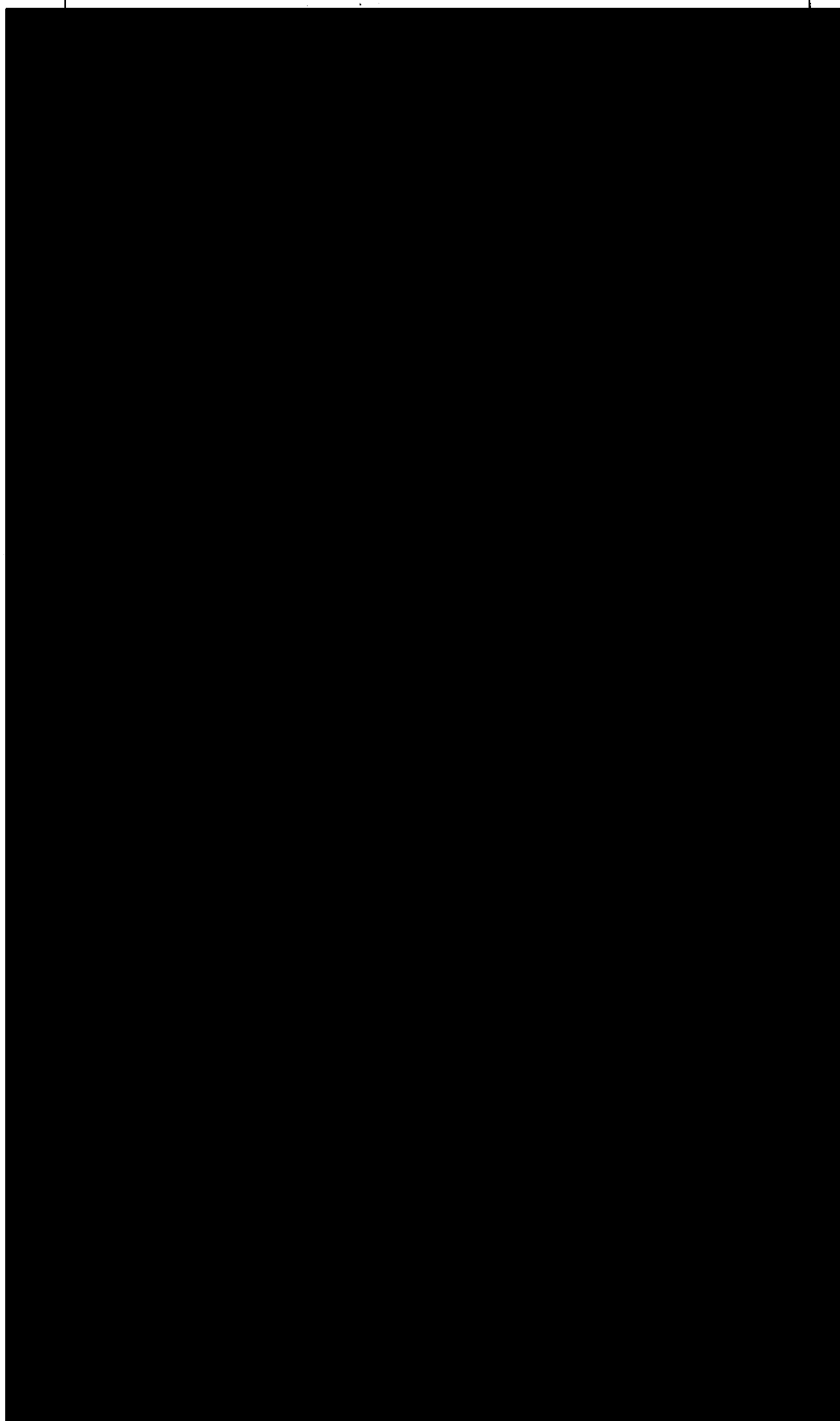
00494

COTTE LADO



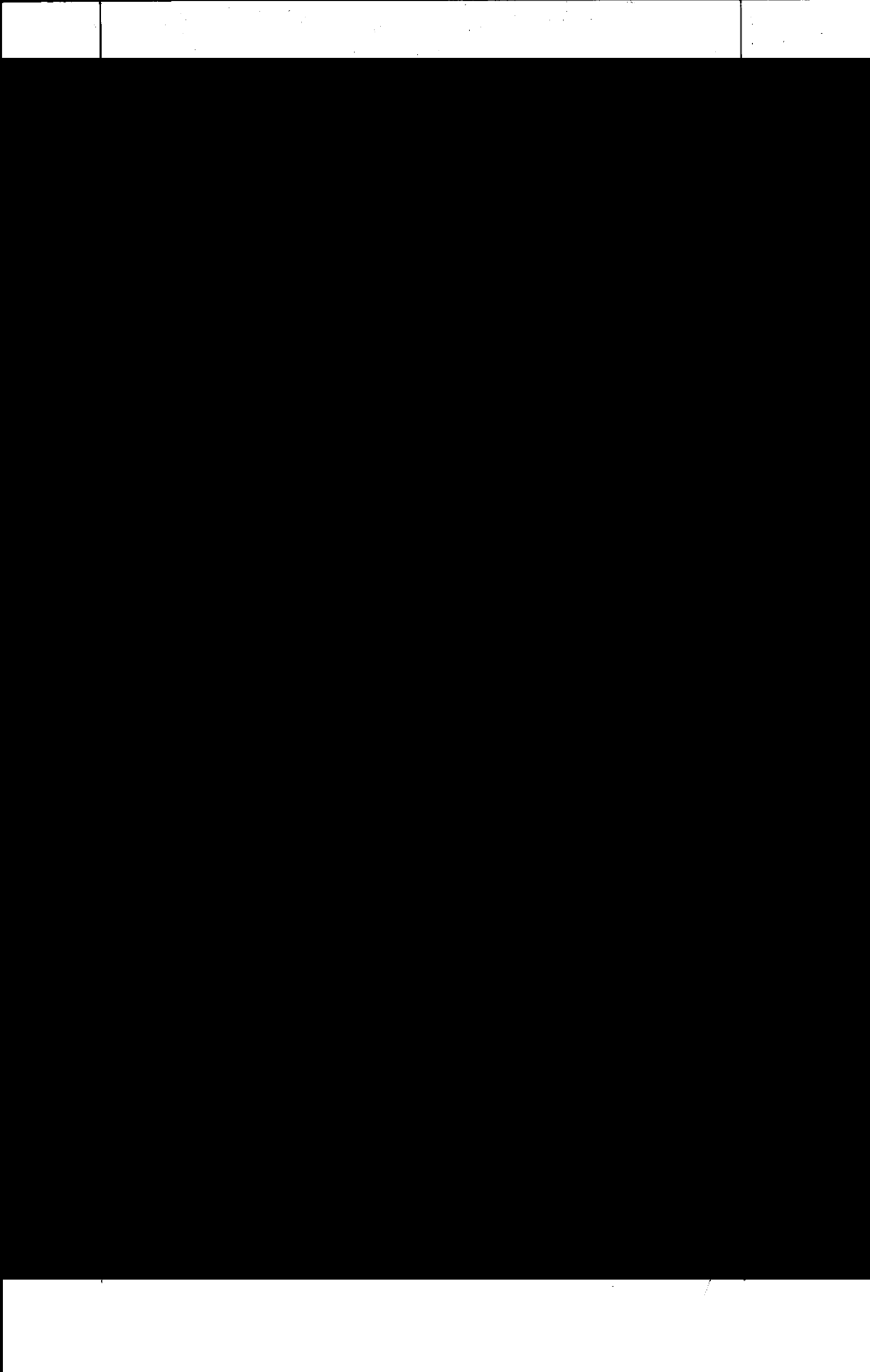
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100





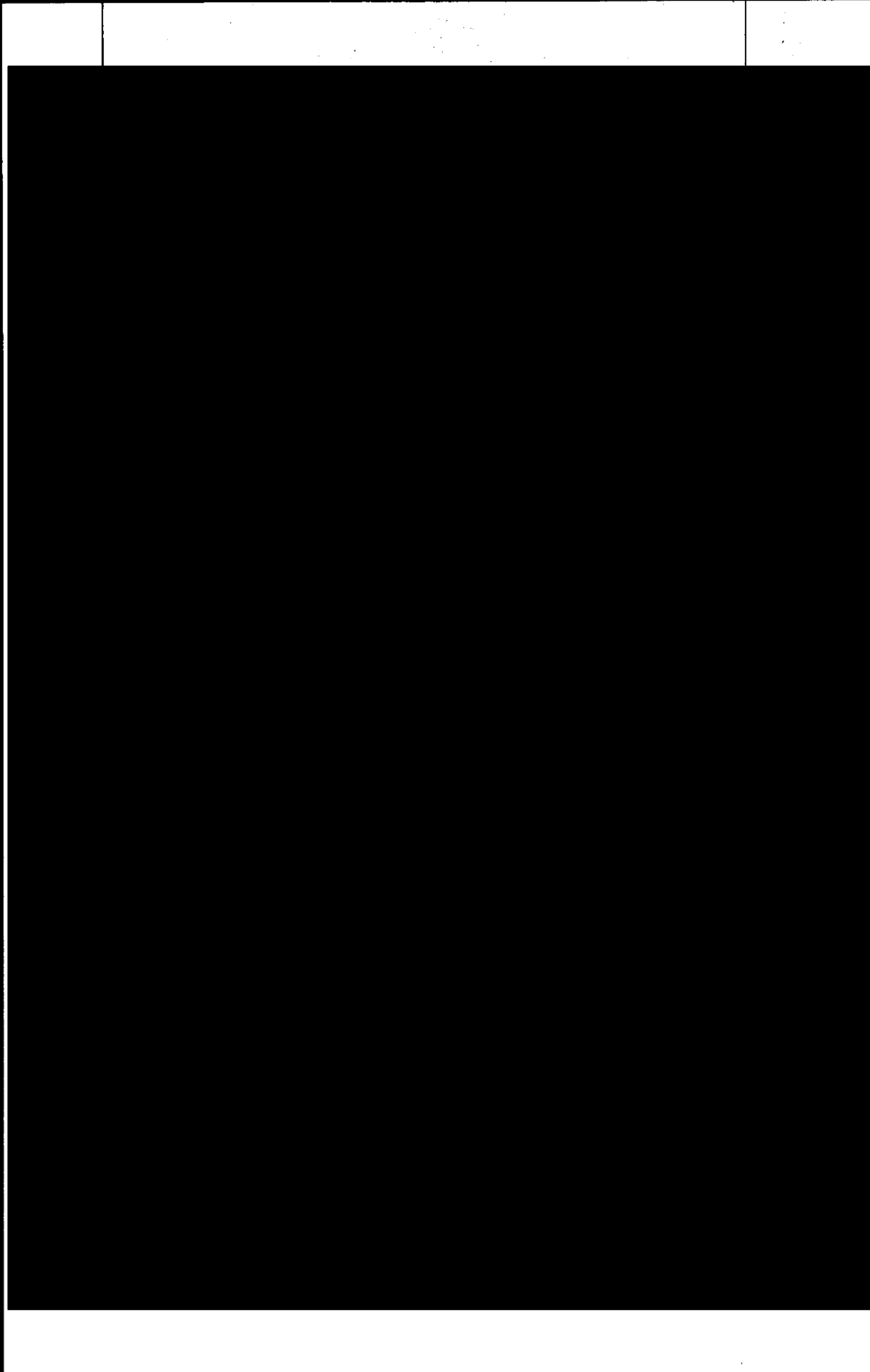
00496

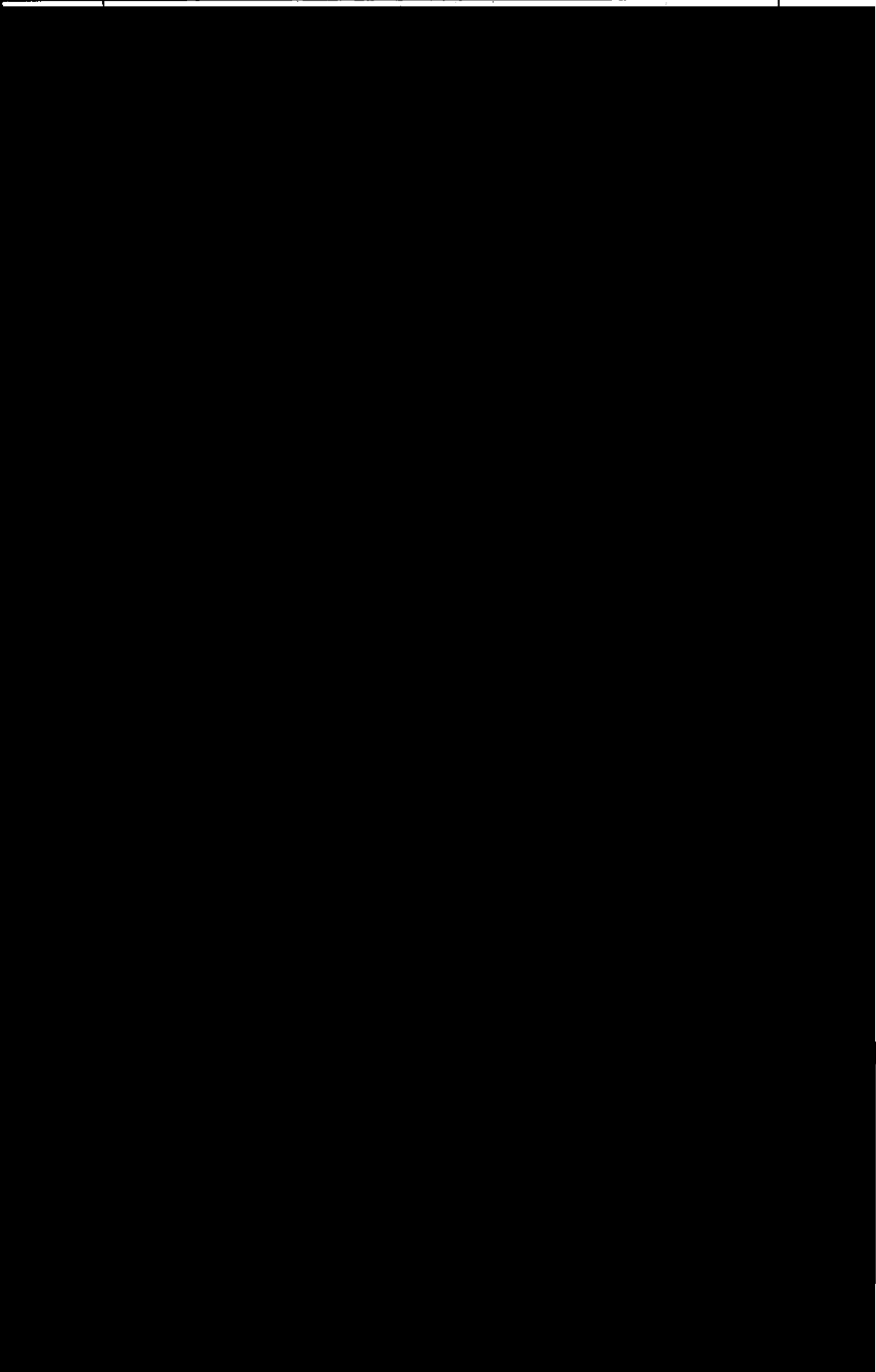
COTEJADO

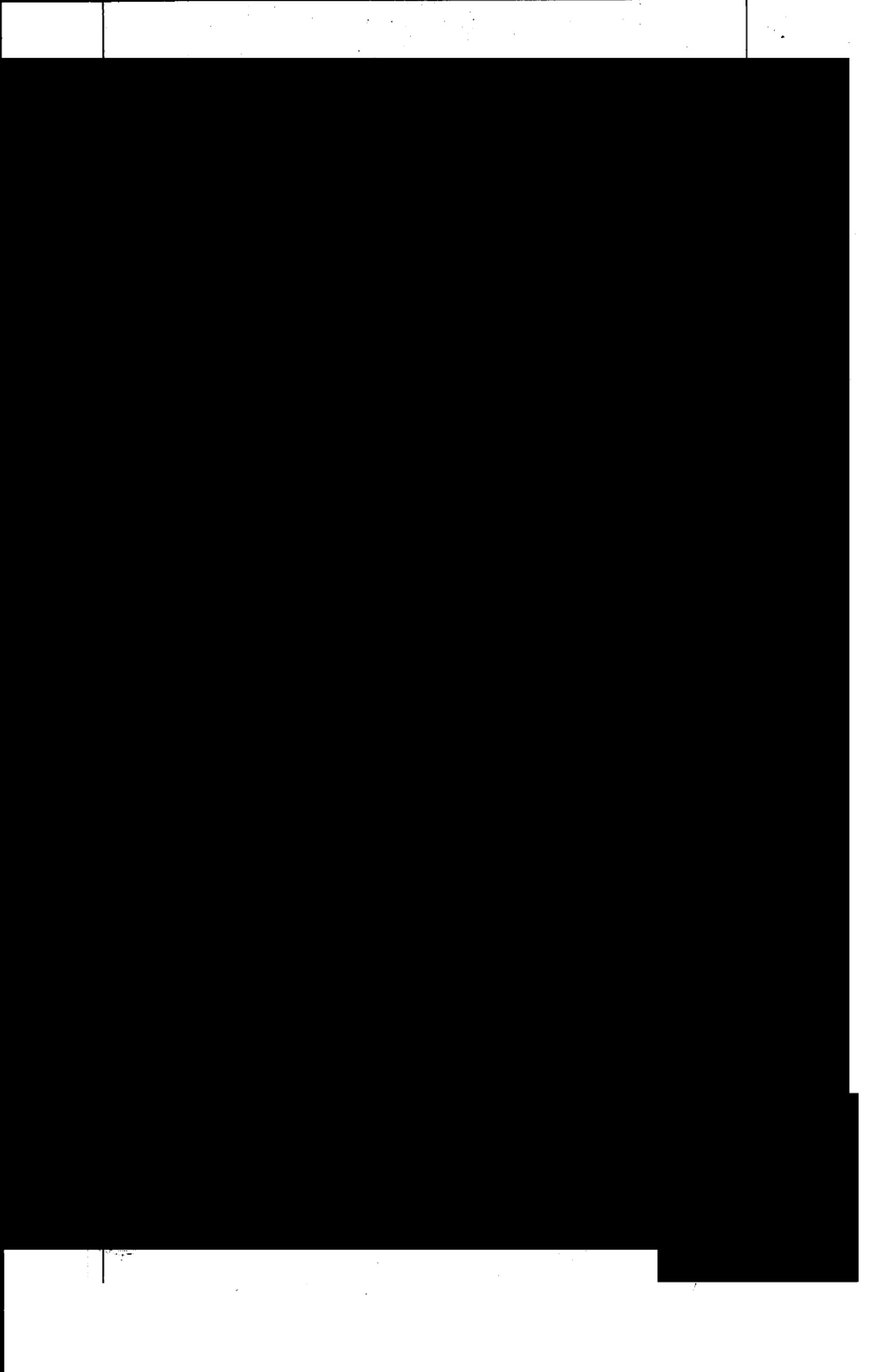


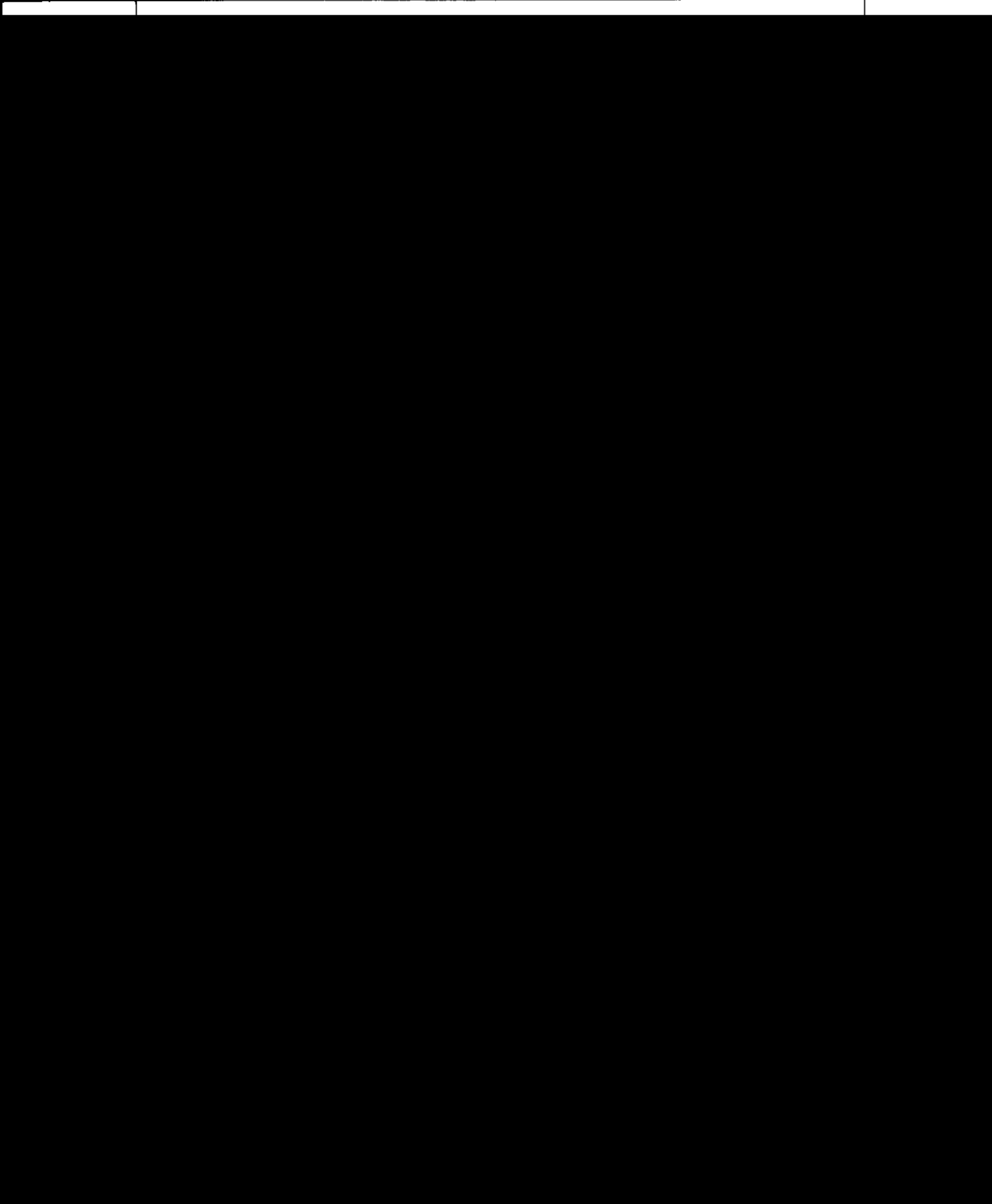
00407

COTEJADO









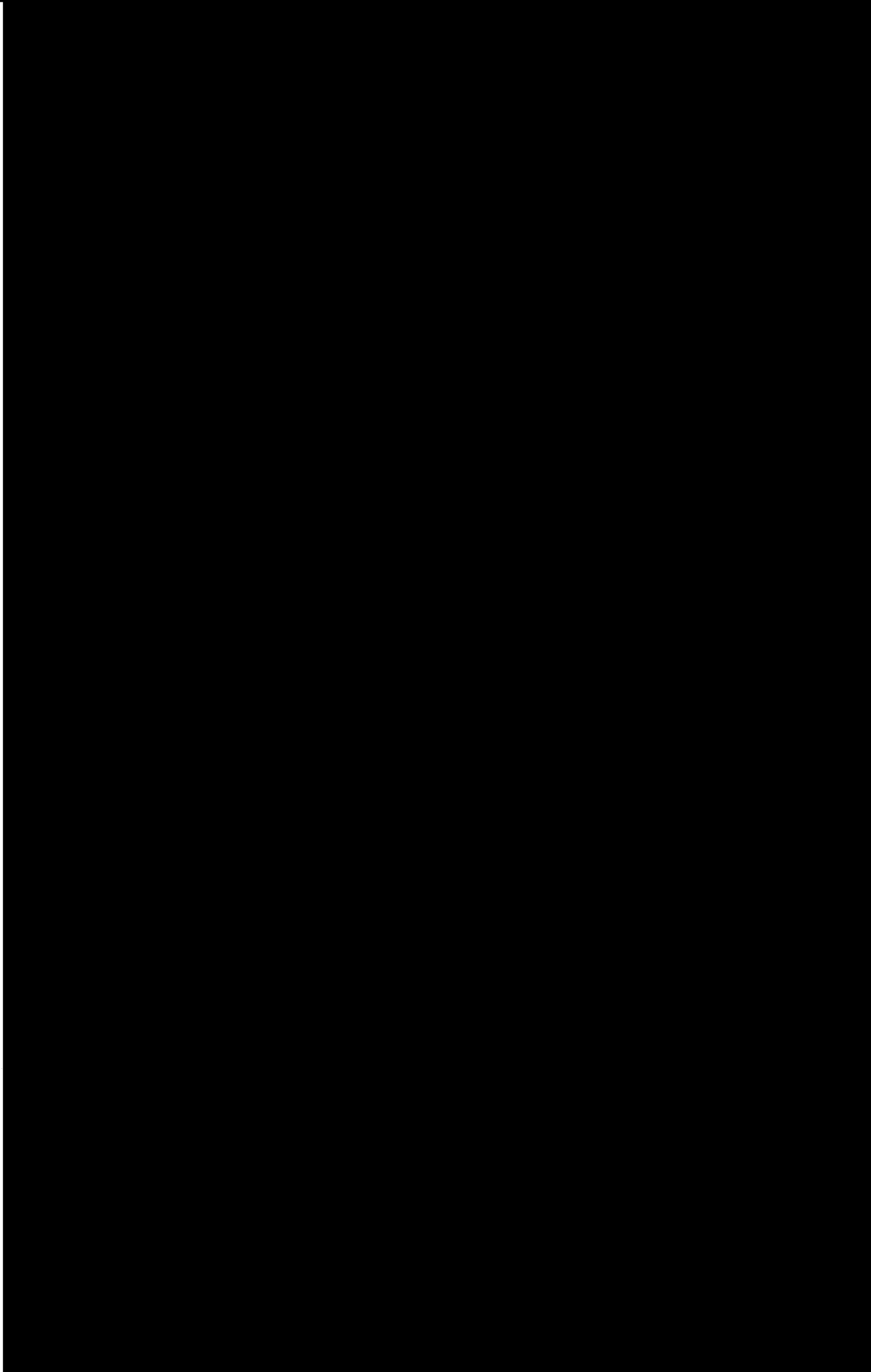
00501

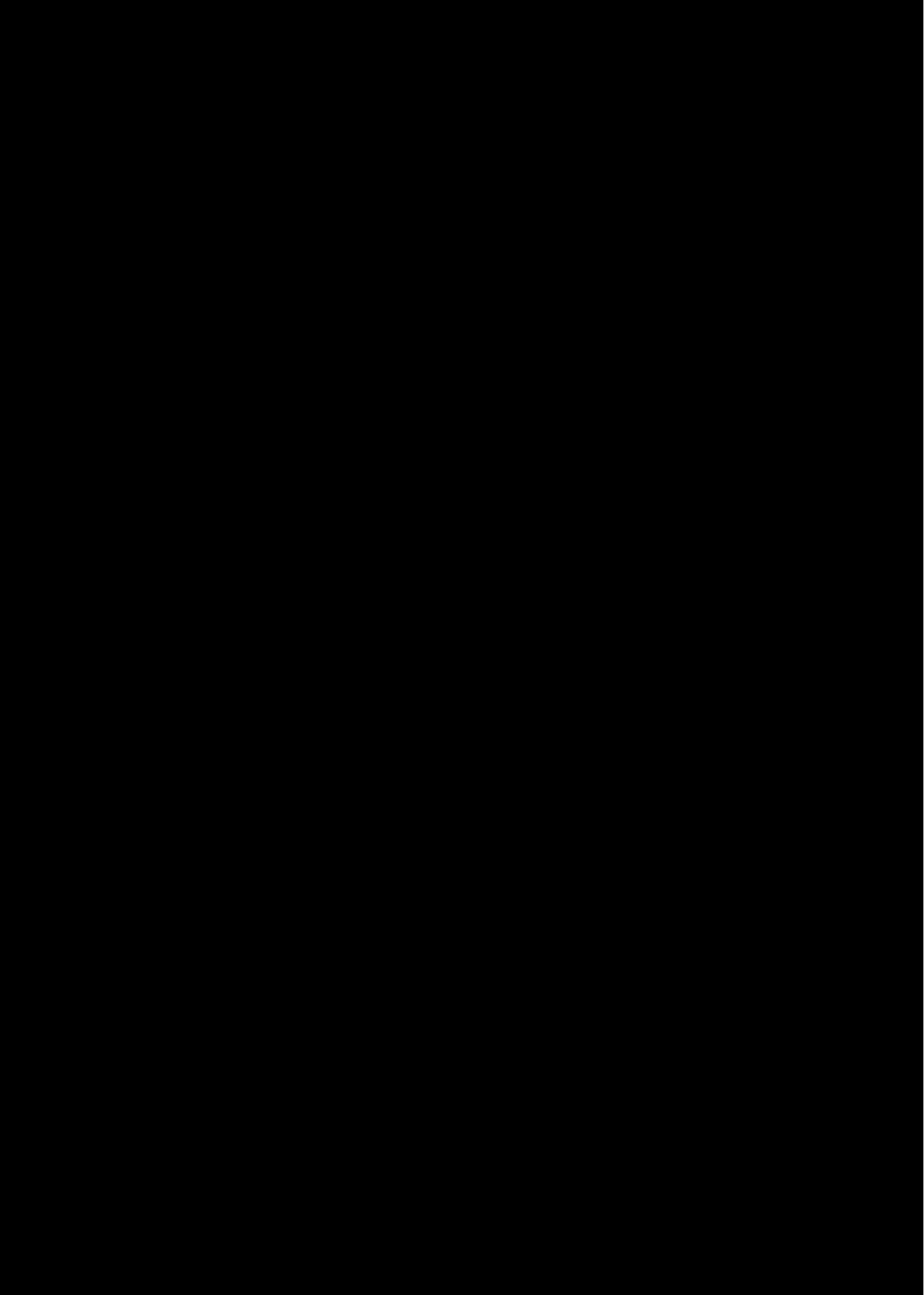
0



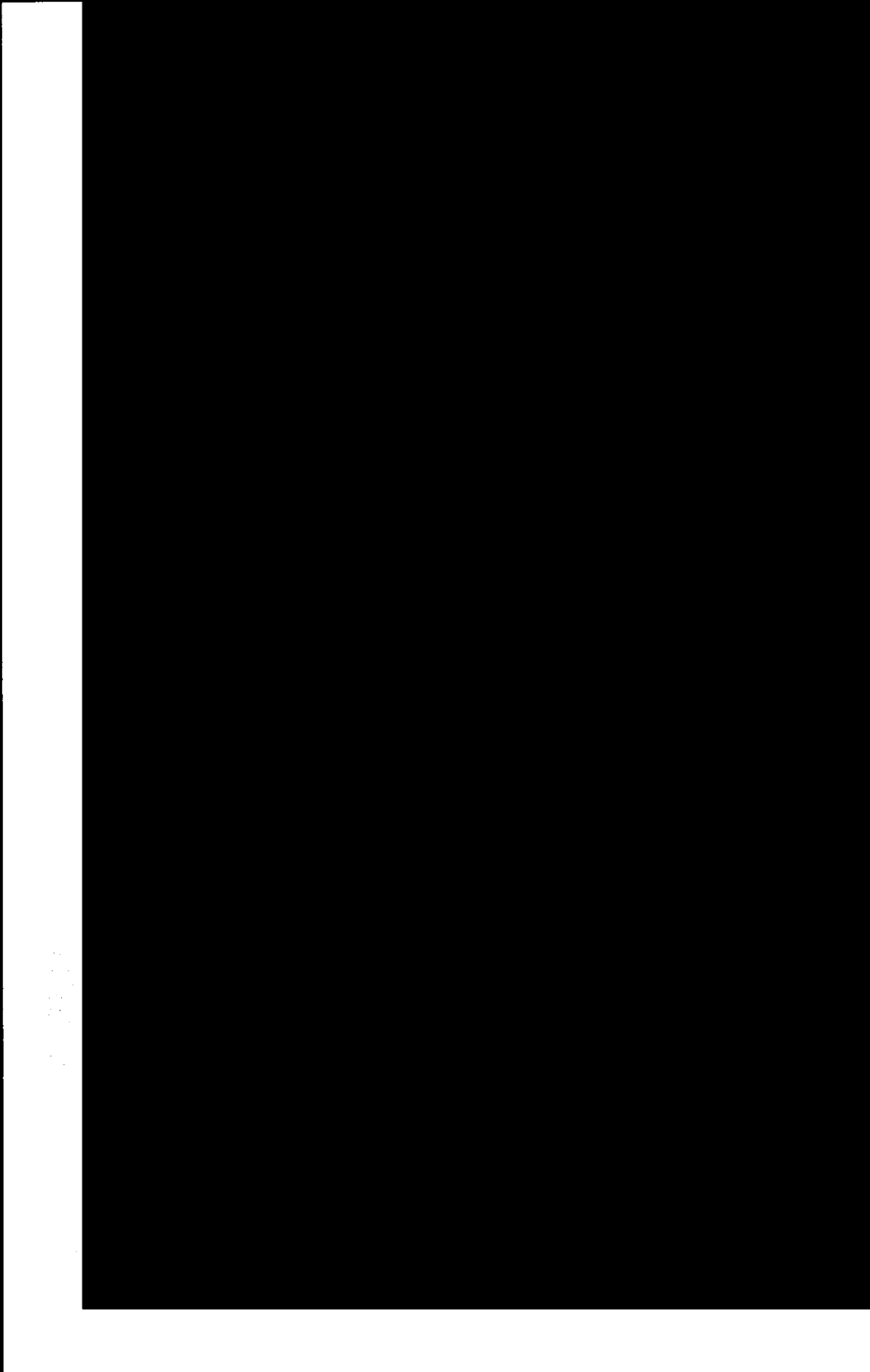




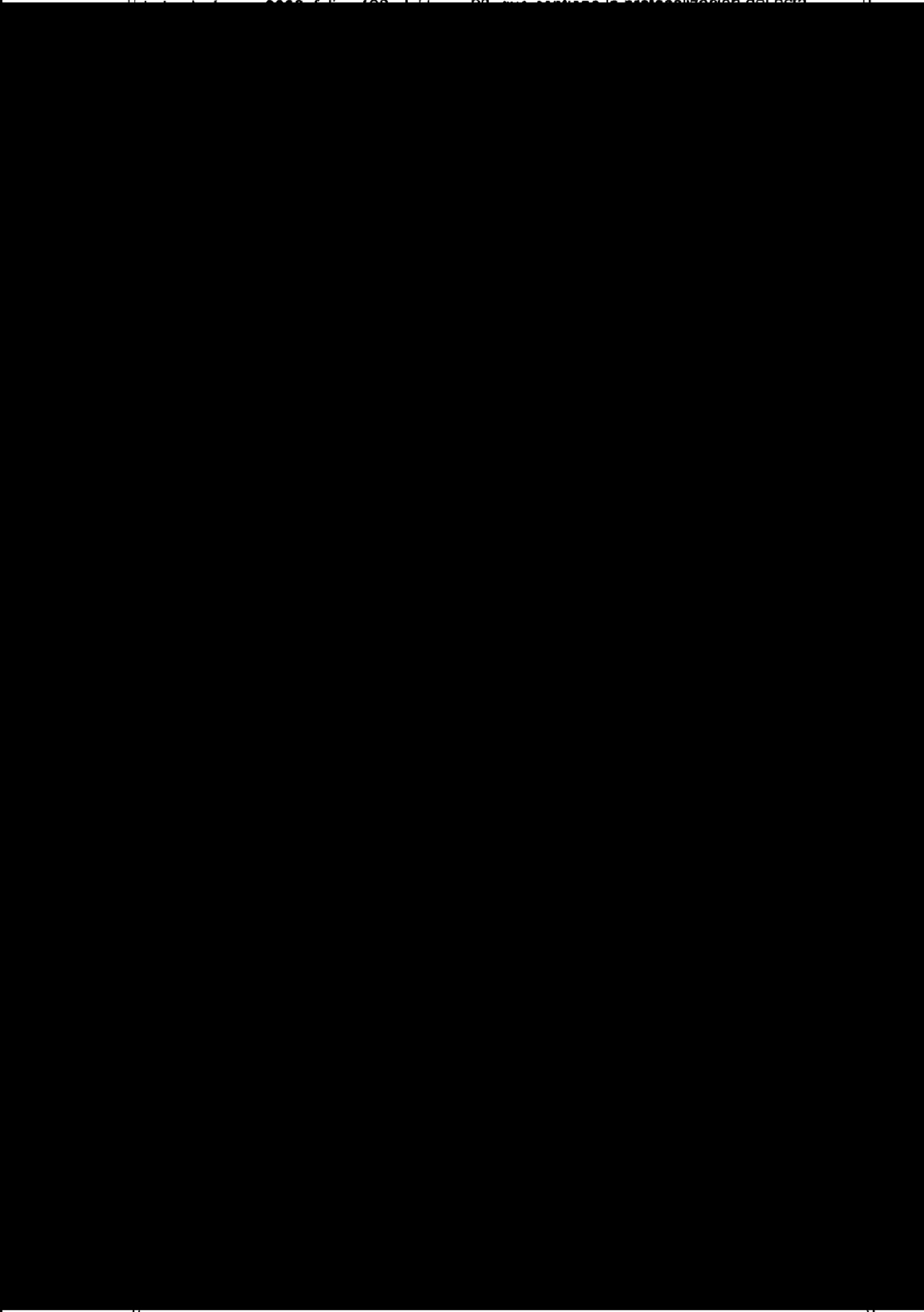


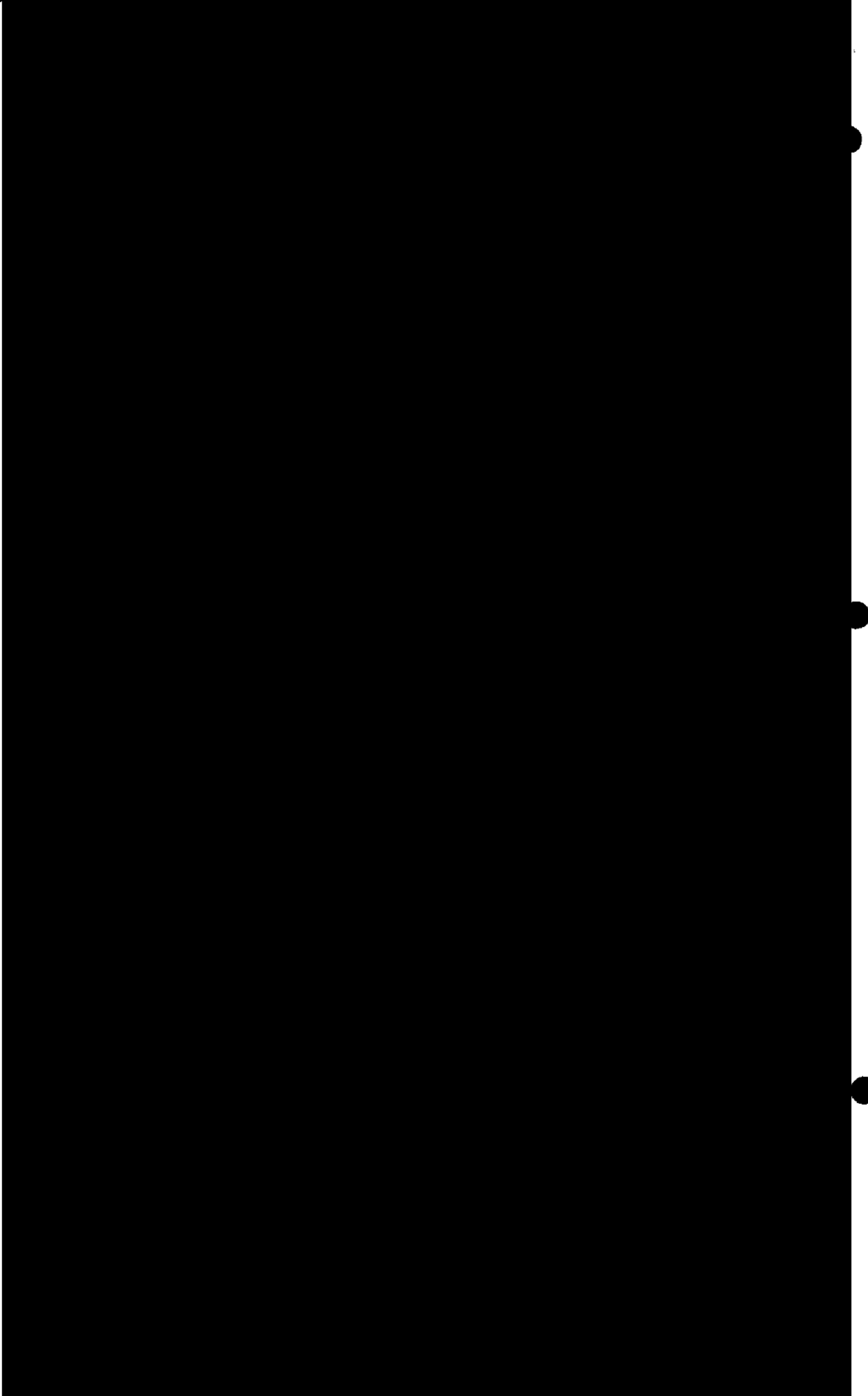






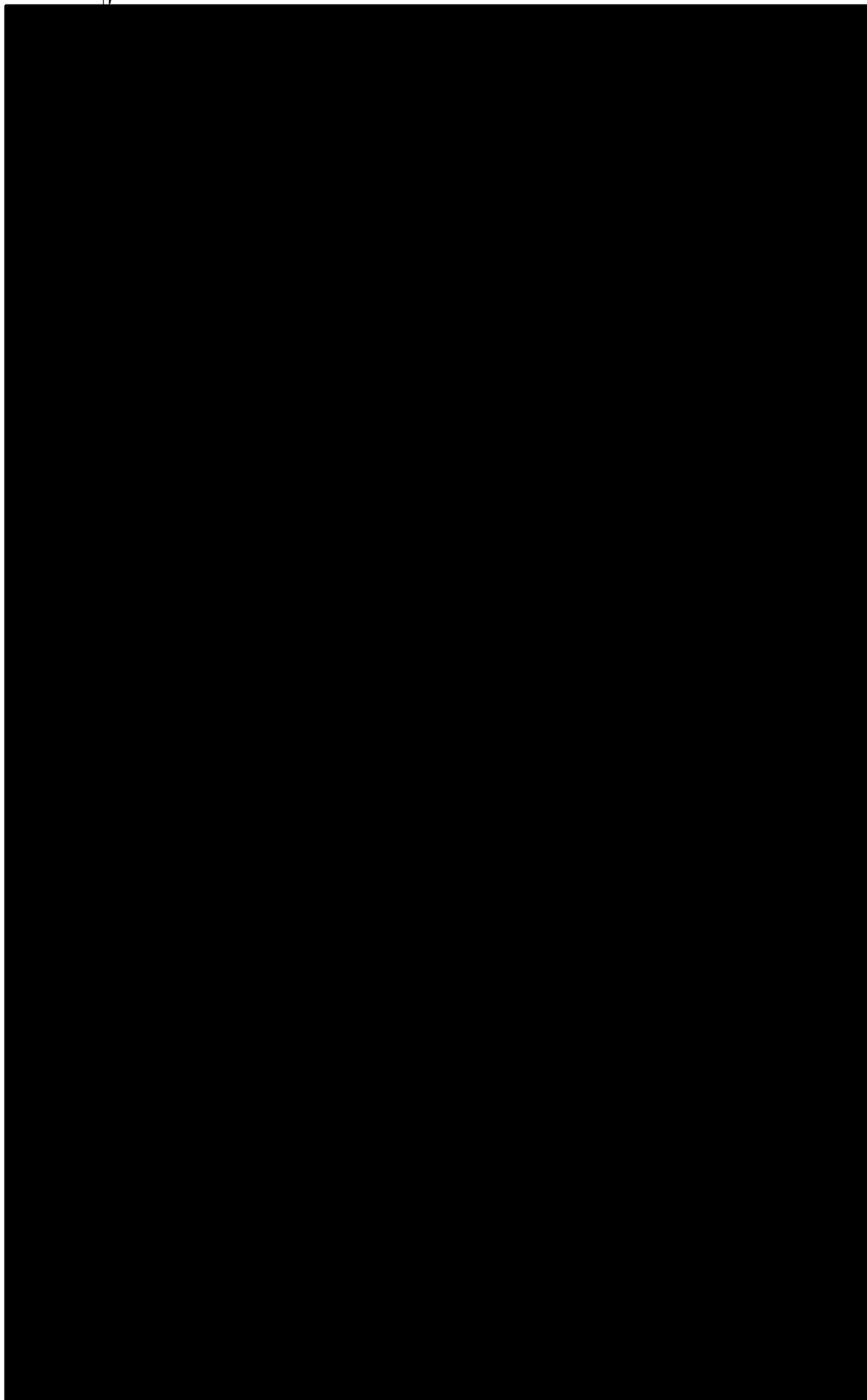
SECRETORIO de CO





IGNO GIL DE
ARIA PUBL

TO DE MONTE
DE COAHUILA DE ZARAGOZA

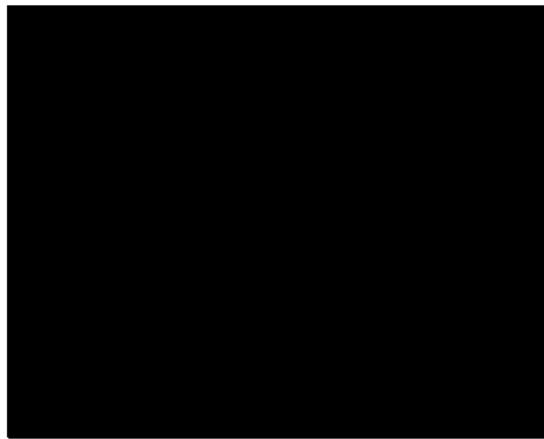


00554

FOIA b 7 - D

NOT
RECORDED
1967
JAN 10





00598

SUBPROCURADURÍA ESPECIALIZADA EN
INVESTIGACIÓN DE DELITOS FEDERALES.
UNIDAD ESPECIALIZADA EN INVESTIGACIÓN
DE DELITOS COMETIDOS POR SERVIDORES
PÚBLICOS Y CONTRA LA ADMINISTRACIÓN
DE JUSTICIA.

VENTANILLA ÚNICA

[REDACTED]

[REDACTED]

TURNADO A:	ASUNTO	ACUERDO	ATENCIÓN
UNIDAD DE INVESTIGA LITIGACION	[REDACTED]		

CONOCIMIENTO

X ORDINARIO

URGENTE

[REDACTED]



**FGR**FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICAFISCALÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA
SUBPROCURADURÍA ESPECIALIZADA EN
INVESTIGACIÓN DE DELITOS FEDERALESCarpeta de investigación:
FED/SEID/UNAI-CDMX/0000289/2019

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria."

**Asunto:** Solicitud de información.

Con fundamento en lo dispuesto en los artículos 14, 16, 21 y 102 apartado "A" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1, 2, 127, 131 fracciones I, IV, V, IX y XXIII, 212, 213, 215, 217, 218, 221, 259, 261 y 263 del Código Nacional de Procedimientos Penales; 69 del Código Fiscal de la Federación, Transitorios Cuarto y Décimo Segundo, fracción II, de la Ley Orgánica de la Fiscalía General de la República; 1, 3, inciso A), fracción IV, 6 párrafo primero y 7 del Reglamento de la Ley Orgánica de la Procuraduría General de la República y con apoyo en lo dispuesto en la Cláusula Cuarta, apartado 1 del Convenio de Colaboración signado el 31 de agosto de 2018 por la Procuraduría General de la República y el Servicio de Administración Tributaria, le solicito muy atentamente se sirva instruir a quien corresponda, se proporcione a esta Subprocuraduría Especializada la información requerida por [REDACTED], agente del Ministerio Público de la Federación, Titular de la Unidad de Investigación y Litigación "A" de la Unidad Especializada en Investigación de Delitos Cometidos por Servidores Públicos y Contra la Administración de Justicia, en los autos de la carpeta de investigación **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019**, que en seguida se transcribe para los efectos conducentes:

"... se requiera al Servicio de Administración Tributaria la información que a continuación se señala:

En relación a las siguientes personas:



FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

FISCALÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA
SUBPROCURADURÍA ESPECIALIZADA EN
INVESTIGACIÓN DE DELITOS FEDERALES

[REDACTED]

Carpeta de investigación:
FED/SEID/UNAI-CDMX/0000289/2019

[REDACTED]

- I. *Las Declaraciones informativas múltiples (que comprenda clientes y proveedores) durante el periodo de tiempo de 1 de enero de 2012 a 31 de diciembre de 2013)".*

[REDACTED]

[REDACTED]

00590



FGR

FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICAFGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Oficio: FISCALÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA
 ASUNTO: SOLICITUD DE INVESTIGACIÓN
 FISCALÍA DE INSTRUCCIÓN

04 DIC. 2020

Celula de Investigación: **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y LITIGACIÓN UEIDCSPCAJ "A"**
 Carpeta de Investigación: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019**
 Oficio No: [REDACTED]
 Asunto: **Se solicita investigación**

En cumplimiento al acuerdo ministerial dictado dentro de la carpeta de investigación con número: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019** bajo la siguiente relación delictual [REDACTED] **POR SUPONERLO RESPONSABLE DEL(LOS) DELITO(S) DE ARTÍCULO 400 BIS FRACCIÓN I. ADQUIERA, ENAJENE, ADMINISTRE, CUSTODIE, POSEA, CAMBIE, CONVIERTA, DEPOSITE, RETIRE, DÉ O RECIBA POR CUALQUIER MOTIVO, INVIERTA, TRASPASE, TRANSPORTE O TRANSFIERA, DENTRO DEL TERRITORIO NACIONAL, DE ÉSTE HACIA EL EXTRANJERO O A LA INVERSA, RECURSOS, DERECHOS O BIENES DE CUALQUIER NATURALEZA, CUANDO TENGA CONOCIMIENTO DE QUE PROCEDEN O REPRESENTAN EL PRODUCTO DE UNA ACTIVIDAD ILÍCITA, O DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL EN PERJUICIO DE LA SOCIEDAD** y con fundamento en lo dispuesto por los artículos 16, 21 y 102 Apartado "A" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 127, 131 fracciones III, VII y VIII, 132, 212, 213 y demás relativos del Código Nacional de Procedimientos Penales; 9 fracción IX y 47 de la Ley Orgánica de la Fiscalía General de la República; por medio del presente solicito a Usted que **comisione Agente de Investigación a efecto de que se traslade a Monclova, Coahuila, México.** por el tiempo que sea necesario, a efecto de entregar diversa documentación relacionada con la Carpeta de Investigación al rubro indicada, así como reciba diversa documentación

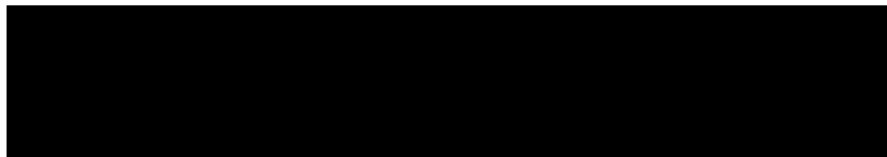
del



FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República

en los diversos oficios, para que reciba la documentación, lo anterior, por ser necesario para el esclarecimiento de los hechos que se investigan.



PGR

PROCURADURÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA



PROCURADURÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y LITIGACIÓN
UEIDCSPCAJ "A"

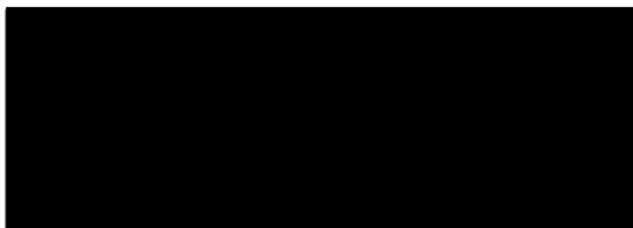
00591

El documento que acaba de ser impreso de forma definitiva:

POL. [REDACTED]

En el expediente: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019.**

Ha sido enviado exitosamente de forma electrónica a la institución que corresponde con lo siguiente:



[REDACTED]

Usuario que generó: [REDACTED]



FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República

00592

Célula de Investigación: **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y
LITIGACIÓN UEIDCSPCAJ "A"**

Carpeta de Investigación: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000**

289/2019

Oficio No: [REDACTED]

Asunto: [REDACTED]

Primer recordatorio.

01058

[REDACTED]

[REDACTED]
11/23/20

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 21 y 102, apartado "A", de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1°, 2°, 104, 106, 127, 128, 131, fracción IX, 211, fracción I, inciso a), 212, 213, 214, **215** y 218, del Código Nacional de Procedimientos Penales; por medio del presente, hago **PRIMER RECORDATORIO** a fin de que se sirva a dar contestación al oficio número [REDACTED] de [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] notificado en fecha 30 de noviembre de 2020, en el cual se concedió el plazo de 24 horas, plazo que ha fenecido, en el cual se solicitó, informe si dentro de sus bases de datos se encuentran registros y/o antecedentes de

[REDACTED]

Hayan participado en el proceso de licitación, o construcción del Tren Interurbano de Pasajeros Toluca-Valle de México o también conocido como Tren Interurbano México-Toluca, ya sea en forma directa o mediante subcontratación por alguna de las personas que hayan ganado la licitación.

En caso afirmativo, informar, específicamente,

- Si formaron parte de la presentación de propuestas para obtener alguna de las licitaciones o licitación.



- Debiendo remitir la propuesta ofertada.
- Si fueron beneficiadas, especificar para que parte de construcción o ejecución de la obra, el monto, la temporalidad a ejecutar, debiendo remitir toda la documentación relacionada con las personas jurídicas mencionadas.
- De igual manera, si fue presentada alguna propuesta relacionada con los siguientes datos a cargo de [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]

- Estudio inmobiliario** a efecto de determinar la valoración de los inmuebles, ubicados en el área de influencia a determinar, debido a los efectos a ocasionar por el paso del proyecto tren suburbano del D.F. México a la Ciudad de Toluca, Estado de México.
- Estudio inmobiliario**, a efecto de determinar la ingeniería básica y de detalle para llevar a cabo el proyecto del tren suburbano del D.F. México a la Ciudad de Toluca, Estado de México. La ingeniería básica y de detalle para llevar a cabo proyecto de logística ferroviario entre la Sid I, II y almacén de materias primas.

Lo anterior, por tratarse de información que resulta **IMPRESINDIBLE** para la debida integración y perfeccionamiento legal de la Carpeta de Investigación en la que se actúa, el cual deberá de remitir en el **TÉRMINO DE 24 VEINTICUATRO HORAS APARTIR DE QUE QUEDE NOTIFICADO**. Teniendo la obligación de informar en base al artículo 215, del Código Nacional de Procedimientos Penales, que a la letra dice:

Artículo 215. Obligación de suministrar información

Toda persona o servidor público está obligado a proporcionar oportunamente la información que requieran el Ministerio Público y la Policía en el ejercicio de sus funciones de investigación de un hecho delictivo concreto. En caso de ser citados para ser entrevistados por el Ministerio Público o la Policía, tienen obligación de comparecer y sólo podrán excusarse en los casos expresamente previstos en la ley. En caso de incumplimiento, se incurrirá en responsabilidad y será sancionado de conformidad con las leyes aplicables.

Apercibido que para el caso de no dar cumplimiento a lo solicitado sin causa justificada, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 26, Apartado "B", párrafos sexto y séptimo y 123, Apartado "A", fracción VI de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y 104, fracción I, inciso b [REDACTED]

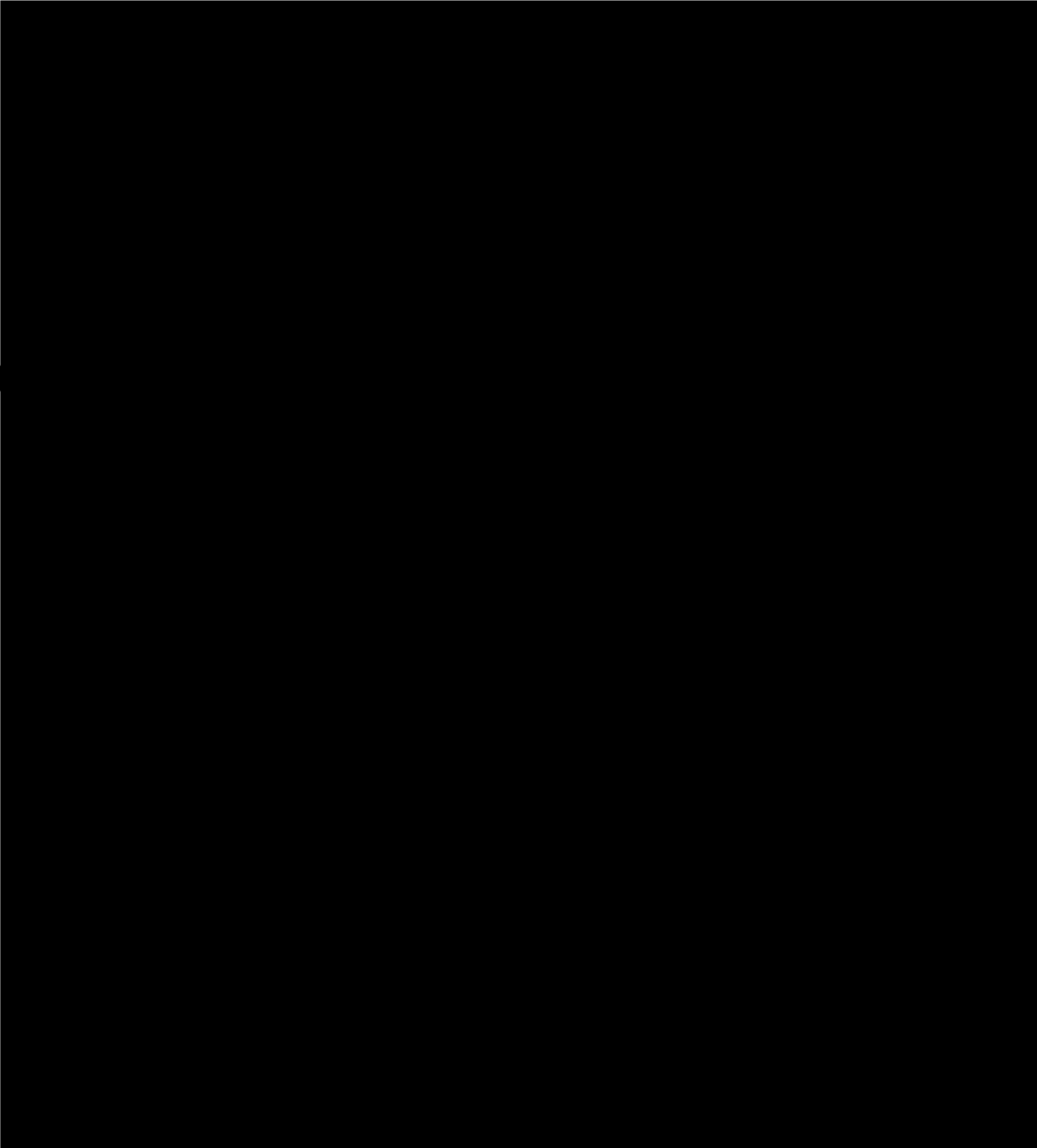


FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

00593

Fiscalía General de la República

una multa de \$8,688.00 (ocho Mil seiscientos ochenta y ocho Pesos 00/100 M.N.) equivalente a cien Unidades de Medida y Actualización vigente en la Ciudad de México, que a la fecha es de \$86.88 ochenta y seis pesos 88/100 M.N.); ello sin perjuicio de que de ser necesario se solicite nuevamente la información se imponga una multa mayor.



de Investigación: UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y
LITIGACIÓN UEIDCSPCAJ "A"
de Investigación: FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289
/2019

Oficio No:
Asunto:

ACUSE

En cumplimiento al acuerdo ministerial dictado dentro de la carpeta de investigación con número: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019** bajo la siguiente relación delictual **POR SUPONERLO RESPONSABLE DEL(LOS) DELITO(S) DE ARTÍCULO 400 BIS FRACCIÓN I. ADQUIERA, ENAJENE, ADMINISTRE, CUSTODIE, POSEA, CAMBIE, CONVIERTA, DEPOSITE, RETIRE, DÉ O RECIBA POR CUALQUIER MOTIVO, INVIERTA, TRASPASE, TRANSPORTE O TRANSFIERA, DENTRO DEL TERRITORIO NACIONAL, DE ÉSTE HACIA EL EXTRANJERO O A LA INVERSA, RECURSOS, DERECHOS O BIENES DE CUALQUIER NATURALEZA, CUANDO TENGA CONOCIMIENTO DE QUE PROCEDEN O REPRESENTAN EL PRODUCTO DE UNA ACTIVIDAD ILÍCITA, O DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL EN PERJUICIO DE LA SOCIEDAD** y con fundamento en lo dispuesto por los artículos 16, 21 y 102 Apartado "A" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 127, 131 fracciones III, VII y VIII, 132, 212, 213 y demás relativos del Código Nacional de Procedimientos Penales; 9 fracción IX y 47 de la Ley Orgánica de la Fiscalía General de la República; por medio del presente solicito a usted que ordene a elementos adscritos realicen el siguiente acto de investigación:

- Extraer la denuncia presentada dentro de la Carpeta de Investigación número de inspección del contenido de la misma, en relación con el tema de la cual se encuentra de la Coordinación General de

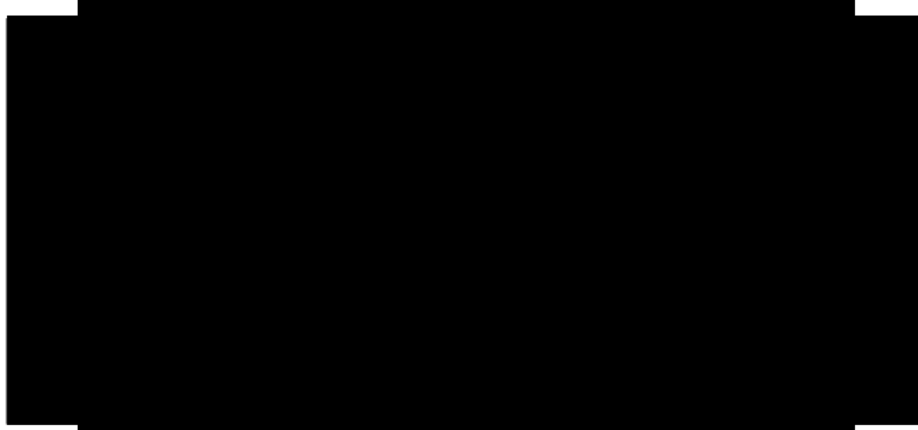


FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República

Investigación, de la Subprocuraduría General de Investigación de Delitos Federales, de esta Fiscalía General de la República.

Solicitando que remita dicho informe a la brevedad posible, teniendo un término de 24 horas, hábiles a partir de su notificación, apercibido que, en caso de no hacerlo, se hará acreedor a una medida de apremio prevista por el artículo 104 fracción I inciso a, del Código Nacional de Procedimientos Penales.



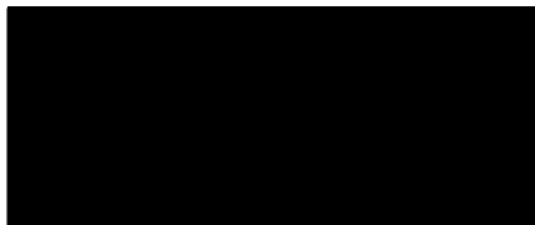
PGRPROCURADURÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA**PROCURADURÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA**
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y LITIGACIÓN
UEIDCSPCAJ "A"

El documento que acaba de ser impreso de forma definitiva:



En el expediente: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019.**

Ha sido enviado exitosamente de forma electrónica a la institución que corresponde con lo siguiente:



Usuario que generó:

de Investigación: **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y
LITIGACIÓN UEIDCSPCAJ "A"**

de Investigación: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289
/2019**

Oficio No:

Asunto:

Se solicita investigación

En cumplimiento al acuerdo ministerial dictado dentro de la carpeta de investigación con número: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019** bajo la siguiente relación delictual

POR SUPONERLO RESPONSABLE DEL(LOS) DELITO(S) DE ARTÍCULO 400 BIS FRACCIÓN I. ADQUIERA, ENAJENE, ADMINISTRE, CUSTODIE, POSEA, CAMBIE, CONVIERTA, DEPOSITE, RETIRE, DÉ O RECIBA POR CUALQUIER MOTIVO, INVIERTA, TRASPASE, TRANSPORTE O TRANSFIERA, DENTRO DEL TERRITORIO NACIONAL, DE ÉSTE HACIA EL EXTRANJERO O A LA INVERSA, RECURSOS, DERECHOS O BIENES DE CUALQUIER NATURALEZA, CUANDO TENGA CONOCIMIENTO DE QUE PROCEDEN O REPRESENTAN EL PRODUCTO DE UNA ACTIVIDAD ILÍCITA, O DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL EN PERJUICIO DE LA SOCIEDAD y con fundamento en lo dispuesto por los artículos 16, 21 y 102 Apartado "A" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 127, 131 fracciones III, VII y VIII, 132, 212, 213 y demás relativos del Código Nacional de Procedimientos Penales; 9 fracción IX y 47 de la Ley Orgánica de la Fiscalía General de la República; tomando en consideración que ya fue enviada la nueva orden de aprehensión de fecha 24 de octubre de 2020, emitida por

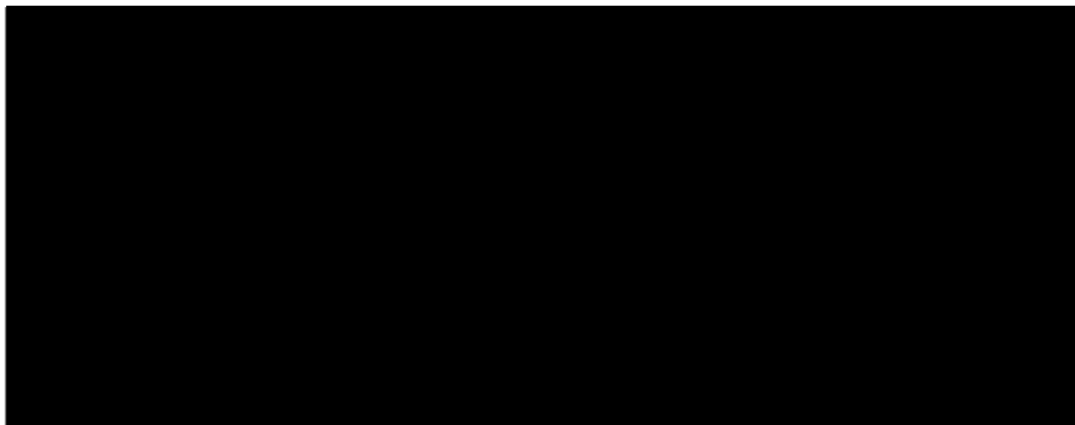
quien actúa con carácter de Juez de Control, en contra de **por su probable participación en el delito de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita, previsto en el artículo 400 Bis, del Código Penal Federal.**



FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República

Atento a ello, informó que se ha **negado** al [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED] en el incidente de suspensión derivado del Juicio
de Amparo indirecto [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] de
Amparo en Materia Penal en la Ciudad de México, por lo que deberá actuar
en el ámbito de su competencia, en base al acuerdo dictado por [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED], adjuntando el oficio.



PGRPROCURADURÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA**PROCURADURÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA**
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y LITIGACIÓN
UEIDCSPCAJ "A"

El documento que acaba de ser impreso de forma definitiva:

OF. COMUNICAR NEGATIVA DE SUSPENSIÓN [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED].

En el expediente: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019.**

Ha sido enviado exitosamente de forma electrónica a la institución que corresponde con lo siguiente:

Folio de confirmación: [REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]

Usuario que generó: [REDACTED]





PODER JUDICIAL DE LA FEDERACIÓN

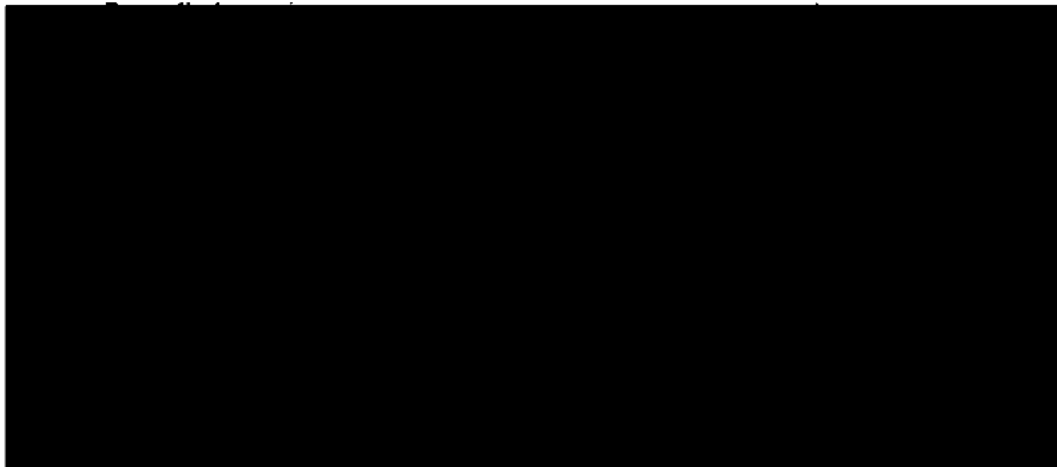
FORMA B-1

00598

CIUDAD DE MÉXICO; [REDACTED]

1. Recepción de oficio.

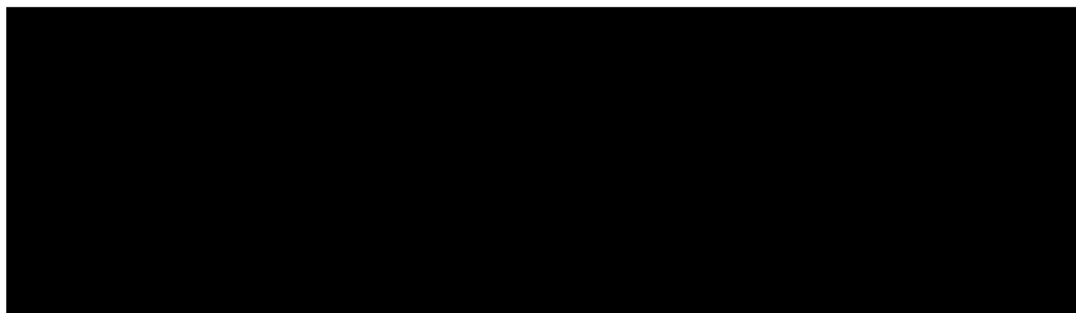
Con fundamento en los artículos 16 y 68 del Código Nacional de



De los autos en consulta, se advierte que mediante proveído de veintisiete de noviembre del año en curso, el entonces [REDACTED] [REDACTED] el comunicado detallado en segundo término, asimismo, ordenó dar vista [REDACTED] [REDACTED] para los efectos conducentes; sin embargo, tal actuación no fue notificada al Juez de Control como se ordenó.

3. Proveído.

En ese sentido, a fin de evitar dilaciones innecesarias reitérese a la



competencia.

NOTIFÍQUESE EN TÉRMINOS DE LEY.





2020

Célula de Investigación: **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y
LITIGACIÓN UEIDCSPCAJ "A"**

Carpeta de Investigación: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000
289/2019**

Oficio No:

Asunto:

Solicita información.

[REDACTED]

[REDACTED]

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 21 y 102 apartado "A" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 131, 213, 214, 215, 218, 251 y demás relativos del Código Nacional de Procedimientos Penales; por medio del presente me permito solicitar a Usted, gire sus apreciables instrucciones a quien corresponda, a efecto de que se sirva remitir a esta Representación Social de la Federación, el organigrama, especificando nombres completos y cargos específicos, a nivel subsecretarías, unidades, oficialías, Procuraduría Fiscal y Tesorería de la Federación, en el año 2012 y 2013.

Lo anterior, por tratarse de información que resulta **IMPRESINDIBLE** para la debida integración y perfeccionamiento legal de la Carpeta de Investigación en la que se actúa. Debiendo remitirlo dentro del plazo de **24 veinticuatro horas a partir de su notificación.**

Apercibido que para el caso de no dar cumplimiento a lo solicitado sin causa justificada, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 26, Apartado "B", párrafos sexto y séptimo y 123, Apartado "A", fracción VI de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y 104, fracción I, inciso b) del Código Nacional de Procedimientos Penales, se le impondrá una multa de **\$8,688.00 (ocho Mil seiscientos ochenta y ocho Pesos 00/100 M.N.)** equivalente a cien Unidades de Medida y Actualización

[REDACTED]



FGR
FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República

vigente en la Ciudad de México, que a la fecha es de \$86.88 ochenta y seis pesos 88/100 M.N.); ello sin perjuicio de que de ser necesario se solicite nuevamente la información se imponga una multa mayor.

La documentación solicitada deberá ser remitida a las oficinas que ocupa la Unidad Especializada en Investigación de Delitos Cometidos por Servidores Públicos y Contra la Administración de Justicia, que se encuentran ubicadas en [REDACTED]

Sin otro particular, le reitero mi más atenta y distinguida consideración.

[REDACTED]

[REDACTED]



FGR

FISCALÍA GENERAL
DE LA REPÚBLICA

Fiscalía General de la República

00609

Célula de
Investigación:
Carpeta de
Investigación:
Oficio No:
Asunto:

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y
LITIGACIÓN UEIDCSPCAJ "A"**
FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019

09 DIC. 2020

CUAUITÉMOC, CIUDAD DE MEXICO.

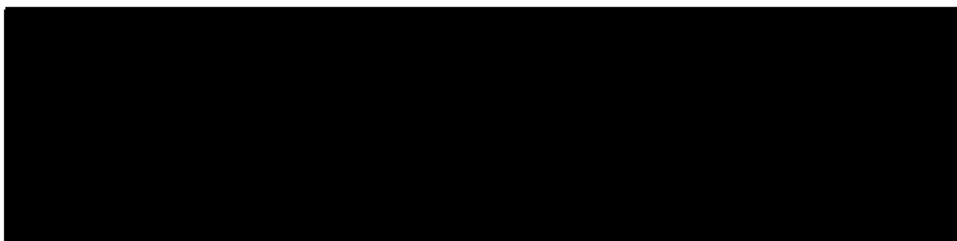
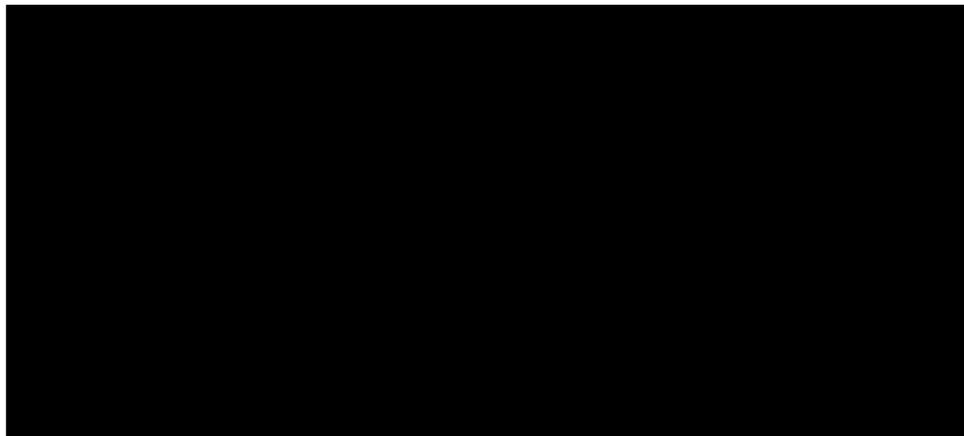
En cumplimiento al acuerdo ministerial dictado dentro de la Carpeta de Investigación con número: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019** bajo la siguiente relación delictual **POR SUPONERLO RESPONSABLE DEL(LOS) DELITO(S) DE ARTÍCULO 400 BIS FRACCIÓN I. ADQUIERA, ENAJENE, ADMINISTRE, CUSTODIE, POSEA, CAMBIE, CONVIERTA, DEPOSITE, RETIRE, DÉ O RECIBA POR CUALQUIER MOTIVO, INVIERTA, TRASPASE, TRANSPORTE O TRANSFIERA, DENTRO DEL TERRITORIO NACIONAL, DE ÉSTE HACIA EL EXTRANJERO O A LA INVERSA, RECURSOS, DERECHOS O BIENES DE CUALQUIER NATURALEZA, CUANDO TENGA CONOCIMIENTO DE QUE PROCEDEN O REPRESENTAN EL PRODUCTO DE UNA ACTIVIDAD ILÍCITA, O DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL EN PERJUICIO DE LA SOCIEDAD** y con fundamento en lo dispuesto por los artículos 16, 21 y 102 Apartado "A" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 127, 131 fracciones III, VII y VIII, 132, 212, 213 y demás relativos del Código Nacional de Procedimientos Penales; 9 fracción IX y 47 de la Ley Orgánica de la Fiscalía General de la República; por medio del presente solicito a usted que ordene a elementos adscritos realicen el siguiente actos de investigación:

- Realizar búsqueda en fuentes abiertas, la fecha en que inicio la precampaña de **_____**, como candidato a la Presidencia de la República Mexicana, la fecha en que inicio formalmente la campaña de **_____** como candidato a la Presidencia de la República Mexicana.



- Realizar búsqueda en fuentes abiertas, la fecha en que [REDACTED] se integro al equipo de campaña de [REDACTED]
- [REDACTED] en fuentes abiertas, si [REDACTED] [REDACTED], cuenta con doble nacionalidad, en caso afirmativo, en que países.
- Lugares de Residencia de [REDACTED] [REDACTED] previo a su detención en Mallorca en 2019, derivado del procedimiento de Extradición.

Solicitando que remita dicho informe a la brevedad posible, teniendo un término de **24 horas hábiles** a partir de su notificación, apercibido que, en caso de no hacerlo, se hará acreedor a una medida de apremio prevista por el artículo 104 fracción I inciso a, del Código Nacional de Procedimientos Penales.



00601



PROCURADURÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y LITIGACIÓN
UEIDCSPCAJ "A"

El documento que acaba de ser impreso de forma definitiva:

POLICIA, [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]

En el expediente: **FED/SEIDF/UNAI-CDMX/0000289/2019.**

Ha sido enviado exitosamente de forma electrónica a la institución que corresponde con lo siguiente:

