

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias Básicas
Escuela de Química

**Trabajo Final de Graduación bajo la Modalidad de Proyecto para optar por el grado de
Licenciatura en Química**

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE DETERIORO DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA, EL ACTA
DE LOS NUBLADOS Y EL PACTO DE CONCORDIA CON MOTIVO DE LA CELEBRACIÓN DEL
BICENTENARIO DE LA INDEPENDENCIA DE COSTA RICA**

Preparada por:

Paola Agüero Gamboa

Comité asesor:

Directora: Dra. Mavis Montero Villalobos

Lectora: M.Sc. Paola Fuentes Schweizer

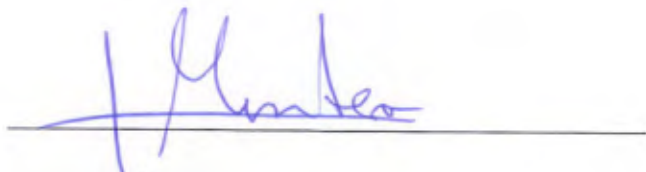
Lector: Dr. Eduardo Libby Hernández

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San Pedro, Montes de Oca

Julio, 2021

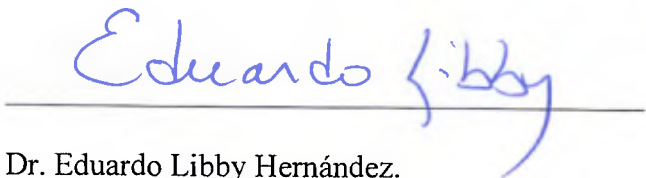
Este trabajo final de investigación fue aceptado por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación e Investigación de la Escuela de Química, Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar al grado y al título de Licenciatura en Química



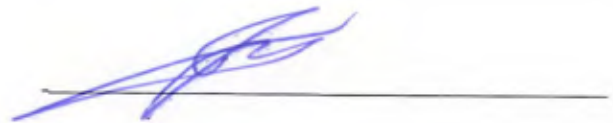
Dra. Mavis Montero Villalobos
Directora del Trabajo Final de Graduación




M.Sc. Paola Fuentes Schweizer
Asesora I



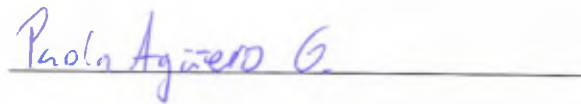
Dr. Eduardo Libby Hernández.
Asesor II



Dr. Jean Sanabria Chinchilla
Miembro del Tribunal



Dr. Juan José Araya Barrantes
Presidente del Tribunal



Paola Agüero Gamboa
Postulante

AGRADECIMIENTOS

Al concluir este proyecto me llena de alegría agradecer a las instancias de la Universidad de Costa Rica involucradas. Mi mayor agradecimiento al LabCultura-CICIMA, al Reforeta-INII, al IIArte, al CIPRONA, al CENIBiot, a la Escuela de Química y a la Vicerrectoría de Investigación. Gracias por el apoyo técnico, humano y económico brindado para el desarrollo del proyecto.

Deseo agradecer de manera especial al Archivo Nacional de Costa Rica, a su director Alexander Barquero Elizondo, al Jefe del Departamento de conservación don Marco Calderón Delgado, y demás miembros de la Institución. Gracias por su gran colaboración y disposición para ejecutar proyectos en pro del patrimonio documental costarricense.

Al Señor Carlos Pacheco Villalobos, restaurador del Archivo Nacional. A quien hoy puedo llamar mi amigo, gracias por el dinamismo y la gran disposición a colaborar.

A mi directora, la Dra. Mavis Lili Montero Villalobos, quien ha sido mi soporte y guía en esta etapa de la vida. Gracias por el acompañamiento, las enseñanzas y las experiencias compartidas. Mi cariño y admiración.

A la M.Sc. Paola Fuentes Schweizer, por su gran visión en el desarrollo de proyectos de investigación. Gracias por los años de amistad compartidos y por formar en mí una profesional en química.

Al Dr. Eduardo Libby Hernández, por sus aportes en la edición del proyecto.

Al Dr. Agustín F. Solano Arguedas, al Dr. Salomón Chaves Badilla, al Dr. Max Chavarría Vargas y a la M.Sc. Camila Hernández Murillo por los aportes científicos al proyecto, su consejo y acompañamiento.

A la Universidad de Costa Rica, por ampliar mi visión del mundo y brindarme nuevas oportunidades. Y a cada una de las profesoras, profesores y maestras que me han acompañado a lo largo de los años, por quienes guardo gran cariño.

Finalmente, agradezco a Dios por su ternura. A Papi, Mami, Vane, Rox, abuela, Adri, Andrés, Jenni, a cada uno de mis amigos y familiares por su cariño y apoyo en esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA

En memoria de mi tía, Roxana Gamboa Solís, quien fue mi soporte y amiga.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	12
Antecedentes	12
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos específicos	16
Metodología.....	16
1. Muestreo	16
2. Técnicas de Caracterización	18
2.1. Fotografía multiespectral.....	18
2.2. Fluorescencia de Rayos X (XRF).....	20
2.3. Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier por reflectancia total atenuada (ATR-FTIF)	22
2.4. Microscopía de luz	23
2.5. Mediciones de pH.....	23
3. Desarrollo y aplicación de la propuesta de modelo de daño	24
4. Tratamiento de datos	25
4.1. Generación de bases de datos	25
4.2. Cuadros descriptivos	25
4.3. Pruebas t	25
4.4. Análisis de clústeres	26
4.5. Gráficos de correlación de Spearman	26
Capítulo 1	29
1. Descripción física de los documentos	29
1.1. Acta de la Independencia.....	29
1.2. Acta de los Nublados.....	31
1.3. Pacto de Concordia.....	34
2. Descripción del soporte de Papel de los documentos	35

2.1. Contexto histórico	35
2.2. Caracterización fisicoquímica del soporte de papel de los documentos.....	36
3. Descripción de las tintas de los documentos.....	44
3.1. Contexto	44
3.2. Caracterización fisicoquímica de las tintas presentes en los documentos	47
4. Descripción de los sellos de los documentos	56
4.1. Contexto histórico	56
4.2. Análisis histórico de los sellos presentes en los documentos	56
4.3. Caracterización fisicoquímica de los sellos presentes en los documentos	57
Capítulo 2	66
1. Estudio del deterioro	66
1.1. Factores que influyen en el deterioro	66
1.2. Mecanismos de deterioro.....	67
2. Propuesta de una escala de deterioro	70
2.1. Condición de las tintas y sellos.....	71
2.2. Condición microbiológica del soporte de papel	74
2.3. Condición física del soporte de papel.....	75
3. Aplicación de la escala de deterioro propuesta	76
3.1. Posición de los documentos en la escala de deterioro	76
3.2. Índices de: condición de las tintas, condición física del soporte de papel y condición microbiológica del soporte de papel.....	80
4. Validación de la escala de deterioro Propuesta	83
4.1. Nivel 2: página 2 derecho del Pacto de Concordia.....	83
4.2. Nivel 3: Página 13 reverso Pacto de Concordia	85
4.3. Nivel 4: Acta de los Nublados (folio 2).....	87
4.4. Nivel 5: Acta de los Nublados (folio 1).....	89
4.5. Nivel 6: Página 35 derecho del Pacto de Concordia.....	91

5. Relación de la composición de los documentos con el modelo de deterioro propuesto	93
1. Correlación entre la composición del papel y su deterioro.....	93
2. Correlación entre la composición de las tintas y su deterioro	95
3. Correlación entre la composición de los sellos y su deterioro.....	97
Conclusiones	100
Capítulo 1	100
Capítulo 2	102
Recomendaciones	104
Referencias	105
A. Anexos	112
A.1. Código Curvas de Calibración Hierro y Calcio	112
A.2. Cálculo de Incertidumbre de la extrapolación de las concentraciones de hierro y calcio en las curvas de calibración preparadas	113
A.3. Código para graficar los IRs en ggplot	114
A.4. Código para exportar la información de los cuadros	115
A.5. Código para generar el Heatmap	116
A.6. Código para generar los Corrplots	117
A.7. Fotografía multiespectral del Acta de la Independencia	118
A.8. Protocolo del Acta de la Independencia: Documento del LabCultura, IArte e INII para el Archivo Nacional de Costa Rica	121
A.9. Fotografías del Acta de la Independencia Antes y Después de la intervención	138

Índice de Figuras

Figura 0-1. Curva de calibración del hierro.....	21
Figura 0-2. Curva de calibración del calcio.....	21
Figura 0-3. Área bajo la curva de la Ka de la plata, Kb de la plata, Ka del cobre y Kb del cobre, esto para los seis días de medición 28 de febrero, 1, 2, 3, 5 y 6 de marzo de 2020.	22
Figura 1-1. Foto contraluz de la filigrana del Acta de la Independencia de Costa Rica.....	29
Figura 1-2. Folio 126 del Acta de la Independencia.....	30
Figura 1-3. Folio 127 del Acta de la Independencia.....	30
Figura 1-4. Fotografías contraluz, a la izquierda el sello de agua del folio 1 del Acta de los Nublados, a la derecha el sello de agua del folio 2 del Acta de los Nublados.....	31
Figura 1-5. Folio 1 del Acta de los Nublados.....	32
Figura 1-6. Folio 2 del Acta de los Nublados.....	33
Figura 1-7. Fotografía contraluz del sello de agua de los folios 2 (custodia), 13 (Escudo con cruz) y 35 (sol) del Pacto de Concordia, imágenes ordenadas de izquierda a derecha.....	34
Figura 1-8. Folios 1 reverso y 2 derecho del Pacto de Concordia.....	34
Figura 1-9. Estructura molecular de la celulosa, principal componente del algodón, tomado de Villegas 2020 ⁵⁶ ..	37
Figura 1-10. Espectros Infrarrojos con transformada de Fourier por Reflectancia Total Atenuada (ATR-FTIR) del a) Acta de la Independencia, b) Pacto de Concordia (página 3, este espectro coincide con el de las demás páginas), c) Acta de los Nublados (folio 2), y d) Acta de los Nublados (folio 1).....	38
Figura 1-11. Microscopía digital 200X del papel y tinta del Acta de los Nublados (folio 1).....	40
Figura 1-12. Microscopía digital 200X del papel y tinta del Acta de los Nublados (folio 2).....	40
Figura 1-13. Estructura del galeato férrico, tomado de Ponce 2016 ¹⁰	47
Figura 1-14. Fotografía multiespectral de las tintas del folio 127 del Acta de la Independencia, en orden de izquierda a derecha se muestra la fotografía visible (Vis) seguida de la infrarrojo (IR), la Infrarrojo de Color Falso (IRFC), la ultravioleta de reflectancia (UVR) y la ultravioleta de fluorescencia (UVF).	48
Figura 1-15. Heatmap con distancias Manhattan, agrupación con la función hclust bajo el método Ward.D2, para las tintas del Pacto de Concordia.....	55
Figura 1-16. Sello superior a la izquierda, sello inferior a la derecha, de la página 10 reverso del Pacto de Concordia	57
Figura 1-17. Fotografía multiespectral de los sellos del folio 126 del Acta de la Independencia, en orden de izquierda a derecha se muestra la fotografía visible (Vis) seguida de la infrarrojo de color de color falso (IRFC), la ultravioleta de reflectancia (UVR) y la ultravioleta de fluorescencia (UVF).....	58
Figura 2-1. Factores externos e internos que propician la propagación del deterioro, tomado del ICN ⁴⁴	66

Figura 2-2. Mecanismos químicos de deterioro de los documentos con tintas ferrogálicas, tomado del ICN ⁴⁴	67
Figura 2-3. Posición de las posibles reacciones de oxidación en la cadena de celulosa, tomado de Hellstöm 2014 como adaptación de Norimoto 2001 ⁶⁸	68
Figura 2-4. Aislamientos de hongos cultivados en A) Carboximetil Celulosa y B) Agar-Patata-Dextrosa recuperado del Acta de la Independencia de Costa Rica antes del tratamiento de restauración. Foto y análisis cortesía de Max Chavarría, Efraín Escudero, Sofía Vieto.....	69
Figura 2-5. Niveles de deterioro de las tintas ferrogálicas, tomado del ICN ⁴⁴	72
Figura 2-6. Escala para evaluar el deterioro de los documentos con tintas ferrogálicas, tomado del ICN ⁴⁴	73
Figura 2-7. Posición del Acta de la Independencia (folios 126 y 127) en la escala de deterioro generada.....	77
Figura 2-8. Posición del Acta de los Nublados (Folio 1 -A la izquierda, Folio 2 -A la derecha) en la escala de deterioro generada	78
Figura 2-9. Posición en la escala de deterioro generada de las páginas 35 derecho (Imagen de la izquierda, el folio de la derecha) y 1 reverso, 2 derecho (Imagen de la derecha, ambos folios) del Pacto de Concordia.	79
Figura 2-10. Fotografía de ultravioleta de reflectancia (arriba), ultravioleta de fluorescencia (al medio), visible (abajo) de los folios 1 reverso y 2 derecho del Pacto de Concordia.....	84
Figura 2-11. Fotografía de ultravioleta de reflectancia (arriba), ultravioleta de fluorescencia (al medio), visible (abajo) de los folios 13 reverso y 14 derecho del Pacto de Concordia.....	86
Figura 2-12. Fotografías multispectrales del Acta de los Nublados folio 2, a la izquierda la imagen visible, en el medio la imagen de ultravioleta de fluorescencia y a la derecha la ultravioleta de reflectancia.	88
Figura 2-13. Fotografías multispectrales del Acta de los Nublados folio 1, a la izquierda la imagen visible, en el medio la imagen de ultravioleta de fluorescencia y a la derecha la ultravioleta de reflectancia	90
Figura 2-14. Fotografía de ultravioleta de reflectancia (arriba), ultravioleta de fluorescencia (al medio), visible (abajo) de los folios 34 reverso y 35 derecho del Pacto de Concordia.....	92
Figura 2-15. Gráfico de correlación de Spearman del papel del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados (folios 1 y 2) y el Pacto de Concordia.	94
Figura 2-16. Gráfico de correlación de Spearman de las tintas del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados (folios 1 y 2) y el Pacto de Concordia.....	96
Figura 2-17. Gráfico de correlación de Spearman de los sellos inferiores del Acta de la Independencia y el Pacto de Concordia.....	99
Figura 0-1. Fotografía multispectral del folio 127 del Acta de la Independencia, arriba la imagen de ultravioleta de reflectancia, en el medio la fotografía de ultravioleta de fluorescencia y abajo la imagen visible.....	119
Figura 0-2. Fotografía multispectral del folio 127 del Acta de la Independencia, arriba la imagen de color falso de infrarrojo, abajo la imagen contraluz.....	120

Índice de Cuadros

Cuadro 0-1. Clasificación de las páginas de acuerdo con el color observado de las tintas. Las páginas mixtas contienen más de un color de tinta observado.....	17
Cuadro 0-2. Páginas analizadas en cada una de las categorías de color observado En tintas	17
Cuadro 0-3. Parámetros a, b y c de la ecuación de la curva de calibración de hierro y calcio, junto con sus respectivos errores estándar.....	21
Cuadro 1-1. Asignación de bandas del espectro infrarrojo para los papeles a base de algodón, basada en Hajji 2015 ⁴	39
Cuadro 1-2. Elementos cuantificables (C), no cuantificables (NC) y ausentes (A) en el papel del Acta de la Independencia (AI), el Acta de los Nublados folio 1 (N1), el Acta de los Nublados folio 2 (N2), y las 12 páginas muestreadas del Pacto de Concordia	41
Cuadro 1-3. Porcentaje en masa de hierro y calcio en el papel del Acta de la Independencia (AI), Acta de los Nublados folio 1 (N1), Acta de los Nublados folio 2 (N2), y el Pacto de Concordia.	42
Cuadro 1-4. pH del Acta de la Independencia y el Acta de los Nublados (folios 1 y 2).....	43
Cuadro 1-5. Rangos de pH de las 35 hojas del Pacto de Concordia.....	43
Cuadro 1-6. Color de las tintas de acuerdo al polifenol dominante en la receta, basado en Hidalgo 2018 ¹¹	45
Cuadro 1-7. Elementos cuantificables (C), no cuantificables (NC) y ausentes (A) en las tintas del Acta de la Independencia (AI), el folio 1 del Acta de los Nublados (N1), el Folio 2 del Acta de los Nublados (N2) y 24 páginas elegidas al azar del Pacto de Concordia.	50
Cuadro 1-8. Porcentaje de Hierro y Calcio en las tintas del Acta de la Independencia (AI), Acta de los Nublados folio 1 (N1), Acta de los Nublados folio 2 (N2) y 24 páginas elegidas al azar del Pacto de Concordia	51
Cuadro 1-9. Pruebas t entre la concentración de hierro y calcio en las áreas entintadas y el papel.	53
Cuadro 1-10. Elementos cuantificables (C), no cuantificables (NC) y ausentes (A) en los sellos del Acta de la Independencia (AI) y las 6 páginas muestreadas del Pacto de Concordia.....	59
Cuadro 1-11. Porcentaje en masa de hierro y calcio en los sellos del Acta de la Independencia (AI) y el Pacto de Concordia.	61
Cuadro 1-12. Pruebas t para la concentración de hierro y calcio entre el sello superior y el sello inferior, y entre las áreas selladas y el papel	62
Cuadro 2-1. Parámetros considerados para evaluar la condición de tintas y sellos en el documento, la escala de estos parámetros y su peso en el modelo.....	71
Cuadro 2-2. Parámetros considerados para evaluar la condición microbiológica del soporte de papel. la escala de estos parámetros y su peso en el modelo.....	74

Cuadro 2-3. Parámetros considerados para evaluar la condición física del soporte de papel, la escala de estos parámetros y su peso en el modelo.....	75
Cuadro 2-4. Posición de las 35 páginas reverso y 35 páginas vuelto del Pacto de Concordia en la escala de deterioro generada	80
Cuadro 2-5. Índices de: condición de las tintas, condición física del soporte de papel y condición microbiológica del soporte de papel para el Acta de la Independencia y los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados.	81
Cuadro 2-6. Índice condición de tintas de las 35 páginas derecho y 35 páginas reverso del Pacto de Concordia ...	82
Cuadro 2-7. Índice condición microbiológica del soporte de papel de las 35 páginas derecho y 35 páginas reverso del Pacto de Concordia.....	82
Cuadro 2-8. Índice condición física del soporte de papel de las 35 páginas derecho y 35 páginas reverso del Pacto de Concordia.....	83

RESUMEN

En el año 2021, Costa Rica celebra 200 años como república independiente. En conmemoración de este evento se realiza la evaluación del estado de conservación de tres documentos de 1821: el Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia. En este trabajo se emplean técnicas físico-químicas de carácter no destructivo, con el fin de responder cuál es la composición de los papeles, tintas y sellos que constituyen estos documentos, y su vinculación con el estado general de las obras. Se espera que este trabajo pueda dar una guía para la conservación de estos documentos.

ANTECEDENTES

Múltiples documentos de importancia histórico-cultural se han caracterizado en diferentes partes del mundo. Sin embargo, dada la vinculación histórica con el proyecto propuesto, el estudio de Ruvalcaba et al.¹ constituye el principal precedente a nivel latinoamericano. En el estudio no destructivo del Acta de Independencia del imperio mexicano de 1821 se emplea imágenes multiespectrales y fluorescencia de rayos X (XRF) para el estudio de tintas. Para el análisis del papel se utiliza Raman y XRF. Otro estudio donde se da una caracterización completa de papeles, aditivos y tintas es la caracterización mediante Raman de algunos documentos sardos de los siglos XIV-XVI, de Chiriu et al.², en él se caracteriza “La Divina Comedia”, la “Carta De Logu” y otros documentos valiosos de los siglos XV y XVI.

Previo al proceso de restauración de un documento es importante realizar una evaluación del deterioro y conocer la composición del soporte de papel y tintas. González³ aborda la primera de estas tareas. En el diagnóstico del estado de conservación de los libros patrimoniales del siglo XIX de la Biblioteca Pública Provincial “Rubén Martínez Villena” de La Habana se documenta el estado de conservación de algunas de las colecciones más valiosas de esta biblioteca. En este estudio se realiza un muestreo aleatorio estratificado y el daño se clasifica en: soporte amarillento, soporte quebradizo, manchas, roturas, dobleces, suciedad, tintas pálidas, tintas con corrosión y deterioro biológico. Este estudio se basa únicamente en observaciones *in situ*; sin embargo, para este proyecto se propone emplear

la fotografía multiespectral como base para la clasificación de las marcas de deterioro de los documentos de interés.

Para estudiar el soporte de papel se han empleado múltiples técnicas. En el estudio de manuscritos marroquíes de los siglos XVI, XVII y XVIII, de Hajji et al.⁴, se emplea resonancia magnética nuclear de carbono 13 con polarización cruzada bajo giro en ángulo mágico (¹³C CP-MAS NMR), espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada (ATR FT-IR) y difracción de rayos X (XRD) para caracterizar la estructura orgánica del papel. Para el estudio de los aditivos del papel se emplea espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES) y microscopía electrónica de barrido (SEM). En el estudio de Chiriu et al.⁵ se evalúa el proceso de degradación del papel a partir de espectros de Raman y se plantea un modelo cinético para la hidrólisis de la celulosa. Mientras que, Hajji y colegas^{6,7} emplean ATR FT-IR para definir las rutas de degradación de la celulosa y estudiar los aditivos del papel. En el caso del trabajo de Trafela et al.⁸ se determina el grado de polimerización del papel, el contenido de aluminio, cenizas, lignina y el pH del papel por métodos destructivos. Posteriormente, se relacionan estos parámetros con las señales de los espectros de ATR FT-IR.

El Acta de la Independencia de Costa Rica, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia fueron redactados en el siglo XIX. Las tintas más comunes durante este periodo histórico fueron las tintas ferrogálicas. El estudio de estas tintas ha cobrado mucho interés pues con el paso del tiempo las áreas entintadas son víctimas de corrosión, lo que puede llevar a la pérdida documental. La Oficina Nacional del Patrimonio Cultural del Ministerio de Educación, Cultura y Ciencia de Holanda, establece protocolos para la restauración de documentos con tintas ferrogálicas.⁹ Es por ello que resulta importante la identificación y caracterización de estas tintas; a fin de entender las reacciones que llevan al deterioro y escoger un protocolo de restauración adecuado para los documentos que las contienen.

En términos generales, las tintas ferrogálicas se preparan a partir de sulfato de hierro(II), ácidos gálicos o tánicos, resinas, agentes emulsificantes y dispersantes.¹⁰ En el trabajo de Hidalgo et al.¹¹ se sintetizan tintas ferrogálicas a partir de diferentes recetas medievales y se documentan los corrimientos de Raman característicos de este tipo de tintas. Lee y colegas^{12,13} emplean Raman para la identificación de tintas ferrogálicas en documentos de los siglos XII, XVIII, XIX y XX. En la investigación de Ponce et al.¹⁰ se sintetiza galato de hierro(III) y se realiza la elucidación estructural mediante espectroscopia infrarroja, Raman, difracción de rayos X, espectroscopia foto electrónica de rayos X y espectroscopia de

Mössbauer. Además, se estudian tintas ferrogálicas presentes en un manuscrito de George Washington. En el trabajo de Thomas et al.¹⁴ se estudian las tintas ferrogálicas mediante XRF y HPLC-PCA (cromatografía líquida de alta resolución con análisis de componentes principales). Mientras que, en la investigación de García et al.¹⁵ se estudian estas tintas exclusivamente mediante XRF y se relaciona la composición con la proveniencia geográfica y el deterioro.

Las técnicas empleadas en este proyecto serán ATR FT-IR, XRF e imágenes multiespectrales. Si bien el Raman aporta información valiosa tanto para el estudio de tintas como de papel, no formará parte del proyecto, pues el equipo portátil no tiene la sensibilidad necesaria para esta tarea. ¹³C CP-MAS, NMR, ICP-AES, HPLC-PCA y los protocolos propuestos por Trafela et al.⁸ no se pueden emplear en el contexto del proyecto por tratarse de técnicas destructivas. Mientras que, en el caso de XRD y SEM, no se cuenta con equipos portátiles.

El procedimiento de imágenes multiespectrales permite identificar pigmentos y tintas importantes en la historia del arte, a partir de fotografías en diferentes zonas del espectro e imágenes de color falso¹⁶. La identificación de tintas ferrogálicas por este medio se basa en que estas tintas son invisibles en el infrarrojo, rojas-púrpuras en la imagen de color falso¹⁷ y muy oscuras en el UV¹. El daño por oxidación se reconoce por la presencia de zonas negras en la imagen de color falso¹⁷. Estas tintas han sido identificadas de este modo por Havermans et al.¹¹, Ruvalcaba et al.¹, Havermans et al.¹⁸, entre otros. Esta técnica ha sido utilizada en otras piezas de patrimonio cultural como la Madonna y el niño de la colección Igels en Suecia¹⁹; la Resurrección de Cristo de Andrea Mantegna y la Crucifixión de Viterbo de Miguel Ángel²⁰; objetos arqueológicos griegos²¹; pinturas del periodo prehispánico, murales, cerámicas y documentos del siglo XX en México²²; entre muchos otros.

La fluorescencia de rayos X resulta especialmente útil, pues permite determinar la composición elemental de las tintas y los aditivos del papel. Esta técnica tiene su fundamento en el efecto fotoeléctrico, donde un átomo es bombardeado por rayos X de alta energía ocasionando la expulsión de un electrón de las capas más cercanas al núcleo. Esto ocasiona una vacante en la capa interna, la cual es ocupada por un electrón de un nivel energético superior. Cuando esto ocurre se emite un fotón de fluorescencia, cuya energía es la diferencia entre el electrón y el nivel energético donde se encontraba la vacante. Cada elemento cuenta con diferentes transiciones energéticas, por lo que cada elemento genera un patrón único que permite su identificación²³.

La principal herramienta para el estudio del soporte de papel en este proyecto será el espectro infrarrojo. Esta técnica tiene su origen en los fotones de la región infrarroja, que son absorbidos por transiciones entre dos niveles vibracionales de una molécula en estado basal²⁴. El infrarrojo resulta particularmente útil dada la naturaleza orgánica de la muestra. Además, aporta información respecto a los aditivos del papel. Los aditivos generalmente son sulfatos o carbonatos, ya sea de calcio, bario o magnesio⁶.

El Acta de los Nublados, el Acta de la Independencia de Costa Rica y el Pacto de Concordia son piezas esenciales del patrimonio documental de nuestra nación. Estos son los únicos documentos que existen en Costa Rica para respaldar el proceso de Independencia. Por esta razón resulta necesario preservarlos y protegerlos ya que cualquier amenaza constituiría una gran pérdida para la nación y para la región²⁵. Hasta la ejecución de este trabajo no se contaba con una evaluación del estado de conservación de estos documentos. Se desconocía la composición del soporte de papel y tintas. Además, no se contaba con un protocolo de conservación y restauración especial para ellos.

Durante años, en nuestro país, la conservación ha estado en manos de profesionales de las humanidades y restauradores técnicos. Es necesario que los profesionales de ciencias básicas nos involucremos de manera más dinámica en esta área, para enfrentar los retos desde el método científico, sin perder de vista la experiencia de los restauradores empíricos y profesionales de diversas áreas del conocimiento²⁶. Es por ello que se plantea hacer una evaluación del estado de deterioro del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia con motivo de la celebración del bicentenario de la Independencia de Costa Rica. Se espera que este trabajo dé una guía para la futura restauración y conservación de los documentos.

El presente trabajo está compuesto por dos capítulos. En el primero de ellos se realiza una descripción de los documentos a nivel físico, posteriormente se describe la composición del soporte de papel, sus sellos y tintas. En el segundo capítulo se propone un modelo para evaluar el deterioro de los documentos. Este instrumento es aplicado a partir de la observación *in situ* bajo luz visible y luz ultravioleta. Los resultados son contrastados con la fotografía multiespectral de los documentos. Finalmente, se realizan gráficas de correlación de Spearman con el fin de relacionar la composición de los documentos con los índices de deterioro del modelo propuesto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado de deterioro del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia mediante la caracterización del papel y tintas que componen estos documentos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar las marcas de deterioro de los documentos a partir de fotografía multiespectral y observaciones *in situ*.
- Caracterizar el soporte de papel del Acta de la Independencia de Costa Rica, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia mediante mediciones de pH, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada y fluorescencia de rayos X.
- Caracterizar las tintas del Acta de la Independencia de Costa Rica, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia mediante fotografía espectral y fluorescencia de rayos X.

METODOLOGÍA

1. MUESTREO

En el presente proyecto, se analizan el Acta de los Nublados, el Acta de la Independencia y el Pacto de Concordia. El Acta de los Nublados consta de dos pliegos, cada uno de ellos una copia original; el Acta de la Independencia está constituida por las páginas 126 reverso, 127 derecho y 127 reverso del libro de Actas del ayuntamiento de Cartago de 1821; y El Pacto de Concordia cuenta con 35 páginas por ambos lados.

Se realiza un muestreo aleatorio estratificado de los documentos descritos. Dada la extensión del Acta de la Independencia y el Acta de los Nublados todas las páginas son analizadas. En el caso del Pacto de Concordia se analiza el soporte de papel en 12 hojas elegidas al azar. Se analizan las páginas 2, 3, 6, 10, 13, 14, 15, 19, 24, 27, 33 y 35. Los dos sellos de la corona española presentes en el enunciado de la

página se analizan en 6 hojas elegidas al azar. Se analizan las páginas 2, 6, 13, 14, 27 y 35. La tinta de los textos se analiza en 27 páginas elegidas de manera aleatoria y estratificadas por color. El Cuadro 0-1 muestra la clasificación de las páginas del Pacto de Concordia de acuerdo con su color observado. El Cuadro 0-2 indica las páginas que se analizaron. En cada página se analizan entre 2 y 5 puntos de acuerdo con las fichas de muestreo disponibles en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1KarAPajxAIL2M4gAOGHI5sqNxQCZbWQY?usp=sharing>

En total se realizan 26 mediciones de papel, 42 mediciones de sellos y 131 mediciones de tintas. El criterio de muestreo fue analizar como mínimo la raíz cuadrada del tamaño de la muestra, en aquellas muestras menores o iguales a 10 objetos, se analizan la totalidad de los objetos.

CUADRO 0-1. CLASIFICACIÓN DE LAS PÁGINAS DE ACUERDO CON EL COLOR OBSERVADO DE LAS TINTAS. LAS PÁGINAS MIXTAS CONTIENEN MÁS DE UN COLOR DE TINTA OBSERVADO.

Categoría de tinta	Páginas incluidas en la categoría
Naranja	1D, 1R, 2R, 5R, 7R, 8D, 9R, 10R, 16D
Dorado	3D, 3R, 4D, 4R, 9D, 13R, 14D, 14R, 15D, 15R, 17R
Dorado-Plateado	11D, 11R, 12D, 12R, 29R, 30D, 30R, 31D, 31R, 33D, 33R, 34D, 34R
Negro	Desde la 18R hasta la 29D
Mixtas	2D, 5D, 6D, 6R, 7D, 8R, 10D, 13D, 16R, 17D, 18D, 32D, 32R, 35D

CUADRO 0-2. PÁGINAS ANALIZADAS EN CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE COLOR OBSERVADO EN TINTAS

Categoría de tinta	Páginas analizadas
Naranja	1D, 1R, 2R, 5R, 7R, 8D, 9R, 10R, 16D
Dorado	3R, 9D, 14R, 15R
Dorado-Plateado	11D, 12D, 30R, 34R
Negro	18R, 20D, 23R, 26D, 27D
Mixtas	2D, 13D, 32D, 35D

2. TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN

A continuación, se describan las técnicas de caracterización empleadas en el proyecto

2.1. FOTOGRAFÍA MULTIESPECTRAL

Para la fotografía multiespectral se empleó una cámara Nikon D7200 modificada por Lifepixel. Se tomaron fotografías en el espectro visible (Vis), infrarrojo (IR), ultravioleta de fluorescencia (UVF) y ultravioleta de reflectancia (UVR). Adicionalmente, se generaron imágenes de infrarrojo de color falso (IRFC). Esto para el Acta de la Independencia, los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados y las 35 páginas del Pacto de Concordia. Las imágenes se pueden encontrar en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1nThelI27dWnslXaOoFeJ59qkZrwZNSMTD?usp=sharing>

Para las fotografías visibles se empleó el equipo de iluminación SAVAGE 500W LED STUDIO LIGHT KIT R. Las condiciones de la cámara empleadas son las siguientes: apertura f/8, tiempo de exposición 1/5s, ISO 200, distancia focal 50mm. Además, se realizaron calibraciones de color con el estándar “ColorChecker”²⁷. Para ello, en el programa “colorchecker Camara calibration”²⁸ se creó el perfil de color para la cámara e iluminación empleadas. En el programa Adobe Photoshop²⁹ se le aplicó este perfil de color a la totalidad de las fotografías. Finalmente, a las fotografías se les aplicó un contraste de 78, brillo -26, y la exposición se ajustó de tal forma que el blanco del fondo en todas las fotografías fuese igual al de la página 1D del Pacto de Concordia. Las condiciones particulares de cada fotografía se detallan en los archivos .xmp, presentes en el enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1ExkoZtjqGZZJ_gpOuvW5RqRd2iOpQ7bu?usp=sharing

Las fotografías visibles resultan útiles para medir el color de las tintas, sellos y papeles, y asociar el color con otros parámetros como pH, composición o deterioro. Se emplea del programa Adobe Photoshop para medir el color de los puntos especificados en las fichas de muestreo (ver sección 1. **Muestreo**). El color se mide en el sistema CIE $L^*a^*b^*$. Donde el parámetro L^* representa la luminosidad desde cero (negro) a 100 (blanco), a^* y b^* son coordenadas cromáticas: a^* representa el color rojo (positivo) y el color verde (negativo), mientras que b^* es el color amarillo (positivo) y el azul (negativo). Adicionalmente, las fotografías visibles brindan un diagnóstico del deterioro en término de rasgaduras, intervenciones, manchas, etc.

Para las fotografías infrarrojas se emplea el mismo equipo de iluminación de la fotografía visible, haciendo cambio por bombillos de tungsteno. Las condiciones de la cámara son las siguientes: apertura f/8, tiempo de exposición 1/5s, ISO 200, distancia focal 50mm. La edición de las fotografías se realiza en Adobe Photoshop, en este programa se selecciona el modo escala de grises y se aumenta el brillo a 100. La fotografía infrarroja permite revelar la respuesta de las tintas respecto a la radiación infrarroja y clasificarlas en transparentes o absorbentes de esta radiación¹⁹.

A partir de la fotografía visible y la fotografía infrarroja se genera la fotografía de infrarrojo de color falso (IRFC). Para ello, se emplea el programa Adobe Photoshop. En el canal correspondiente al rojo se coloca la información de la fotografía infrarrojo. En el canal del verde se coloca el rojo y en el canal del azul se coloca el verde, ambos de la fotografía visible. La fotografía IRFC hace más notorias las diferencias de color y facilita la diferenciación de tintas²².

Las fotografías UVR y UVF permiten diagnosticar manchas de humedad, problemas de orden biológico como colonias de hongos, e identificar porciones de tinta fuera de la línea de escritura. Para las fotografías de ultravioleta de fluorescencia (UVF) y ultravioleta de reflectancia (UVR) se emplea el mismo equipo de iluminación de la fotografía visible, haciendo cambio por bombillos CFL de luz UV de 20 W. Las condiciones de la cámara fueron las siguientes: apertura f/8, tiempo de exposición 5.00 s, ISO 200, distancia focal 50mm. Las fotografías se editaron de tal forma que el blanco del fondo fuese equivalente entre las fotografías. Las condiciones se detallan en los archivos .xmp, presentes en el enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1nThel27dWnslXaOoFeJ59qkZrwZNSMTD?usp=sharing>

Adicionalmente, se toman fotografías contraluz con el fin de documentar los sellos de agua presentes en los documentos (Figura 1-1, Figura 1-4 y Figura 1-7). Para tomar las fotografías contraluz se coloca el documento contra una pantalla de luz blanca. Las condiciones de la cámara son las siguientes: apertura f 11, tiempo de exposición 1/5s, ISO 200, distancia focal 50mm. La edición de las fotografías se realiza en Adobe Photoshop, en este programa se aplica un filtro de rojo profundo al 43 %, se aumenta el contraste a 78 y se disminuye el brillo a -25.

2.2. FLUORESCENCIA DE RAYOS X (XRF)

La fluorescencia de rayos X permite determinar la composición elemental de las tintas, sellos y aditivos del papel. Para esta técnica, las mediciones se realizan en los puntos especificados en las fichas de muestreo (ver sección 1. **Muestreo**). Se emplea el equipo portátil de fluorescencia de rayos X “Elio” de la compañía XGlab. Este equipo se opera con una resolución de energía de 140 eV medida en la línea $K\alpha$ del Manganese. Se emplea un detector de deriva de silicio (SDD) con un área activa de 25 mm², el haz de fluorescencia se encuentra posicionado a 63.5°, con un ángulo incidente de 90°, y una distancia entre la muestra y el detector de 14 mm. La corriente se ajusta a 80 μ A, el voltaje a 50 KV y el tiempo de medida es de 300 s. En el siguiente enlace se muestran los archivos .MCA obtenidos:

<https://drive.google.com/drive/folders/15ddHJNFO8ymIdOPkN6Tq3bp8UBN0UgNQ?usp=sharing>

Los datos se analizan mediante el software XRS-FP2 de CrossRoads Scientific³⁰, bajo las condiciones de radio señal-ruido 0.5 y tolerancia para identificación de las señales del 60 %. Las señales se dividen en “Ausentes”, debajo del límite de detección del software bajo las condiciones de señal ruido y tolerancia establecidas; “No.Cuantificables”, por encima del límite de detección pero debajo del límite de cuantificación del software; y “Cuantificables”, por encima del límite de cuantificación del software.

Se genera una base de datos que incluye los siguientes elementos: hierro (en la línea $K\alpha$), calcio (línea $K\alpha$), zinc (línea $K\alpha$), potasio (línea $K\alpha$), azufre (línea $K\alpha$), cloro (línea $K\beta$), plomo (línea $L\alpha$), cobre (línea $K\alpha$), manganeso (línea $K\alpha$), silicio (línea $K\alpha$) y bismuto (línea $K\alpha$). Para cada una de las mediciones se indica si cada uno de los elementos mencionados están ausentes, no cuantificables o cuantificables. Para los elementos cuantificables se indica el área bajo la curva integrada mediante el programa XRS-FP2. Para el hierro y al calcio se construyen curvas de calibración, de tal manera que las áreas bajo la curva son cambiadas por concentración en porcentaje en masa de estos elementos.

Para la cuantificación de hierro y calcio se emplean los patrones NIST 70b³¹, 88b³², 688³³ y 99b³⁴. Se realizan 4 mediciones de cada patrón. Con el programa XRS-FP2 se integran las áreas bajo la curva. Con el programa R³⁵ se generan curvas de “porcentaje en masa” (valor certificado en la ficha técnica NIST) vs “área bajo la curva para la línea $K\alpha$ del elemento”. Se emplearon los paquetes ggplot³⁶ y readr³⁷, el anexo 1 muestra el código utilizado. La Figura 0-1 muestra la curva de calibración del hierro, mientras que la Figura 0-2 muestra la curva de calibración del calcio.

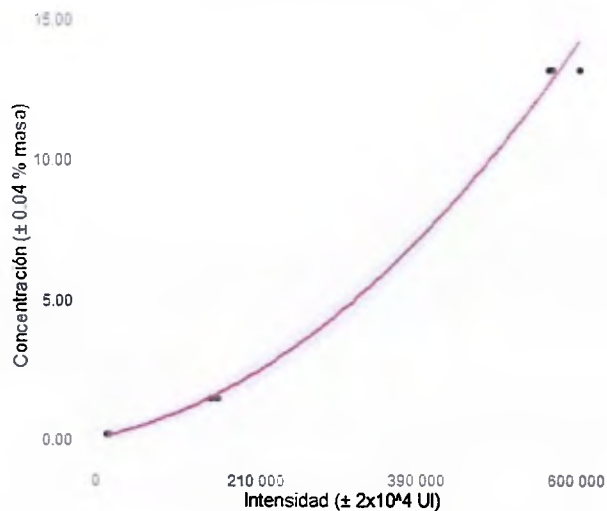


FIGURA 0-1. CURVA DE CALIBRACIÓN DEL HIERRO

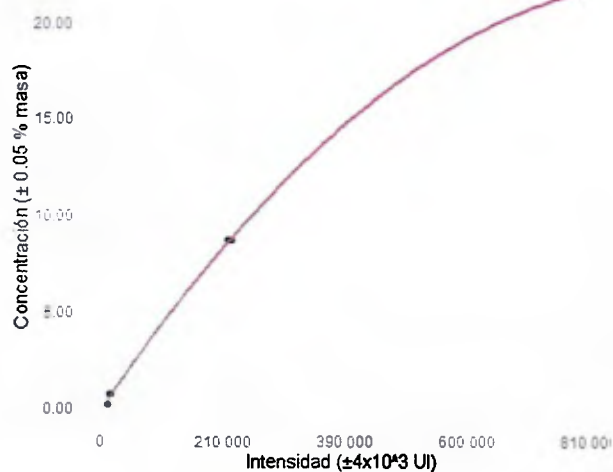


FIGURA 0-2. CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CALCIO

Tanto para el hierro, como para el calcio, se realiza un ajuste polinomial de grado 2. Esto bajo la ecuación: “Cn (% en masa) = a * Área bajo la curva + b (Área bajo la curva)² + c”. El Cuadro 0-3 muestra el valor de los parámetros “a”, “b” y “c” para el hierro y el calcio, junto con su error estándar asociado. A partir de estas ecuaciones se extrapola la concentración de hierro y calcio en las muestras.

CUADRO 0-3. PARÁMETROS A, B Y C DE LA ECUACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN DE HIERRO Y CALCIO, JUNTO CON SUS RESPECTIVOS ERRORES ESTÁNDAR

Elemento	a	Error std. a	b	Error std. b	c	Error std. c
Fe	5.842 x10 ⁻⁶	2.136x10 ⁻⁶	2.92x10 ⁻¹¹	3.479x10 ⁻¹²	0.02324	0.1421
Ca	4.684 x10 ⁻⁵	4.874 x10 ⁻⁷	-2.462 x10 ⁻¹¹	5.971 x10 ⁻¹³	-0.1293	0.04471

Las mediciones de XRF se realizan entre el 28 de febrero al 3 de marzo de 2020, antes de empezar cada periodo de medición, se mide una misma muestra que contiene plata y cobre, a fin de verificar que la calibración de energía y las áreas bajo la curva se mantengan constantes a lo largo del tiempo. La Figura 0-3 muestra la variación de las áreas bajo la curva del cobre y la plata a través de los 7 días de medición.

Para la Ka de la plata se obtiene un coeficiente de variación del 1.9 %, para la Kb 1.4 %, para la Ka del cobre 7.4 % y para la Kb del cobre 6.6 %.

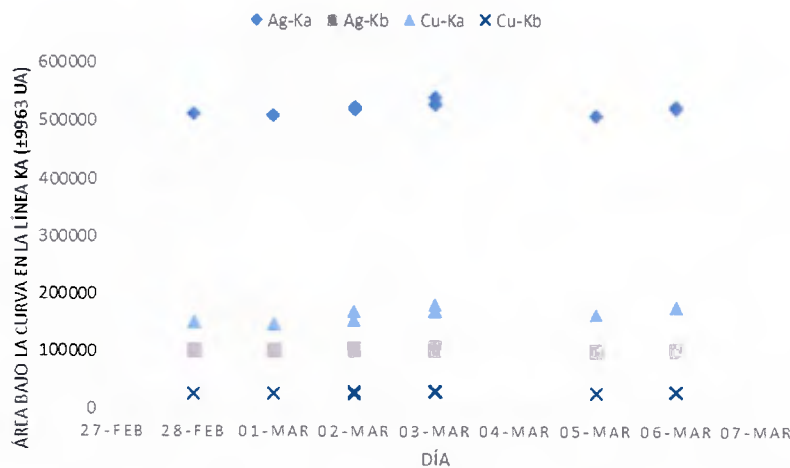


FIGURA 0-3. ÁREA BAJO LA CURVA DE LA KA DE LA PLATA, KB DE LA PLATA, KA DEL COBRE Y KB DEL COBRE, ESTO PARA LOS SEIS DÍAS DE MEDICIÓN 28 DE FEBRERO, 1, 2, 3, 5 Y 6 DE MARZO DE 2020.

En el caso del hierro el coeficiente de variación para las áreas bajo la curva de los patrones NIST oscila entre el 1.1 % y el 3.2 %. Para el calcio este coeficiente de variación oscila entre el 0.6 % y el 2.6 %. La incertidumbre de las áreas bajo la curva de las muestras de hierro y calcio se calcula a partir del coeficiente de variación del patrón NIST cuya área bajo la curva sea más cercana a la muestra. La incertidumbre de la concentración en porcentaje en masa se calcula como una incertidumbre combinada de las operaciones involucradas en la extrapolación. Para ello se emplea el paquete *ScientificErrorAnalysis* del programa maple 17³⁸ (ver código en el anexo 2). Finalmente, se multiplica por $k=2$ para obtener una incertidumbre expandida con un 95 % de confianza bajo una distribución normal.

2.3. ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER POR REFLECTANCIA TOTAL ATENUADA (ATR-FTIF)

En esta investigación se miden los espectros infrarrojos del Acta de la Independencia (14 mediciones), el Acta de los Nublados folio 1 (26 mediciones), el Acta de los Nublados folio 2 (22 mediciones) y las 35 páginas del Pacto de Concordia (162 mediciones). La colección completa de espectros se puede encontrar en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1AW8AUNQ3p2r66RJJl_s5-R5OO6tueb15?usp=sharing

Los espectros incluyen zonas de papel limpio, zonas de *foxing*, zonas de tintas, zonas de corrosión de tintas y sellos. Para efectos de este trabajo el análisis se limita a determinar el sustrato orgánico del papel. La información obtenida se contrasta con la base de datos de infrarrojos *lisa.chem*, del Instituto de Química de la Universidad de Tartu en Estonia³⁹ y registros históricos sobre la composición del papel de la época. Sin embargo, la colección de espectros generada constituye un punto de partida para futuras investigaciones.

Los espectros se obtienen en el modo de reflectancia total atenuada del espectrofotómetro infrarrojo portátil BRUKER ALPHA II, con un accesorio ATR de platino y un cristal de diamante monolítico. Los espectros son tomados con una resolución de 4 cm^{-1} , en un rango de frecuencia entre 400 y 4000 cm^{-1} . Cada espectro está formado por un promedio de 66 escaneos. Los espectros generados son tratados mediante el programa R con el paquete *ggplot2*³⁶, el anexo 3 muestra el código empleado.

2.4. MICROSCOPIA DE LUZ

Para mostrar el estado de los documentos a nivel microscópico se toman fotos con el microscopio digital portátil “500X Professional Handheld LCD Digital Microscope 3”, tanto de las fibras del papel como de tintas y regiones de interés. Posteriormente se les añade la escala a las fotografías por medio del software “PortableCapture”. La colección de fotografías puede encontrarse en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1K6ogz_XA2t7I6n9azA9O3fTWcq_cR6dW?usp=sharing

2.5. MEDICIONES DE pH

Se mide el pH del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados (folios 1 y 2), y las 35 páginas del Pacto de Concordia. Se realiza 1 medición por hoja, pues cada medición introduce humedad en el documento, por lo que se reduce al mínimo el número de mediciones. Se emplea un pHmetro Hanna hi 99171 y se sigue la norma TAPPI T 529 Om-14⁴⁰ para la medición del pH de superficie. El pH de cada folio puede encontrarse en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/file/d/1Gyv78n4sM9CY9PPXxvZ40QPYZhKwRJR5/view?usp=sharing>

3. DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA PROPUESTA DE MODELO DE DAÑO

Para evaluar el deterioro de los documentos se propone un modelo de daño. A la condición de las tintas y sellos se le asigna un peso del 35 %, a la condición microbiológica del soporte de papel se le asigna un peso del 35 % y a la condición física del soporte de papel se le asigna un 30 %. El Cuadro 2-1 muestra los parámetros considerados al evaluar la condición de tintas y sellos. El Cuadro 2-2 muestra los parámetros involucrados al evaluar la condición microbiológica del soporte de papel. Finalmente, el Cuadro 2-3 muestra los parámetros involucrados al evaluar la condición física del soporte de papel.

Cada parámetro tiene una escala y un peso. El valor mínimo de la escala equivale al peso mínimo (0 %), mientras que el valor máximo en la escala equivale al peso máximo. El peso de los valores medios de la escala se calcula por extrapolación, al realizar un ajuste lineal entre el valor mínimo de la escala-peso mínimo, y el valor máximo de la escala-peso máximo.

Para obtener el índice de deterioro del modelo propuesto se realiza la sumatoria de pesos de todos los parámetros involucrados en el modelo. El resultado es un índice del 0 al 10. Adicionalmente, se calcula el índice de condición de las tintas, el índice de condición microbiológica del soporte de papel, y el índice de condición física del soporte de papel. Para calcular estos índices se hace la sumatoria de los pesos de los parámetros involucrados en la condición de tintas y sellos, condición microbiológica del soporte de papel, o condición física del soporte de papel, según corresponda. Posteriormente se reajusta la escala para generar un índice del 1 al 5. Donde 1 significa muy bien, 2 bien, 3 intermedio, 4 mal, 5 muy mal.

Para el Acta de la Independencia (reverso y vuelto del folio), los dos folios del Acta de los Nublados (reverso y vuelto) y los 35 folios del Pacto de Concordia (reverso y vuelto), se evalúan los parámetros involucrados en el modelo de deterioro propuesto. Esto a partir de la observación in situ bajo luz visible y luz ultravioleta. Se realiza la sumatoria de los pesos y se calcula: el índice de deterioro según el modelo de daño propuesto, el índice de condición de las tintas, el índice de condición microbiológica del soporte de papel, y el índice de condición física del soporte de papel. La base de datos generada puede encontrarse en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/file/d/1bxcTYbigYsv4W2u1lYxKHe1et58M25Fz/view?usp=sharing>

La asignación de índice de deterioro según el modelo de daño propuesto se contrasta con la apariencia de los documentos en la fotografía multiespectral. A partir de la fotografía multiespectral se

diagnostican daños en los documentos, y se justifica la posición de 5 folios en la escala de deterioro propuesta.

4. TRATAMIENTO DE DATOS

4.1. GENERACIÓN DE BASES DE DATOS

Se generan 2 bases de datos, una de valores discretos y otra de valores continuos. La base de datos de valores continuos incluye: concentración de hierro; concentración de calcio; área bajo la curva de zinc, potasio, azufre, cloro y plomo; parámetros de color L^* , a^* , b^* ; y pH. La base de datos discreta incluye los parámetros de deterioro evaluados, los índices de deterioro y la indicación si los elementos Fe, Ca, Zn, K, S, Cl, Pb, Cu, Mn, Si y Bi se encuentran ausentes, no cuantificables o cuantificables. Los puntos considerados para la construcción de estas bases de datos son los indicados en las fichas de muestreo (ver sección 1. **Muestreo**). Las bases de datos pueden encontrarse en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1OvI-A3FY-1yLCqIqIv4YFH5e5PveO9Rf?usp=sharing>

4.2. CUADROS DESCRIPTIVOS

Las mediciones se categorizan en: papeles, tintas y sellos. Para cada categoría se generan cuadros descriptivos, indicando los elementos cuantificables, no cuantificables o ausentes. Adicionalmente, se generan cuadros con los promedios de hierro y calcio, con sus respectivas incertidumbres y desviaciones estándar. Adicionalmente, se confeccionan cuadros indicando el rango de pH de cada una de las páginas de los documentos. Los cuadros son generados mediante el programa R con los paquetes `readr`³⁷, `dplyr`⁴¹ y `ggpubr`⁴², el anexo 4 muestra el código empleado.

4.3. PRUEBAS T

Se realizan pruebas t de dos colas para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre la concentración promedio de hierro (o calcio) entre el papel y los sellos (o las tintas). En aquellos casos que la diferencia entre los promedios es estadísticamente significativa, se realizan pruebas t de una cola para determinar si la concentración promedio de hierro (o calcio) es significativamente mayor en las tintas (o sellos) que en el papel. Adicionalmente se realizan pruebas t de dos colas entre el sello superior y el sello inferior a fin de determinar si la diferencia en el promedio de concentración de hierro (o calcio) entre

el sello superior o inferior es estadísticamente significativa. Las pruebas permiten diferenciar si un elemento es un aditivo del papel o forma parte de la composición de una tinta (o sello). Además, permite diferenciar si el sello superior se diferencia en composición respecto al sello inferior. Las pruebas t se realizan mediante la calculadora online Social Science Statistics⁴³, a un nivel de confianza del 95%.

4.4. ANÁLISIS DE CLÚSTERES

Se realiza la agrupación de las tintas del Pacto de Concordia a partir de su composición elemental, coordenadas de color, pH e índice de deterioro de las tintas según el ICN⁴⁴. Para realizar esta agrupación se parte los datos de las bases de valores discretos y valores continuos (descritas en la sección 4.1. Generación de bases de datos). Se emplea el programa R con los paquetes readr³⁷, dplyr⁴¹, viridis⁴⁵ y pheatmap⁴⁶. El código utilizado se muestra en el anexo 5.

Para realizar la agrupación en clusters se calculan las distancias de Manhattan. La distancia de Manhattan entre dos puntos $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ e $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ en el espacio n-dimensional es la suma de las distancias en cada dimensión. Es decir,⁴⁷

$$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|. \quad (1)$$

Para agrupar las muestras en clústeres se emplea la función hclust. Esta función sigue una agrupación jerárquica aglomerativa que funciona de manera ascendente. Es decir, cada objeto se considera inicialmente como un grupo de un solo elemento (hoja). En cada paso del algoritmo, los dos grupos que son más similares se combinan en un nuevo grupo más grande (nodos). Este procedimiento se repite hasta que todos los puntos son miembros de un solo gran clúster (raíz). Para medir la disimilitud entre 2 clústeres de observaciones se sigue el método Ward.D2. El método Ward.D2 se caracteriza por que las disimilitudes se elevan al cuadrado antes de agrupar. El método de varianza mínima de Ward minimiza la varianza total dentro de los clústeres, y en cada paso, se fusiona el par de clústeres con la menor distancia entre ellos⁴⁸.

4.5. GRÁFICOS DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN

Los gráficos de correlación de Spearman se construyen con el fin de encontrar relaciones entre la composición elemental, el pH, el color y el deterioro, esto para el papel, las áreas entintadas y las áreas selladas. Se parte de las bases de datos de valores discretos y valores continuos descrita en la sección 4.1.

Generación de bases de datos. Primero se selecciona el tipo de muestra que se analizará, ya sea papel, áreas entintadas o áreas selladas. Luego se seleccionan los parámetros que se correlacionarán. Para todos los tipos de muestras se analizan los parámetros: pH; coordenadas de color L*, a*, b*; concentración de hierro y calcio; y si el zinc, potasio, cloro, plomo, azufre, manganeso, bismuto y cobre se encuentran ausentes, no cuantificables o cuantificables. Para el papel se considera además el índice de deterioro (según el modelo propuesto en la sección 3. **Desarrollo y aplicación de la propuesta de modelo de daño**). Para las áreas selladas se considera el deterioro de los sellos evaluado a partir de la escala del ICN (Figura 2-5). Finalmente, para las áreas entintadas se considera el deterioro de las tintas en el documento a partir de la escala del ICN (Figura 2-6). Para la construcción de los gráficos de correlación de Spearman se emplea el programa R con los paquetes readr³⁷, dplyr⁴¹ y corrplot⁴⁹. El código utilizado se encuentra en el anexo 6.

El rango de correlación de Spearman es una prueba estadística de correlación no paramétrica⁵⁰. La correlación es un análisis bivariable que mide la magnitud de asociación entre dos variables y la dirección de la relación. El valor del coeficiente de correlación varía entre +1 y -1, donde +1 equivale a la correlación positiva máxima entre las variables, -1 equivale a la correlación negativa máxima entre las variables. Cuando la correlación se aproxima a cero la relación entre las variables se vuelve más débil. La ecuación (2) muestra la fórmula a partir de la cual se calcula el coeficiente de correlación de rango de Spearman⁵¹

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (R(x_i) - \overline{R(x)})(R(y_i) - \overline{R(y)})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R(x_i) - \overline{R(x)})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (R(y_i) - \overline{R(y)})^2}} = 1 \quad (2)$$

$$= \frac{6 \sum_{i=1}^n (R(x_i) - R(y_i))^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde: n es el número de pares, R(x_i) es el rango de x_i, R(y_i) es el rango de y_i, $\overline{R(x)}$ es la media del rango de x, y $\overline{R(y)}$ es la media del rango de y⁵¹.

Este modelo se basa en las siguientes supuestos: los pares de observaciones son independientes, existe una relación monótona entre las variable y, las dos variables se deben medir en una escala ordinal, de intervalo o de razón⁵¹.

En la Figura 2-15, Figura 2-17 y Figura 2-16 los puntos rojos representan correlaciones negativas, mientras que los puntos azules representan correlaciones negativas. Aquellas correlaciones cuyo rango de

correlación de Spearman (ρ) no es significativamente diferentes de cero bajo un nivel de confianza del 95 % son eliminadas. Esto al realizar una prueba t de correlación de Pearson bajo las siguientes hipótesis⁵⁰

H_0 : Los rangos de las dos variables no están linealmente relacionadas ($\rho=0$)⁵⁰

H_A : Los rangos de las dos variables están linealmente relacionadas ($\rho\neq 0$)⁵⁰

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LOS DOCUMENTOS

En conmemoración de los 200 años de la Independencia de Costa Rica se realiza un estudio del deterioro y la composición del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia. A continuación, se brinda una breve descripción de los documentos objetos de estudio.

1.1. ACTA DE LA INDEPENDENCIA

El Acta de la Independencia de Costa Rica corresponde a los folios número 126 verso y anverso, y 127 verso y anverso, del “Libro de Sesiones del Muy Noble y Muy Leal Ayuntamiento Constitucional de la Ciudad de Cartago”, del año 1821. Los folios se encuentran escritos por el verso y el anverso. Este documento tiene dimensiones de 31.5 cm x 43.5 cm. El papel cuenta con un sello de agua en forma de jarrón con una asa y la inscripción J Montal (Figura 1-1). El folio número 126 contiene seis sellos claramente distinguibles, cuatro propios de la época, dos de cada tipo, idénticos entre sí. Y, además, ambos folios están sellados con un sello azul resiente, sello de propiedad del Archivo Nacional. La Figura 1-2 y la Figura 1-3 muestran los folios 126 y 127 respectivamente.



FIGURA 1-1. FOTO CONTRALUZ DE LA FILIGRANA DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA DE COSTA RICA

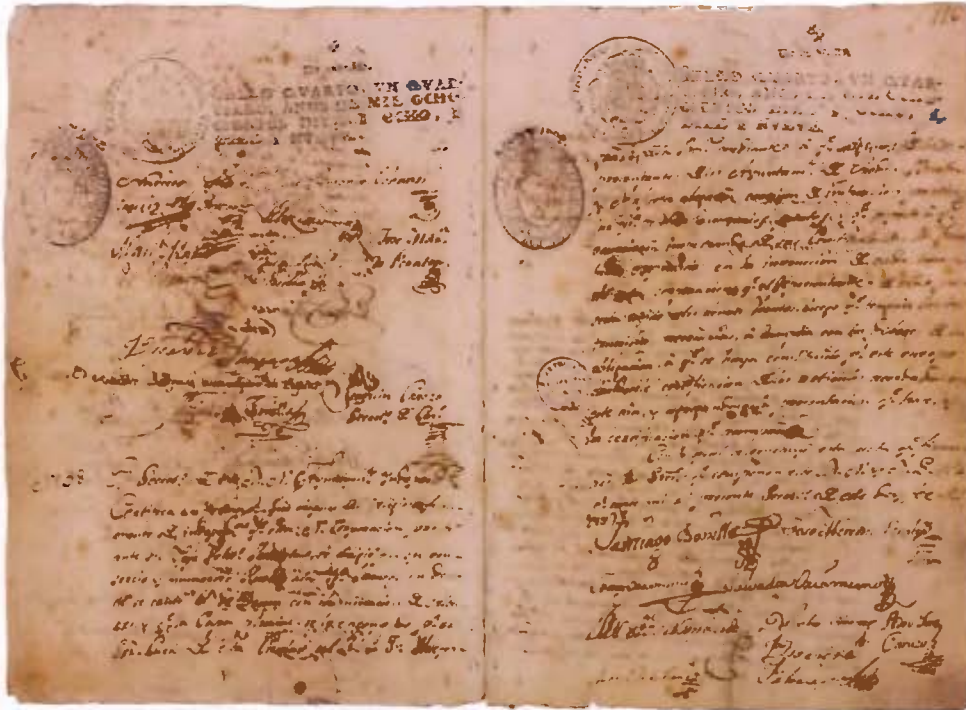


FIGURA 1-2. FOLIO 126 DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA

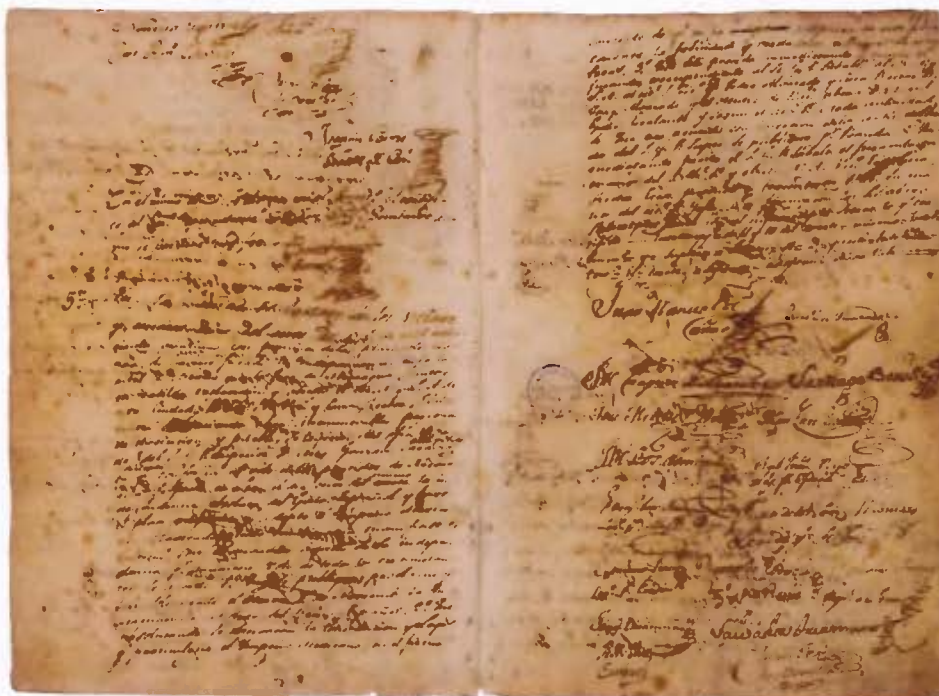


FIGURA 1-3. FOLIO 127 DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA.

1.2. ACTA DE LOS NUBLADOS

El Acta de los Nublados llega a Costa Rica en octubre de 1821 acompañada del Acta de la Independencia de Guatemala. El Acta de los Nublados fue firmada el 28 de septiembre de 1821 en León, Nicaragua⁵². Es una exhortación a no acogerse a la Independencia hasta que se cuente con mayor información y se “aclaren los Nublados del día”. Este documento consta de dos folios idénticos considerados copias originales entre sí. La Figura 1-5 muestra el folio 1, mientras que la Figura 1-6 muestra el folio 2. Ambos pliegos cuentan con una filigrana, la cual presenta la imagen de una sirena y la palabra FARRERAS, tal y como se muestra en la Figura 1-4. Los pliegos tienen dimensiones de 32 x 44 cm.



FIGURA 1-4. FOTOGRAFÍAS CONTRALUZ, A LA IZQUIERDA EL SELLO DE AGUA DEL FOLIO 1 DEL ACTA DE LOS NUBLADOS, A LA DERECHA EL SELLO DE AGUA DEL FOLIO 2 DEL ACTA DE LOS NUBLADOS

Alcaldes de la Prov. de Guayaquil y Cuzco

Q

- 1º Para D. Jurisdicción Provincial, e Ilmo. Decido, en virtud de las leyes q. han tenido lugar en Guayaquil el quince del corriente se han reunido y deliberado sobre las acusaciones de tanta entidad y trascendencia, extendiendo los expedientes acordados a la abstracción y total independencia de Guayaquil que para a la vez se ha acordado la independencia del Povo con Guayaquil hasta tanto q. se acaben las turbulencias de la y pueda estar esta Provincia con arreglo a lo q. ordena el cuerpo de Legislación y verdaderos intereses. - Que en la consecuencia continúen todas las autoridades continuadas en el ítem de las de las funciones con arreglo a la Constitución y a las leyes.
- 2º - Que se tomen las medidas mas eficaces para la conservación del orden y cumplimiento de las funciones públicas, previendo de los el mas eficaz auxilio; en la inteligencia de que el Povo no castiga severamente a q. perturbación de la tranquilidad pública y repugnancia a las autoridades. - Que se publique por bando de acuerdo comunicandole a toda la Provincia para su diligencia y observancia, anunciandole de la q. necesariamente se previene a q. punto dignos que oportunamente se toman en consideración sin omitir trabajo ni fatiga por el bien Religioso y Civil de este Povo. - Que se tomen las medidas de confianza han sido a sus autoridades. - Que se publique para la pronta inteligencia del Povo y cumplimiento de las leyes de las leyes. Dado en la ciudad de Guayaquil el día veinte y ocho de Septiembre de mil ochocientos veinte y cinco.
- 3º
- 4º
- 5º

Yo el Sr. Alcalde de Guayaquil Don Juan de Guzman
 Yo el Sr. Alcalde de Cuzco Don Juan de Guzman
 Yo el Sr. Alcalde de Guayaquil Don Juan de Guzman
 Yo el Sr. Alcalde de Cuzco Don Juan de Guzman
 Yo el Sr. Alcalde de Guayaquil Don Juan de Guzman
 Yo el Sr. Alcalde de Cuzco Don Juan de Guzman

FIGURA 1-5. FOLIO 1 DEL ACTA DE LOS NUBLADOS

Actas de las Cortes de la Tier.^a de Navarra y Guipúzcoa

Visto el Diferencial Provincial e Ilustrísimo Señalado en vista de los acuerdos que han tenido lugar en el Ayuntamiento el día del 10 de Mayo de 1789 y delib. de este Ayuntamiento de Navarra Guipúzcoa y Guipúzcoa extendiendo

- 1º de las siguientes: 1ª la absoluta, y total independencia de Navarra de la que antes se ha existido en Navarra. 2ª La independencia al Ayuntamiento de Navarra de todo que se refieren los nobles del País y Guipúzcoa con Navarra. 3ª que en la Compañía de Navarra tenga la autoridad y consideración en el dicho espacio de sus funciones con arreglo a la Constitución y alab. Ley. 4ª Que se tome en las Cortes una sesión pública para la Compañía de Navarra y Guipúzcoa y los funcionarios públicos, guardando al efecto el mayor respeto en la inteligencia de que el Ayuntamiento carece que inmediatamente a los señores de la tranquilidad pública, y debe tenerse a las autoridades. 5ª Que se publique el presente en el mismo Ayuntamiento a toda la Tier.^a de Navarra y Guipúzcoa, con el fin de que sucesivamente se proceda a la publicación de que oportunamente se tomaren en consideración, sin embargo de que por el fin religioso y civil de que se trata, que todas las cosas de confianza han sido a su voluntad. Lo que se publica en la dicha inteligencia, integridad y cumplimiento. Dado en la Sala de las Sesiones en León a Veinte y ocho de Mayo de mil ochocientos ochenta y uno.

Yo el Rey. Yo el Conde de Aranda. Yo el Marqués de Aranda.

Yo el Sr. D. Juan de Aranda. Yo el Sr. D. Juan de Aranda. Yo el Sr. D. Juan de Aranda.

FIGURA 1-6. FOLIO 2 DEL ACTA DE LOS NUBLADOS

1.3. PACTO DE CONCORDIA

El 1 de diciembre de 1821 las provincias envían a sus delegados a Cartago en carácter de asamblea constituyente, ellos redactan y firman el Pacto Social Fundamental Interino de Costa Rica o Pacto de Concordia, el cual se considera la primera constitución política de Costa Rica⁵².

El Pacto de Concordia consta de 35 folios en derecho y vuelto, la Figura 1-8 muestra los folios 1 reverso y 2 vuelto de este documento. Los folios tienen dimensiones de 31.5 x 42.5 cm. El señor Carlos Pacheco restaurador del Archivo Nacional indica que el documento cuenta con una encuadernación realizada en la década de los 80. Adicionalmente, el documento presenta injertos con un polímero adhesivo en la totalidad de las páginas. En cuanto a los sellos de agua, el documento exhibe cuatro diseños diferentes de filigranas (Figura 1-7), a) una custodia, b) un sol, c) un escudo con una cruz y un jarrón (idéntico al del Acta de la Independencia, Figura 1-1).

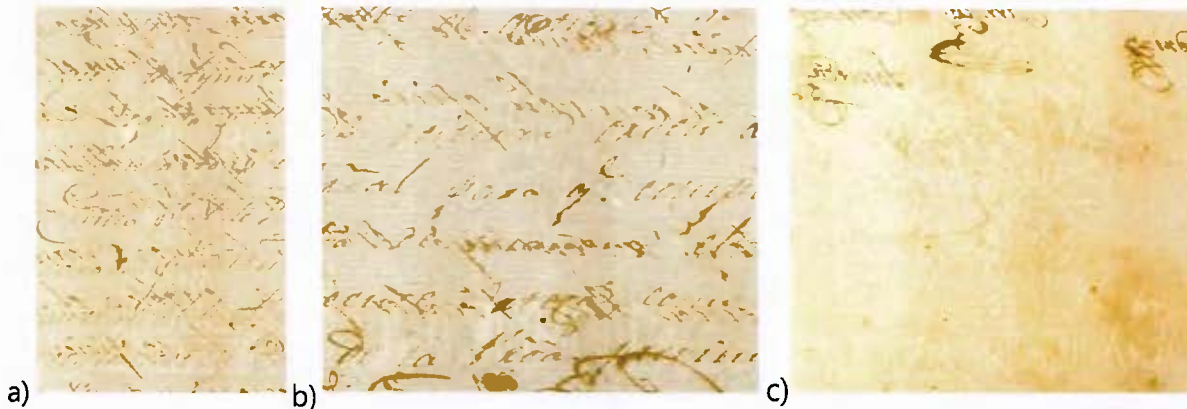


FIGURA 1-7. FOTOGRAFÍA CONTRALUZ DEL SELLO DE AGUA DE LOS FOLIOS 2 (CUSTODIA), 13 (ESCUDO CON CRUZ) Y 35 (SOL) DEL PACTO DE CONCORDIA, IMÁGENES ORDENADAS DE IZQUIERDA A DERECHA

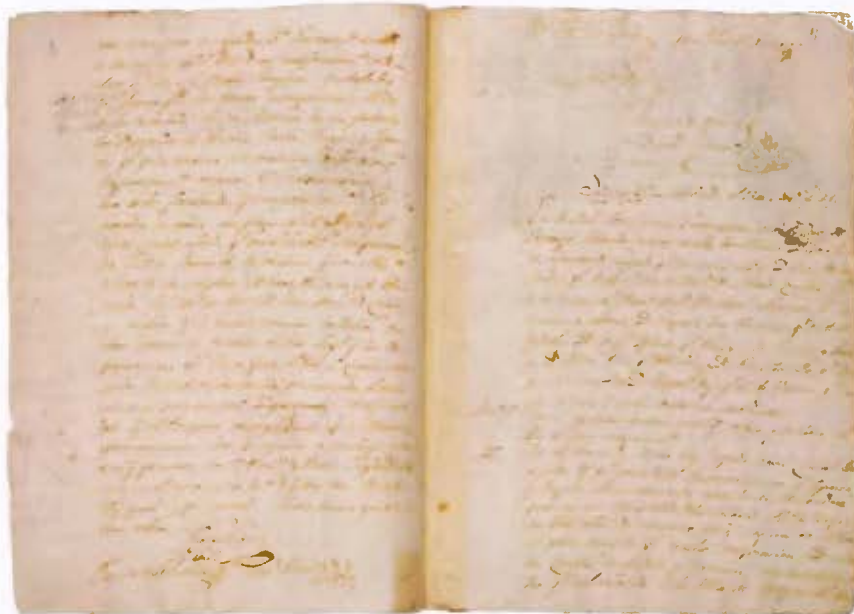


FIGURA 1-8. FOLIOS 1 REVERSO Y 2 DERECHO DEL PACTO DE CONCORDIA

2. DESCRIPCIÓN DEL SOPORTE DE PAPEL DE LOS DOCUMENTOS

2.1. CONTEXTO HISTÓRICO

El papel es el soporte de la mayor parte del material cultural, y su calidad define en gran medida la perdurabilidad del patrimonio. Este material se originó en China entre el año 247 a. C y 194 a. C. El conocimiento en torno a su fabricación llega a los árabes en el siglo VIII, y estos lo lleva a Córdoba España en el siglo X⁵³.

La materia que predomina en los papeles antiguos fabricados en España es la fibra vegetal, estos son conocidos como papel de trapo. En ellos predomina el algodón y el lino, sin embargo, se pueden encontrar fibras de esparto y cáñamo. A mediados del siglo XIX se introduce la madera como materia prima, estos papeles son de menor calidad, pues tienen fibras más cortas y un mayor contenido de lignina (sustancia muy susceptible a la oxidación e hidrólisis ácida). Los papeles producidos a partir de madera pueden seguir un procedimiento mecánico (maceración de madera, introducida en 1882), químico (procedimiento del sulfito de 1867, o procedimiento del sulfato de 1851), o semiquímico (combinación de un procedimiento mecánico con un procedimiento químico) ⁵³.

El proceso de fabricación de papeles antiguos se inicia con la clasificación y troceado de trapos. Posteriormente se ejecuta el lavado, blanqueado, macerado y bateado, esto para conseguir un material desfibrado y mezclado con agua, el cual se conoce como pulpa. La pulpa pasa a un molde tipo cedazo confeccionado con hilos metálicos entrelazados, llamado forma. Allí se elimina el agua, se prensa y se seca. Debido al uso de la forma se depositará menos pulpa en las regiones en contacto con los hilos metálicos, esto le brinda al papel un efecto verjurado, y permite incorporar un sello de agua o filigrana⁵³

2.1.A. FILIGRANA

Una filigrana o marca al agua es una imagen formada mediante bordados de hilos metálicos muy finos que se realizan en el molde de fabricación de la fibra con el cual se elabora la hoja de papel. El bordado produce una leve diferencia de relieve en el papel, y con ello se percibe a contraluz el diseño con una diferencia de espesor y tono en esa sección. La presencia de filigrana muestra que se trata de un papel de fabricación manual⁵³.

Las filigranas se utilizan para certificar el fabricante del papel y evitar posibles falsificaciones de documentos. Durante la época de la elaboración tradicional del papel, estas marcas, representadas por símbolos, iconos, o escudos, y distinguían entre sí a los fabricantes. Suponen una información importante en la datación y procedencia de un libro.

La Figura 1-1 muestra la filigrana del Acta de la Independencia. Esta presenta la imagen un jarrón con un asa, y la inscripción J MONTAL. La base de datos de Centro Cultural Español sobre filigranas atribuye este sello de agua al fabricante Jaume Montal⁵⁴, procedente de Cataluña⁵⁵. En el Archivo Histórico Nacional de España se guarda registro con este diseño de filigrana de los años 1795 y 1820⁵⁴.

la Figura 1-4 muestra la filigrana del Acta de los Nublados. Esta presenta un diseño de sirena tocando un instrumento musical de viento sobre la inscripción FARRERAS. Este papel es procedente de Coruña. Esta filigrana se encuentra registrada en los Archivos del Reino de Galicia, en los Fondos Privados Eclesiásticos, bajo la fecha 1799⁵⁴.

la Figura 1-7 muestra los diseños de filigrana del Pacto de Concordia. La filigrana con forma de Custodia procede de San Andrés de Teixido, Coruña, y se encuentra documentada en La Coruña Archivo del Reino de Galicia. La filigrana con el Sol, las iniciales JP y la inscripción SAUMELL es procedente de Madrid, se encuentra documentada en el Archivo-Biblioteca de la Real Academia Española de Madrid. El escudo con la Cruz y la inscripción CAPELLADES tiene su origen en el molino CAPELLADES en Barcelona, y se encuentra documentada en el Archivo Histórico Nacional⁵⁴.

2.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL SOPORTE DE PAPEL DE LOS DOCUMENTOS

En términos generales, el papel es una mezcla heterogénea de fibras de celulosa. La celulosa es un polímero lineal constituido por unidades de D-glucopiranosas unidas por enlaces 1,4-β-glicosídicos (Figura 1-9). Adicionalmente el papel puede contener hemicelulosa, lignina, gelatinas de origen animal como agentes de dimensionamiento de superficie, o minerales como aditivos⁶.

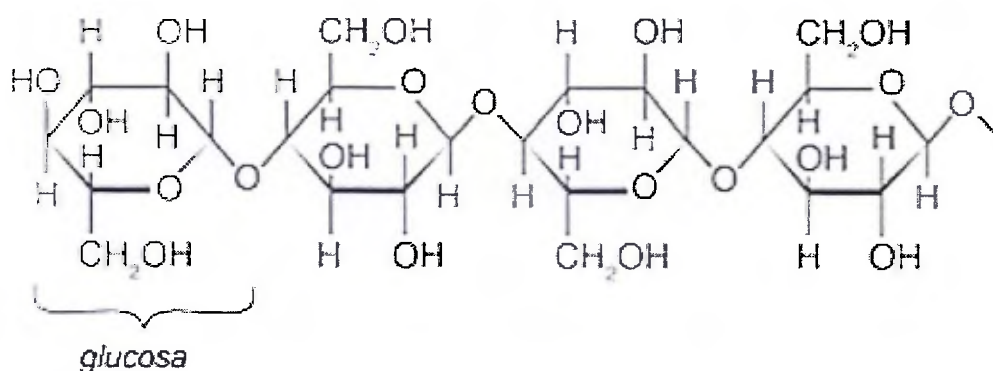


FIGURA 1-9. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA CELULOSA, PRINCIPAL COMPONENTE DEL ALGODÓN,
TOMADO DE VILLEGAS 2020⁵⁶

Con el fin de determinar el sustrato orgánico de los documentos objetos de estudio se realizan espectros infrarrojos por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada. La Figura 1-10 muestra los espectros infrarrojos del **a)** Acta de la Independencia, **b)** El Pacto de Concordia, **c)** Acta de los Nublados folio 2 y **d)** Acta de los Nublados folio 1. Los espectros infrarrojos del Acta de la Independencia, el Pacto de Concordia y el Acta de los Nublados (folio 2), coinciden con el espectro infrarrojo del algodón³⁹. El Cuadro 1-1 muestra la asignación de bandas para estos espectros^{4,39}. Finalmente, la Figura 1-12 confirma que el sustrato de los documentos es algodón, pues no solo se observan fibras gruesas, sino que se pueden ver hilos incrustados en el documento. El algodón es la forma de celulosa más pura disponible en la naturaleza. Entre el 94 % y 96 % de este material está constituido por celulosa, sin embargo, también puede contener proteínas, pectina, ceras, ácidos orgánicos y azúcares. El algodón tiene una estructura multicapa constituida por una pared primaria, una pared secundaria y el lumen, y sus buenas propiedades mecánicas se atribuyen a su estructura fibrosa y cristalina⁵⁷.

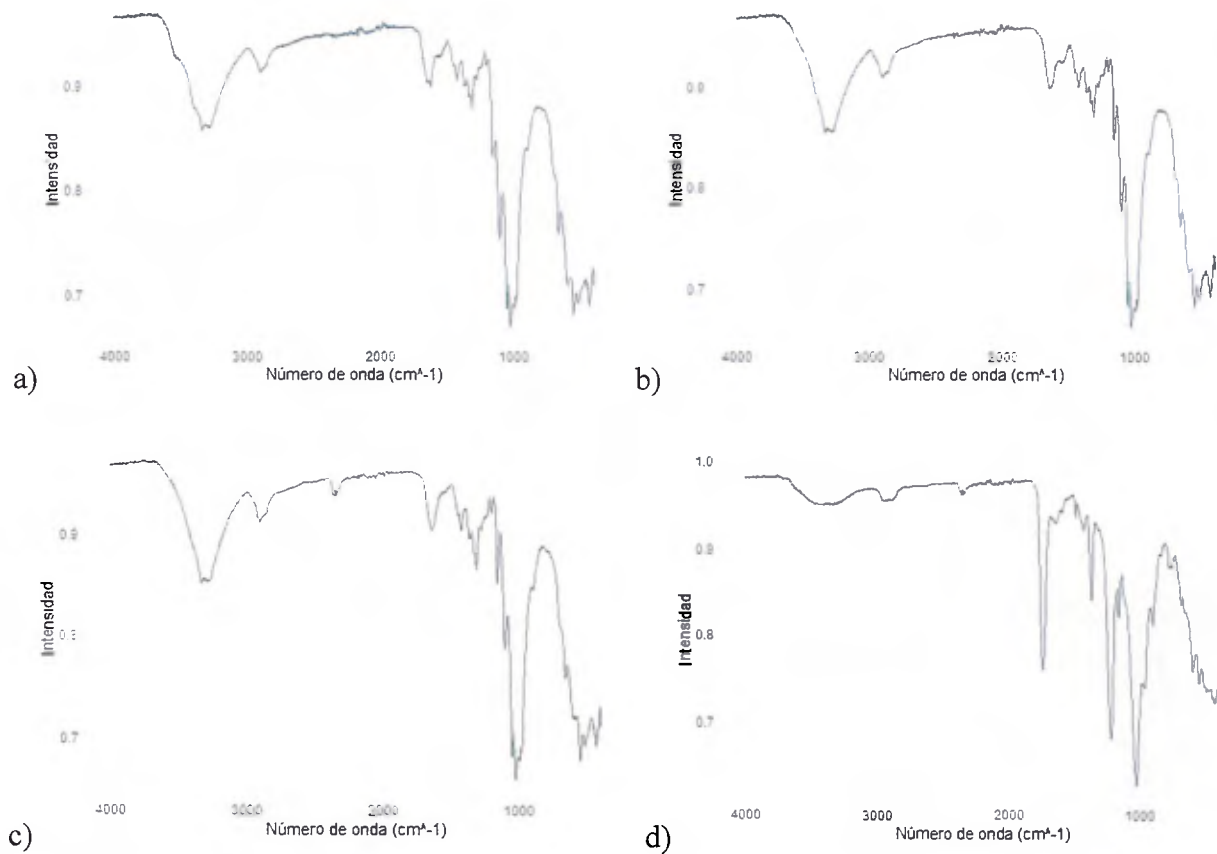


FIGURA 1-10. ESPECTROS INFRARROJOS CON TRANSFORMADA DE FOURIER POR REFLECTANCIA TOTAL ATENUADA (ATR-FTIR) DEL A) ACTA DE LA INDEPENDENCIA, B) PACTO DE CONCORDIA (PÁGINA 3, ESTE ESPECTRO COINCIDE CON EL DE LAS DEMÁS PÁGINAS), C) ACTA DE LOS NUBLADOS (FOLIO 2), Y D) ACTA DE LOS NUBLADOS (FOLIO 1)

CUADRO 1-1. ASIGNACIÓN DE BANDAS DEL ESPECTRO INFRARROJO PARA LOS PAPELES A BASE DE ALGODÓN, BASADA EN HAJJI 2015⁴

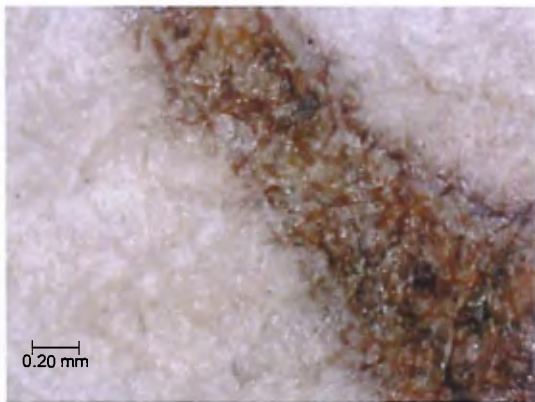
Posición de la Banda (cm ⁻¹)	Asignación*
3338, 3284	$\nu(\text{OH})$: Estiramiento del H unido al grupo OH
2900	$\nu(\text{CH})$: estiramiento de los grupos CH
1652	$\delta(\text{OH})$: Modo de flexión del agua absorbida
1429	$\delta_s(\text{CH}_2)$: Flexión simétrica de CH ₂ en C ₆
1369	$\delta(\text{CH})$: Vibraciones de flexión del CH en el plano
1334	$\delta(\text{OH})$: Flexión en el plano del OH en la celulosa cristalina
1315	$\gamma(\text{CH}_2)$: Balanceo del CH en C ₆ de la celulosa amorfa
1203	$\delta(\text{C-O-H})$: Flexión en el plano en C ₆
1161	$\nu(\text{C-O-C})$: Vibración de tensión del enlace β -glucosídico en la celulosa cristalina
1106	$\nu_a(\text{anillo de glucosa})$: vibración de tensión en el plano del anillo de glucosa
1053	$\nu(\text{C-O})$: vibración de tensión en C ₃
1018	$\nu(\text{C-O}), \nu(\text{C-C})$: Estiramiento de C-O y C-C en C ₆
663	$\delta(\text{C-OH})$: Flexión fuera del plano

* ν : estiramiento, δ : flexión, γ : balanceo, a : asimétrico, s : asimétrico

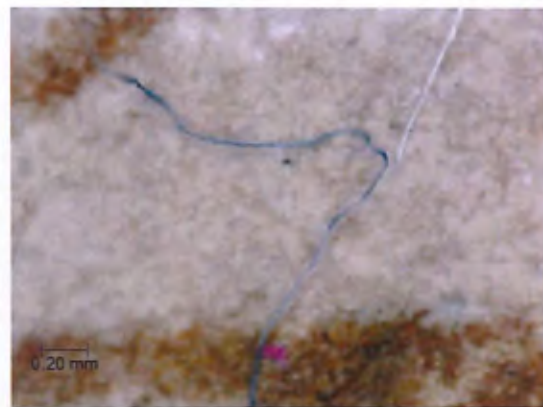
La Figura 1-10 **d**) muestra el espectro infrarrojo del Acta de los Nublados (folio 1), este espectro coincide con el del acetato de celulosa³⁹. En 1934 la NBS (actual NIST) publica una recomendación para el uso de acetato de celulosa en la laminación de papel periódico. Entre 1930 y 1990 se laminaron cerca de 3 millones de documentos en los Estados Unidos. La práctica de laminaciones de acetato de celulosa se encuentra descontinuada pues en presencia de humedad este polímero experimenta hidrólisis ácida e impregna los documentos con ácido acético. Con el paso del tiempo estos documentos se tornan más amarillentos que sus pares. Este fenómeno es más problemático si el documento no fue neutralizado antes de la laminación, pues los ácidos quedan encapsulados y esto cataliza el deterioro⁵⁸.

Los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados cuentan con el mismo sello se agua (Figura 1-4), además ambos folios son de la misma época histórica (sección “1.2. Acta de los Nublados”). Lo que hace suponer que son del mismo fabricante y parten del mismo método de fabricación. Es decir, el sustrato son trapos de algodón, los cuales son convertidos en pulpa y prensados en una forma, según lo descrito sección “2.

Descripción del soporte de Papel”. Como confirmación adicional se cuenta con la Figura 1-11, la cual muestra fibras de celulosa largas y gruesas, lo que coincide con los papeles de fabricación manual con trapos de algodón⁵³. Adicionalmente, el Cuadro 1-2 muestra que los elementos presentes en los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados son los mismos, y el Cuadro 1-4 muestra que ambos documentos presentan un pH similar. A partir de todo esto se concluye que el sustrato del Acta de los Nublados folio 1 es algodón, y su composición original es equivalente a la del folio 2, sin embargo, el folio 1 recibió una laminación de acetato de celulosa, lo que generó una diferenciación en su apariencia física.



**FIGURA 1-11. MICROSCOPIA DIGITAL 200X
DEL PAPEL Y TINTA DEL ACTA DE LOS
NUBLADOS (FOLIO 1)**



**FIGURA 1-12. MICROSCOPIA DIGITAL 200X
DEL PAPEL Y TINTA DEL ACTA DE LOS
NUBLADOS (FOLIO 2)**

El Cuadro 1-2 muestra la composición elemental del papel del Acta de la Independencia, del Acta de los Nublados (folio 1 y 2), y de 12 páginas elegidas al azar del Pacto de Concordia. Este cuadro fue generado a partir de los análisis de fluorescencia de rayos X realizados en los documentos. Es importante resaltar que todas las páginas contienen hierro y calcio, para estos dos elementos se realizó la cuantificación a partir de los patrones NIST 688, 88b, 70b y 278, tal y como se describe en la metodología. Los resultados de estos análisis se muestran en el Cuadro 1-3.

Según el Cuadro 1-2, el Acta de la Independencia contiene Zn, K y Cl en cantidades cuantificables por el programa XRS-FP2, además contiene cobre y manganeso en cantidades superiores al límite de detección, más no cuantificables por XRS-FP2, esto bajo las condiciones de radio señal-ruido 0.5 y tolerancia para identificación de las señales del 60 %. Como ya se mencionó, los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados cuentan con la misma composición elemental. Ambos contienen Zn en cantidades cuantificables, Pb, Cu y Mn en cantidades no cuantificables.

En el caso del Pacto de Concordia las páginas 13 y 14 únicamente contienen Zn y K en cantidades cuantificables. Las páginas 15, 19, 24 y 27 contienen Zn, K y Pb en cantidades cuantificables, Cu, Mn y Bi en cantidades no cuantificables. No existe una agrupación a partir de la composición elemental para las páginas 2, 3, 6, 10, 33, y 35, el Cuadro 1-2 detalla sus respectivas composiciones.

CUADRO 1-2. ELEMENTOS CUANTIFICABLES (C), NO CUANTIFICABLES (NC) Y AUSENTES (A) EN EL PAPEL DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA (AI), EL ACTA DE LOS NUBLADOS FOLIO 1 (N1), EL ACTA DE LOS NUBLADOS FOLIO 2 (N2), Y LAS 12 PÁGINAS MUESTREADAS DEL PACTO DE CONCORDIA

Página	Zn	K	S	Cl	Pb	Cu	Mn	Bi
AI	C	C	A	C	A	NC	NC	A
N1	C	A	A	A	NC	NC	NC	A
N2	C	A	A	A	NC	NC	NC	A
2	C	C	C	C	NC	A	A	A
3	C	C	A	C	C	NC	NC	A
6	A	A	C	C	A	A	A	A
10	A	C	A	A	C	A	A	A
13	C	C	A	A	A	A	A	A
14	C	C	A	A	A	A	A	A
15	C	C	A	A	C	NC	NC	NC
19	C	C	A	A	C	NC	NC	NC
24	C	C	A	A	C	NC	NC	NC
27	C	C	A	A	C	NC	NC	NC
33	A	C	A	A	NC	NC	NC	A
35	A	A	A	C	C	NC	NC	A

A manera de resumen, en el Pacto de Concordia se muestrearon 12 páginas, en ellas: el 83 % contenía K, el 75 % plomo, el 67 % Zn, el 58 % cobre y manganeso, el 33 % cloro, el 33 % bismuto y el 16 % azufre. El cobre, manganeso y bismuto se encuentran en cantidades no cuantificables, el plomo se encuentra en cantidades cuantificables en el 58 % de los casos, no cuantificables en el 17 %, y ausente en el 25 % de los casos. El zinc, potasio, azufre y cloro se encuentran en cantidades cuantificables por el programa XRS-FP2.

El Cuadro 1-3 muestra las concentraciones de hierro y calcio en los documentos objetos de estudio. El Acta de la Independencia tiene una concentración promedio de calcio de 0.7 % en masa con un coeficiente de variación del 15 % para un conjunto de 11 mediciones que incluyen zonas limpias y de *foxing*. El promedio de concentración de hierro y calcio en las zonas de *foxing* no varía respecto a las zonas limpias.

El folio 2 del Acta de los Nublados presenta una concentración de calcio mayor al folio 1 (1.2 % en masa vs 0.6 % en masa, respectivamente). La diferencia en la concentración de hierro se encuentra dentro del margen de incertidumbre (0.2 % en masa en el folio 2, y 0.1 % en masa en el folio 1).

CUADRO 1-3. PORCENTAJE EN MASA DE HIERRO Y CALCIO EN EL PAPEL DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA (AI), ACTA DE LOS NUBLADOS FOLIO 1 (N1), ACTA DE LOS NUBLADOS FOLIO 2 (N2), Y EL PACTO DE CONCORDIA.

Página	Concentración de Ca (± 0.2 % masa)*	Concentración de Fe (± 0.4 % masa)*
AI	0.7**	0.1**
N1	0.6***	0.1***
N2	1.2***	0.2***
2	5.1	0.1
3	1.0	0.2
6	4.7	0.1
10	5.7	0.1
13	3.0	0.2
14	2.4	0.1
15	1.1	0.1
19	1.0	0.1
24	0.9	0.3
27	0.7	0.2
33	0.5	0.3
35	0.7	0.2

*El anexo 2 incluye los cálculos de incertidumbre. **Promedio de 11 mediciones, ***Promedio de 2 mediciones

El rango de concentraciones de calcio en el papel del Pacto de Concordia va desde 5.7 % en masa en el folio 10, hasta 0.5 % en masa en el folio 33, para un promedio de 2.2 % en masa, con un coeficiente de variación del 86 %. La concentración de hierro es de 0.1 % en masa en el 50 % de los folios estudiados, de 0.2 % en masa en el 33 % de los folios, y de 0.3 % en el 17 % restante.

CUADRO 1-4. pH DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA Y EL ACTA DE LOS NUBLADOS (FOLIOS 1 Y 2)

Documento	pH
Acta de la Independencia	5.50
Acta de los Nublados (folio 1)	5.65
Acta de los Nublados (folio 2)	5.63

En el caso del Pacto de Concordia el 14 % de las páginas se encuentra en un pH entre 5.0 y 5.5. El 46 % de las páginas presentan un pH entre 5.5 y 6.0. El 8 % se encuentran en el rango entre 6.0 y 6.5. El 26 % de las páginas tienen un pH entre 6.5 y 7.0. El 3 % entre 7.0 y 7.5. Finalmente, el 3 % restante se encuentra entre 7.5 y 8. Por tanto, el 68 % de las páginas del Pacto de Concordia se encuentran en una condición ácida, el 29 % de las páginas se encuentran en una condición neutra y el 3 % de las páginas presentan un pH levemente básico.

CUADRO 1-5. RANGOS DE pH DE LAS 35 HOJAS DEL PACTO DE CONCORDIA

Rango de pH	Páginas	Porcentaje de las páginas del documento que se encuentra en el rango de pH especificado (%)
[5.0 - 5.5 [	19, 20, 22, 25, 34	14
[5.5 - 6.0 [	3, 4, 12, 15, 18, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33	46
[6.0 - 6.5 [	11, 14, 35	8
[6.5 - 7.0 [	1, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 16, 17	26
[7.0 - 7.5 [	8	3
[7.5 - 8.0 [	2	3

El papel se encuentra en una condición estable en un pH entre 6.5 y 7.5. En un pH menor a 6.5 el papel se considera ácido⁵⁸. Los papeles ácidos se encuentran vulnerables ante la hidrólisis ácida y la reacción Fenton (ver secciones “1.2.A.a. Hidrólisis ácida” y “1.2.A.B. Reacción Fenton”). Tal y como se indica en el Cuadro 1-4 el pH del Acta de la Independencia de acuerdo con la norma TAPPI/ANSI T 5029 om-14⁴⁰ es de 5.50. El pH del folio 1 del Acta de los Nublados es de 5,65, mientras que el pH del folio 2 es de 5.63. Ambos documentos se encuentran en una condición ácida.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS TINTAS DE LOS DOCUMENTOS

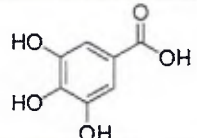
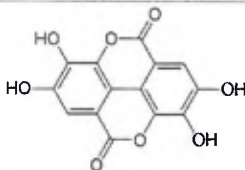
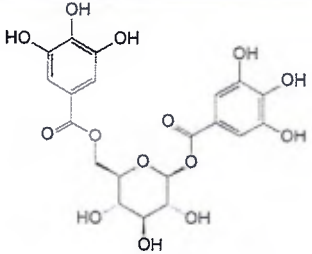
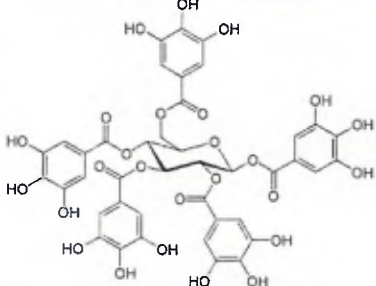
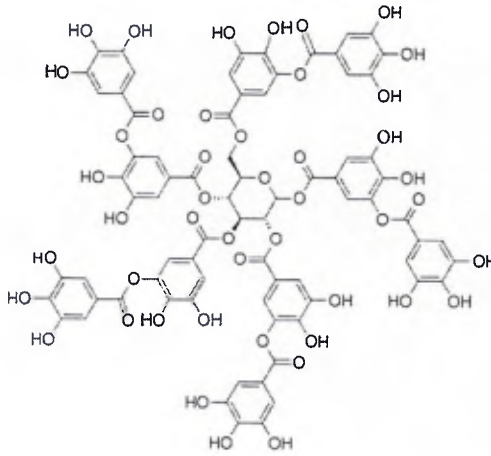
3.1. CONTEXTO

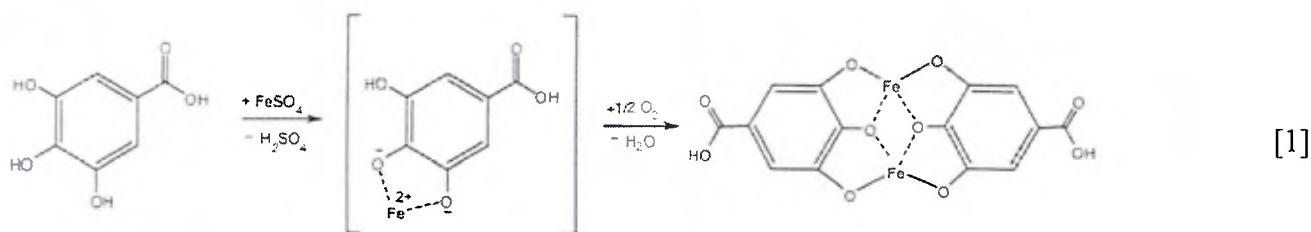
El diccionario de materiales del Patrimonio Cultural menciona tres grupos principales de tintas presentes en el patrimonio documental de España: la tinta China, la tinta de Campeche y las tintas ferrogálicas. La tinta China está compuesta por negro de humo, aceite, añil, alcanfor, goma y cola de pescado. El negro de humo es un pigmento preparado con el hollín de las paredes de hornos y lámparas. Este hollín se obtiene mediante la combustión de maderas, aceites, ceras, resinas y algunas otras sustancias orgánicas⁵⁹.

La tinta de Campeche se prepara a partir del colorante de Campeche (Árbol nativo de Mesoamérica) y sales de hierro. A partir del siglo XIX este fue un sustituto económico para las tintas ferrogálicas⁵⁹. El extracto del árbol de campeche tiene una coloración rojiza, y al combinarse con sales metálicas adquiere una tonalidad negro-azulada. Estas tintas son de naturaleza ácida y oxidable, fotosensibles y susceptibles a la decoloración⁵⁶.

Las tintas ferrogálicas fueron el medio de escritura más utilizado entre la antigüedad tardía y el inicio del siglo XX. Su color varía entre los tonos cafés y negros¹². Sus componentes principales son: un vehículo (generalmente agua o vino), un aglutinante (como la goma arábiga), aditivos (como azúcar, urea o vinagre) y un colorante (como el galeato férrico)⁴⁴. El estudio de las tintas ferrogálicas puede resultar complejo pues existen múltiples recetas, donde varía la composición y proporción de los ingredientes¹².

CUADRO 1-6. COLOR DE LAS TINTAS DE ACUERDO AL POLIFENOL DOMINANTE EN LA RECETA, BASADO EN HIDALGO 2018¹¹

Polifenol principal en la receta	Estructura del polifenol	Color de la tinta
Ácido gálico		Oscuro azulado
Ácido elágico		Amarillo oscuro-verdoso
1,6-Digaloil glucosa		Amarillo oscuro
Pentagaloil glucosa		Rojo azulado oscuro
Ácido tánico		Rojo azulado oscuro



Para la preparación de las tintas ferrogálicas se hace reaccionar el hierro(II) con ácidos gálicos y tánicos presentes en la materia vegetal. Posteriormente, el producto formado se oxida para obtener una tonalidad oscura⁴⁴. El cromóforo de las tintas ferrogálicas es un complejo de hierro-polifenol. El color de la tinta dependerá de los polifenoles mayoritarios en la receta. El Cuadro 1-6 indica el color de las tintas para diferentes recetas medievales reconstruidas por Hidalgo 2018¹¹

Las tintas ferrogálicas generalmente contienen un remanente de sulfato de hierro(II) y un exceso de ácido sulfúrico. Esto les brinda a las tintas una tonalidad oscura y mayor permanencia del color, sin embargo, las vuelve más corrosivas. En algunos casos las tintas tienen un excedente de ácidos gálicos y tánicos, este segundo grupo de tintas tienen una tonalidad más clara (café-amarilla) y no experimentan corrosión. Sin embargo, la acidez de la tinta siempre puede catalizar la hidrólisis ácida del papel, y la tinta es susceptible a decolorarse⁵⁶.

La reacción [1]⁶⁰ describe el método de preparación de las tintas ferrogálicas. En un primer paso el hierro(II) se une a los ácidos gálicos y tánicos, y se da la desprotonación del ácido. Como subproducto se genera ácido sulfúrico. En un segundo paso se da la oxidación de Fe(II) a Fe(III), acoplado a la reducción de oxígeno. La alta constante de estabilidad de los complejos de Fe(III)-polifenol, en comparación con la constante de los complejos de Fe(II)-polifenol, es la fuerza motriz de la reacción REDOX¹¹. La Figura 1-13 muestra la estructura del galeato férrico elucidada por Ponce 2016¹⁰.

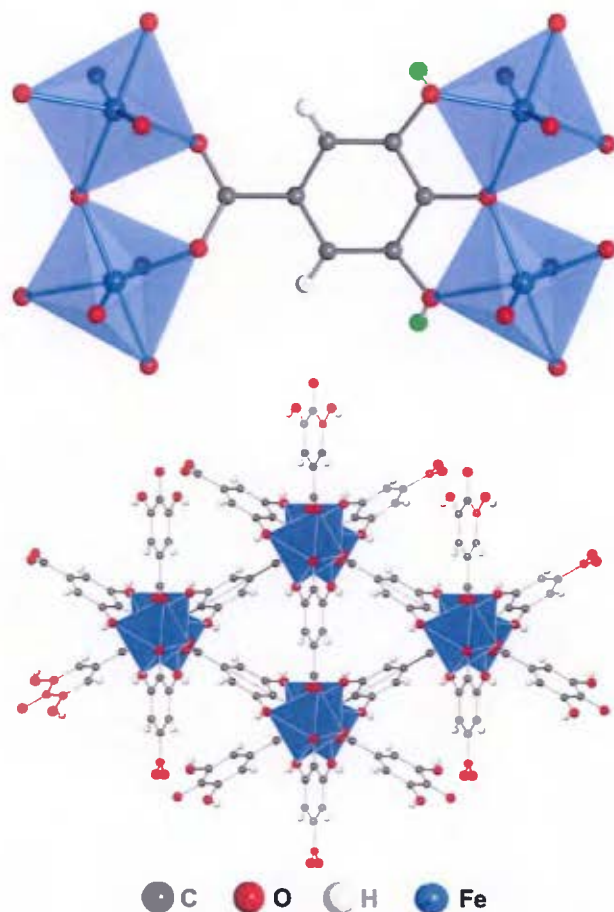


FIGURA 1-13. ESTRUCTURA DEL GALEATO FÉRRICO, TOMADO DE PONCE 2016¹⁰

3.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS TINTAS PRESENTES EN LOS DOCUMENTOS

3.2.A. FOTOGRAFÍA MULTIESPECTRAL

Las tintas del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia tienen el mismo comportamiento ante la fotografía multiespectral. En esta sección se emplean las fotografías del Acta de la Independencia para ejemplificar el comportamiento típico de estas tintas.

Las tintas de la Figura 1-14 se muestran cafés en la fotografía visible, rojas en la fotografía infrarroja de color falso y muy opacas en la fotografía de ultravioleta de fluorescencia y ultravioleta de reflectancia. Esto concuerda con el comportamiento descrito en la literatura para las tintas ferrogálicas^{1,18}

Para las tintas ferrogálicas la fotografía que mayor información aporta es la de infrarrojo de color falso. Esta fotografía se genera a partir de las fotografías visible e infrarrojo, según lo descrito en la sección

de metodología. En la fotografía de IRFC las tintas ferrogálicas se muestran rojas, dado que estas tintas no absorben en el infrarrojo cercano, y son invisibles en la fotografía IR. Cuando las tintas ferrogálicas corroen el papel, se observan porciones negras en la fotografía de IRFC, pues la celulosa oxidada es un absorbente fuerte de radiación del infrarrojo cercano¹⁸. En la Figura 1-14 (fotografía IRFC) se observan 2 puntos con corrosión de tintas, los cuales se señalan con un círculo azul.

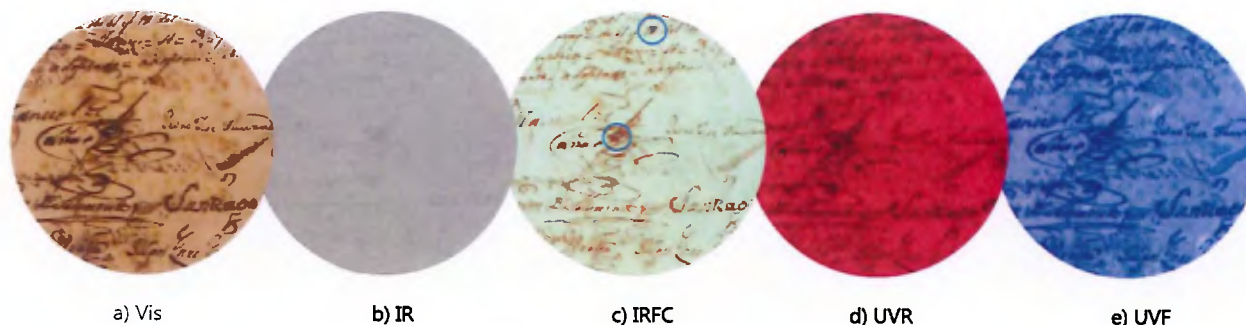


FIGURA 1-14. FOTOGRAFÍA MULTIESPECTRAL DE LAS TINTAS DEL FOLIO 127 DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA, EN ORDEN DE IZQUIERDA A DERECHA SE MUESTRA LA FOTOGRAFÍA VISIBLE (VIS) SEGUIDA DE LA INFRARROJO (IR), LA INFRARROJO DE COLOR FALSO (IRFC), LA ULTRAVIOLETA DE REFLECTANCIA (UVR) Y LA ULTRAVIOLETA DE FLUORESCENCIA (UVF).

Adicionalmente, las tonalidades rojizas en la fotografía de IRFC se pueden asociar con la presencia de goma arábiga y taninos, las porciones amarillas se asocian con remanentes de sulfato de hierro o de taninos. Las porciones con goma arábiga en combinación con sales de sulfato de hierro o sulfato de cobre presentan tonalidades moradas¹⁷. En la Figura 1-14 (fotografía IRFC) las tintas presentan la tonalidad rojiza propia de la goma arábiga en combinación con taninos, además hay porciones levemente amarillas que pueden asociarse con remanentes de sulfato de hierro o de taninos.

Los tonos café más oscuros en la fotografía visible se pueden asociar con un remanente de sulfato de hierro(II) y un exceso de ácido sulfúrico. Mientras que los tonos café-amarillo más claros se pueden asociar con excedentes de ácidos gálicos y tánicos⁵⁶. Adicionalmente, las tintas del Pacto de Concordia y el Acta de la Independencia tienen una tonalidad amarillenta en la fotografía visible, lo que se puede asociar con contenidos mayoritarios de 1,6-Digalolil glucosa en las tintas¹¹.

3.2.B. FLUORESCENCIA DE RAYOS X

El Cuadro 1-7 muestra la composición elemental de las áreas entintadas del Acta de la Independencia, del Acta de los Nublados (folio 1 y 2), y de 24 páginas elegidas al azar del Pacto de Concordia. Este cuadro fue generado a partir de los análisis de fluorescencia de rayos X realizados en los documentos. La clasificación como cuantificable, no cuantificable, se realiza con base a los límites de detección y cuantificación del programa XRS-FP2, bajo las condiciones de radio señal-ruido 0.5 y tolerancia para identificación de las señales del 60 %. Es importante resaltar que todas las páginas contienen hierro y calcio, para estos dos elementos se realizó la cuantificación a partir de los patrones NIST 688, 88b, 70b y 278, tal y como se describe en la metodología. Los resultados de estos análisis se muestran en el Cuadro 1-8. En ambos cuadros, la columna n señala el número de mediciones por página. En total se realizaron 131 mediciones de XRF para las tintas de los documentos objetos de estudio.

Según el Cuadro 1-7 las áreas entintadas del Acta de la Independencia contienen zinc, potasio, azufre y cloro en cantidades cuantificables, mientras que en un 15 % de los puntos muestreados se muestra plomo en cantidades no cuantificables. Las áreas entintadas del folio 1 del Acta de los Nublados contienen zinc, potasio, azufre y plomo en cantidades cuantificables; cobre, manganeso y bismuto en cantidades no cuantificables. El folio 2 del Acta de los Nublados contiene zinc, potasio, azufre y cloro en cantidades cuantificables; cobre y manganeso en cantidades no cuantificables.

Al analizar las áreas entintadas del Pacto de Concordia se concluye que el zinc se encuentra en cantidades cuantificables en todas las páginas muestreadas. El potasio se encuentra en cantidades cuantificable en todas las páginas menos en la página 35, donde está ausente. El azufre se encuentra en cantidades cuantificables en el 58 % de las páginas, y no cuantificables en el 8 % de las páginas muestreadas. El cloro se encuentra en cantidades cuantificables en el 79 % de las páginas del Pacto. El cobre se encuentra en cantidades no cuantificables en el 46 % de las páginas. El manganeso se encuentra en cantidades no cuantificables en el 33 % de las páginas estudiadas, y el bismuto se encuentra en el 21 % de las páginas. Finalmente, el silicio únicamente se encuentra presente en la página 28, en cantidades no cuantificables.

CUADRO 1-7. ELEMENTOS CUANTIFICABLES (C), NO CUANTIFICABLES (NC) Y AUSENTES (A) EN LAS TINTAS DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA (AI), EL FOLIO 1 DEL ACTA DE LOS NUBLADOS (N1), EL FOLIO 2 DEL ACTA DE LOS NUBLADOS (N2) Y 24 PÁGINAS ELEGIDAS AL AZAR DEL PACTO DE CONCORDIA.

Página	n	Zn	K	S	Cl	Pb	Cu	Mn	Si	Bi
AI	19	C	C	C	C, A ^{*****}	A, NC ^{*****}	A	A	A	A
N1	17	C	A, C ^{***}	C, A [*]	A	C, NC, A ^{**}	NC, A [*]	NC, A [*]	A	A, NC ^{*****}
N2	16	C	A, C ^{****}	A, C ^{****}	A, C ^{****}	A	NC, A [*]	NC, A [*]	A	A
1	2	C	C	C, A [*]	C, A [*]	C, A [*]	NC, A [*]	A	A	A
2	2	C	C	A	C, A [*]	C, A [*]	NC	A	A	A
3	3	C	C	C	A, C ^{****}	C	A	NC	A	NC
5	6	C	C	A, C ^{****}	A	C	A	A	A	A
7	3	C	A, C ^{****}	A	C, A ^{****}	C	A	A	A	A
8	4	C	C	A	A	NC, C ^{****}	A	A	A	A
9	5	C	C	C, A ^{***}	A	C	A	A	A	A
10	4	C	C, A [*]	C, A [*]	C, A ^{*****}	C	A	A	A	NC
11	3	C	C	C, A ^{****}	C, A ^{****}	NC, C ^{****}	NC, A ^{****}	A, NC ^{****}	A	A
12	3	C	C	A, C ^{****}	A, C ^{****}	NC, C ^{****}	A	A	A	A
13	10	C	C	A	A, C ^{****}	C	NC, A [*]	A	A	A
14	1	C	C	C	C	C	A	A	A	A
15	1	C	C	C	C	C	A	A	A	A
16	1	C	C	A	A	C	A	A	A	A
18	2	C	C	A	A	C	A	A	A	A
20	3	C	C, A ^{****}	A, C ^{****}	A, C ^{****}	C, A ^{****}	NC	NC	A	NC, A ^{****}
23	2	C	C, NC [*]	NC	C	C, A [*]	NC	NC	A	A
26	3	C	C, NC ^{****}	A, NC ^{****}	A, C ^{****}	C	NC	NC	A	A, NC ^{****}
27	5	C	A, C ^{***}	A	A, C ^{***}	C	NC	NC	A	NC
28	4	C	C, A ^{*****}	A	A, C ^{*****}	C	NC	A	NC, A ^{*****}	A
30	1	C	C	C	C	NC	A	A	A	A
32	3	C	C	A	C	C	A, NC ^{****}	NC, A ^{****}	A	A
34	3	C	A, C ^{****}	A, C ^{****}	C, A ^{****}	NC	NC	NC	A	A
35	4	C	A	A	C, A ^{****}	C	A	A	A	A

n: número de mediciones, *50:50, **50:25:25, ***60:40, ****65:35, *****75:25, ****80:20

CUADRO 1-8. PORCENTAJE DE HIERRO Y CALCIO EN LAS TINTAS DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA (AI), ACTA DE LOS NUBLADOS FOLIO 1 (N1), ACTA DE LOS NUBLADOS FOLIO 2 (N2) Y 24 PÁGINAS ELEGIDAS AL AZAR DEL PACTO DE CONCORDIA

Pag.	n	Cn Fe (% masa)	Desv. Est. (% masa)	Máx. (% masa)	Mín. (% masa)	Cn Ca (% masa)	Desv. Est. (% masa)	Máx. (% masa)	Mín. (% masa)
AI	19	1.4	1.2	4.5	0.2	0.7	0.2	1.3	0.5
N1	17	1.1	1.0	3.2	0.1	1.4	0.5	2.3	0.6
N2	16	2.0	2.6	7.5	0.1	1.5	0.5	2.2	0.7
1	2	3.0	1.0	3.7	2.3	3.9	0.1	3.9	3.8
2	2	1.9	0.7	2.4	1.4	5.2	0.0	5.2	5.2
3	3	1.6	0.9	2.1	0.6	0.7	0.6	1.1	0.1
5	6	1.7	2.0	5.7	0.4	3.0	0.6	4.2	2.4
7	3	1.5	0.6	2.2	1.0	4.2	0.7	4.7	3.4
8	4	1.0	0.6	1.8	0.5	4.9	0.2	5.1	4.7
9	5	1.1	0.5	1.8	0.6	5.9	0.4	6.3	5.3
10	4	1.0	0.4	1.6	0.7	5.6	0.7	6.3	5.0
11	3	1.4	1.0	2.3	0.4	1.5	0.2	1.7	1.3
12	3	1.1	0.4	1.5	0.7	1.4	0.2	1.6	1.2
13	10	1.7	2.5	8.8	0.5	3.2	0.5	3.7	2.0
14	1	0.7	*0.4	0.7	0.7	3.6	*0.2	3.6	3.6
15	1	0.7	*0.4	0.7	0.7	1.6	*0.1	1.6	1.6
16	1	1.4	*0.6	1.4	1.4	4.6	*0.2	4.6	4.6
18	2	1.9	1.4	2.9	0.9	1.8	0.2	2.0	1.6
20	3	1.1	0.5	1.7	0.7	1.0	0.3	1.3	0.7
23	2	0.5	0.1	0.6	0.4	1.2	0.0	1.2	1.1
26	3	1.1	0.5	1.4	0.5	0.9	0.3	1.3	0.7
27	5	1.2	0.6	2.0	0.7	1.3	0.3	1.8	0.9
28	4	1.5	1.0	2.7	0.4	1.2	0.5	1.7	0.6
30	1	2.4	*1.2	2.4	2.4	1.4	*0.1	1.4	1.4
32	3	0.5	0.4	1.0	0.2	1.1	0.2	1.3	0.9
34	3	0.5	0.1	0.6	0.4	1.8	0.3	2.1	1.6
35	4	0.4	0.3	0.7	0.2	2.5	0.5	2.9	2.0

n: número de mediciones, *No es un coeficiente de variación. Se refiere a un cálculo de incertidumbre a partir de las curvas de calibración y la variabilidad propia de la muestra, con una incertidumbre expandida k=2 para un 95 % de confianza.

El Cuadro 1-8 muestra las concentraciones promedio de hierro y calcio en las áreas entintadas de los documentos, junto con su desviación estándar, valores máximos y mínimos. Para el Acta de la Independencia se realizaron 19 mediciones, 17 mediciones para el folio 1 del Acta de los Nublados y 16 mediciones para el folio 2 del Acta de los Nublados.

La concentración de hierro en las áreas entintadas del Acta de la Independencia es muy heterogénea, varía entre un 0.2 % en masa y un 4.5 % en masa. Para un valor promedio de 1.4 % en masa, con una desviación estándar del 1.2 % en masa. La distribución del calcio en las tintas es más homogénea, en este caso, el promedio es de 0.7 % en masa, con una desviación estándar del 0.2 % en masa. En el folio 1 del Acta de los Nublados la concentración de hierro varía entre el 0.1 % en masa y el 3.2 % en masa, para un promedio de 1.1 % en masa con una desviación estándar del 1.0 % en masa. En el folio 2 del Acta de los Nublados la concentración de hierro en las áreas entintadas varía entre el 0.1 % en masa y el 7.5 % en masa, para un promedio de 2.0 % en masa, con una desviación estándar del 2.6 % en masa. En cuanto al contenido de calcio, el folio 1 del Acta de los Nublados tiene una concentración promedio de 1.4 % en masa con una desviación estándar de 0.5 %, y el folio 2 del Acta de los Nublados tiene una concentración promedio de 1.5 % en masa con una desviación estándar de 0.5 % en masa.

En las áreas entintadas del Pacto de Concordia, la máxima concentración de hierro medida fue de 8.8 % en masa, y la menor concentración fue de 0.18 % en masa. El promedio de concentración de hierro en las áreas entintadas fue de 1.3 % en masa con una desviación estándar de 1.2 % en masa, para un total de 77 mediciones. En cuanto a la concentración de calcio en las tintas del Pacto de Concordia, el valor mínimo es de 0.07 % en masa y el valor máximo es de 2.8 % en masa; con un valor promedio de 1.69 % en masa con una desviación estándar de 1.7 % en masa, para un total de 77 mediciones.

En el papel de los 3 documentos analizados el hierro tiene una concentración promedio de 0.15 % en masa con una desviación estándar de 0.05 %, para un total de 26 mediciones. En las áreas entintadas de los tres documentos el hierro tiene una concentración promedio de 1.3 % en masa con una desviación estándar de 1.2 %, para un total de 131 mediciones. En el caso del calcio, el papel tiene una concentración promedio de 1.4 % con una desviación estándar de 1.5 %, para un total de 26 mediciones. Las áreas entintadas tienen una concentración promedio de calcio de 2.8 % en masa, con una desviación estándar de 1.7 %, para un total de 131 mediciones.

El Cuadro 1-9 muestra las pruebas t realizadas entre la concentración media de hierro y calcio en el papel y en las áreas entintadas. Estas pruebas se realizan para determinar si el calcio y el hierro de las áreas entintadas es propio de las tintas o del papel.

CUADRO 1-9. PRUEBAS T ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE HIERRO Y CALCIO EN LAS ÁREAS ENTINTADAS Y EL PAPEL.

Objetivo de la prueba	Descripción de la prueba	Hipótesis	Resultado	Conclusión
Determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre la concentración media de calcio en el papel y en las áreas entintadas	Prueba t de dos colas bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 26 mediciones de papel y 131 mediciones de áreas entintadas.	H₀: la concentración promedio de calcio en las áreas entintadas es igual a la concentración promedio de calcio en el papel H_a: la concentración de calcio en las áreas entintadas es diferente que la concentración de calcio en el papel	$t = 2.05$ $p = 0.042$	Dado que p es muy cercano a 0.05 no se puede rechazar H_0 , y, por tanto, no se puede afirmar que haya diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de calcio en el papel y la media de concentración de calcio en las áreas entintadas.
Determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre la concentración media de hierro en el papel y en las áreas entintadas	Prueba t de dos colas bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 26 mediciones de papel y 131 mediciones de áreas entintadas.	H₀: la concentración promedio de hierro en las áreas entintadas es igual a la concentración promedio de hierro en el papel H_a: la concentración de hierro en las áreas entintadas es diferente que la concentración de hierro en el papel	$t = -4.29$ $p = 0.000031$	Dado que p es menor a 0.05 se rechaza H_0 , hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de hierro en el papel y la media de concentración de hierro en las áreas entintadas.
Determinar si la concentración de hierro en las áreas entintadas es significativamente mayor que la concentración de hierro en el papel.	Prueba t de una cola bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 26 mediciones de papel y 131 mediciones de áreas entintadas.	H₀: la concentración promedio de hierro en las áreas entintadas es igual a la concentración promedio de hierro en el papel H_a: la concentración de hierro en las áreas entintadas es mayor que la concentración de hierro en el papel	$t = -4.29$ $p = 0.000031$	Dado que p es menor a 0.05 se rechaza H_0 , y se concluye que la concentración de hierro en las áreas entintadas es mayor que la concentración de hierro en el papel.

A partir de estos análisis se concluye que el calcio es un aditivo del papel y no está contenido en las tintas, dado que no hay diferencia significativa entre la concentración de calcio entre las zonas de papel y la concentración de calcio en las áreas entintadas. Mientras que, el hierro está contenido en las tintas pues la concentración de hierro es significativamente mayor en las áreas entintadas, respecto a las zonas de papel. Este mayor contenido de hierro en las tintas confirma la identidad de las mismas como tintas ferrogálicas.

3.2.C. AGRUPACIÓN EN CLÚSTERES DE LAS TINTAS

La Figura 1-15 muestra la agrupación en clústeres de las áreas entintadas del Pacto de Concordia, a partir de los datos de concentración de hierro, concentración de calcio (Cuadro 1-8), presencia de Zn, K, Cl, Pb, S, Mn, Bi, Cu (Cuadro 1-7), pH (Cuadro 1-4 y Cuadro 1-5), coordenadas de color “L, a, b”, e índice de deterioro de las tintas ferrogálicas, según la escala del ICN⁴⁴ (Figura 2-6).

El pH, la concentración de calcio y las coordenadas de color “L*, a*, b*” forman parte de un mismo clúster de variables. El deterioro de las áreas entintadas forma clúster con el cobre, manganeso y cloro. Los demás elementos se agrupan en un tercer clúster. El primer clúster de variables (es decir, El pH, la concentración de calcio y las coordenadas de color “L*, a*, b*”) divide la muestra en 2 grupos. Es importante resaltar que las tonalidades más amarillentas en el Heatmap se refieren a valores mayores de la variable, mientras que las tonalidades moradas-azuladas se refieren a valores menores de la variable

El primer grupo está formado por las áreas entintadas de las páginas: 2, 5, 7, 8, 9, 10 y 34. Las áreas entintadas en estas páginas presentan colores más claros, pHs más básicos, índices de deterioro menores, y menores contenidos de cobre, manganeso y cloro. Esto en comparación con el segundo grupo de áreas entintadas. El segundo grupo de áreas entintadas está formado por las páginas: 3, 11, 12, 13, 15, 20, 26, 27, 28, 32 y 35. Este a su vez se caracteriza por colores más oscuros, pHs más ácidos, índices de deterioro mayores, y mayores contenidos de cobre, manganeso y cloro.

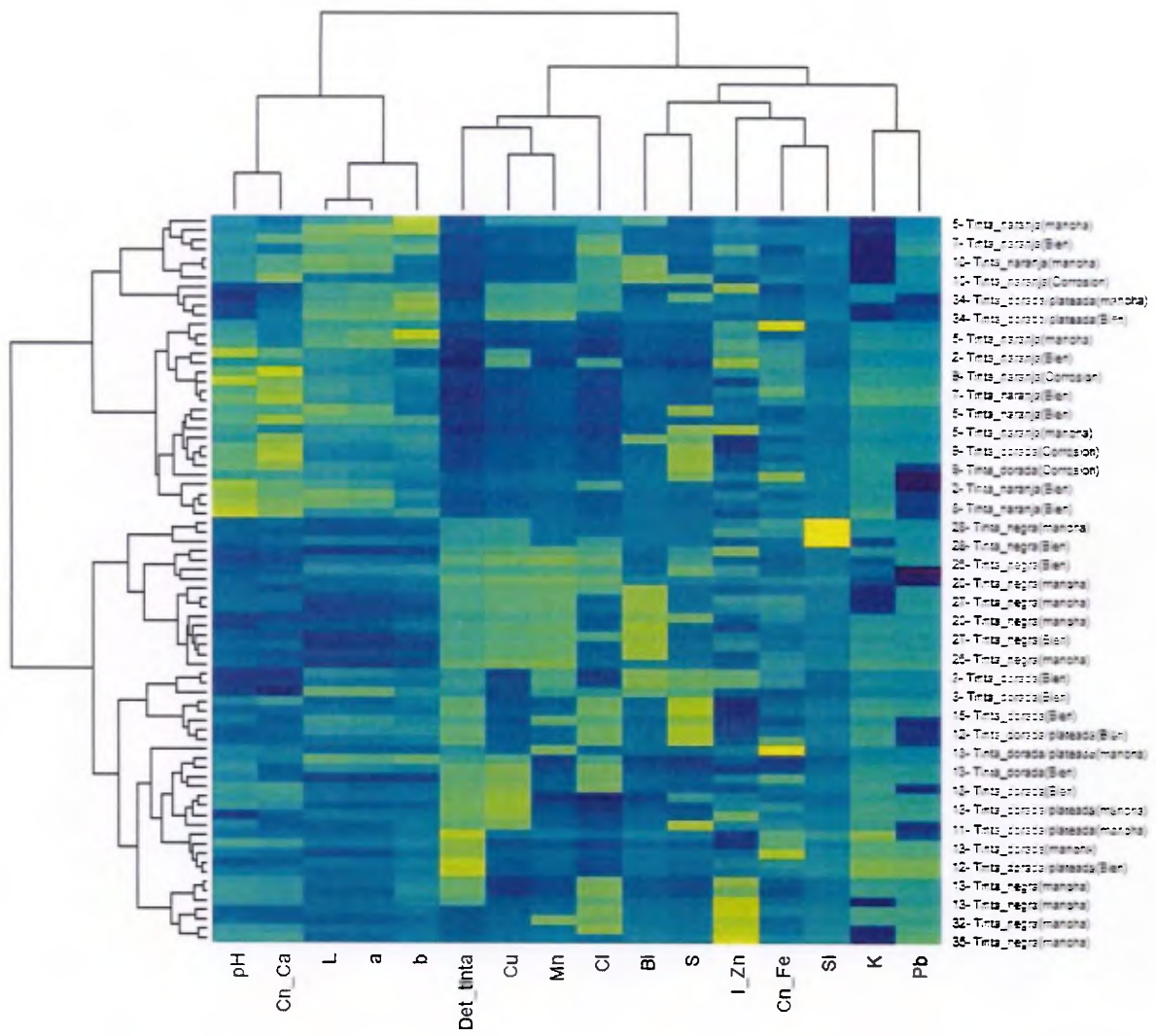


FIGURA 1-15. HEATMAP CON DISTANCIAS MANHATTAN, AGRUPACIÓN CON LA FUNCIÓN HCLUST BAJO EL MÉTODO WARD.D2, PARA LAS TINTAS DEL PACTO DE CONCORDIA.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS SELLOS DE LOS DOCUMENTOS

4.1. CONTEXTO HISTÓRICO

El papel sellado fue establecido por el rey Felipe IV el 15 de diciembre de 1636. Su uso fue impuesto como obligatorio en los territorios españoles en América a partir del 28 de diciembre de 1638. El papel sellado fue un instrumento de validación y autenticación de documentos⁶¹. Según Martínez 1986 “Los documentos expedidos en las Indias con este sello adquirirían los mismos caracteres, en cuanto a validación, que si hubieran sido sellados por el Rey en persona”⁶². Estos sellos otorgaban validez jurídica tanto a documentos públicos como privados, por lo que su uso resultaba obligatorio⁶³. El papel sellado tuvo una doble finalidad: evitar falsificaciones y fraudes, y ser una nueva fuente de ingresos para la corona española⁶¹.

Según el precio y uso los sellos se catalogan como: sello primero, sello segundo, sello tercero y sello cuarto. El Sello primero tenía un precio de 24 reales y era utilizado por virreyes, presidentes, gobernadores, ministros de guerra, justicia y hacienda. El sello segundo tenía un valor de 6 reales y era utilizado en escrituras, testamentos y contratos ante un escribano. El sello tercero tenía un valor de 1 real y se empleaba en cuestiones judiciales presentadas ante virreyes, cancillerías, tribunales y audiencias. Finalmente, el sello cuarto tenía un valor de un cuartillo, este era empleado por los denominados en la época “pobres de solemnidad” y los indios en los despachos de oficio⁶¹.

El diseño de los sellos era modificado anualmente. Los moldes de los sellos en un inicio se realizaban en plomo o mediante xilografía (madera tallada). Posteriormente, se implementó la técnica litográfica. La litografía se inventó en 1796 por Aloy Senelfelder. El primer taller litográfico en España es abierto en Madrid en 1819 por José María Cardano⁶⁴. Las tintas litográficas estaban constituidas por negro de humo, cera, jabón, sebo y goma de laca⁵⁹.

4.2. ANÁLISIS HISTÓRICO DE LOS SELLOS PRESENTES EN LOS DOCUMENTOS

La Figura 1-16 muestra los sellos presentes en el folio 10 reverso del Pacto de Concordia. Estos sellos se encuentran presentes en todos los folios del Pacto de Concordia y en el folio 126 del Acta de la Independencia de Costa Rica. El diseño y la inscripción es el mismo en todas las hojas analizadas.

En el sello superior, a la derecha se ve la inscripción: “+ Un quartillo. SELLO QUARTO, UN QVARTILLO, AÑOS DE MIL OCHOCIENTOS DIEZ Y OCHO, Y DIEZ Y NUEVE”, mientras que a la izquierda se muestra un escudo de armas y la inscripción “HISP ET IND REX FERDIN VII D.G”. El sello inferior tiene forma ovalada y cuenta con la inscripción “A 1821 y 1822 + HABILITADO, JURADA POR EL REY LA CONSTITUCION EN FE MARZO DE 1820”.

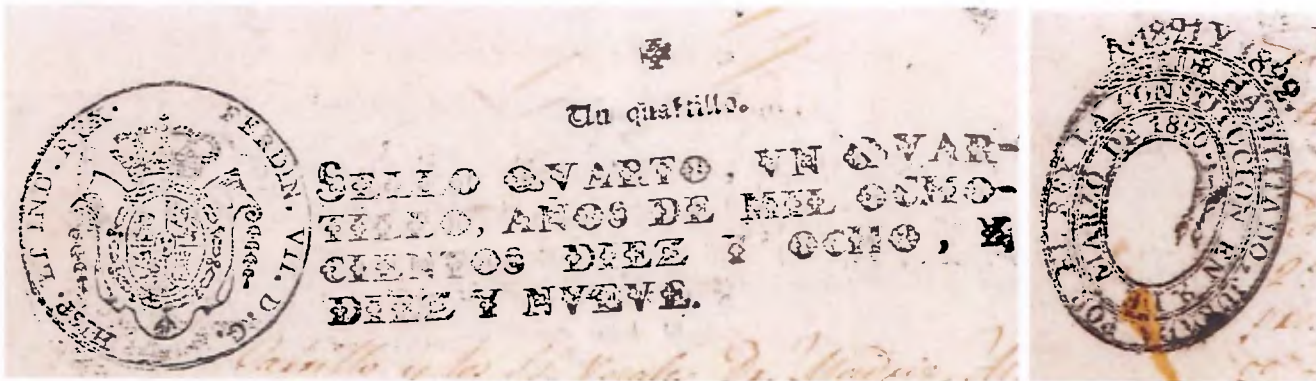


FIGURA 1-16. SELLO SUPERIOR A LA IZQUIERDA, SELLO INFERIOR A LA DERECHA, DE LA PÁGINA 10 REVERSO DEL PACTO DE CONCORDIA

Cabe destacar que el Acta de la Independencia de Costa Rica y la primera constitución política de nuestro país, presentan sellos de la corona española. La función de los sellos era autenticar los documento ante el Rey Fernando VII de España⁶². El sello presente en los documentos era el sello cuarto con un valor de un quartillo, este sello era empleado por los denominados “Pobres de Solemnidad” e Indios⁶¹. La cruz “+” al inicio de los sellos, se conocía como cruz de reutilización, este signo permitía el uso del papel 1 año después de la fecha de expiración. La cruz de reutilización se empleó hasta 1819, este signo está presente en papeles sellados con moldes de plomo o madera, y no se encuentra en los sellos litografiados⁶⁴.

4.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SELLOS PRESENTES EN LOS DOCUMENTOS

4.3.A. FOTOGRAFÍA MULTIESPECTRAL

Las tintas de los sellos del Acta de la Independencia y el Pacto de Concordia tienen el mismo comportamiento ante la fotografía multiespectral. En esta sección se emplean las fotografías del Acta de la Independencia para ejemplificar el comportamiento típico de estas tintas.

Las tintas de los sellos de la Figura 1-17 se muestran negras en la fotografía visible, negras en la fotografía infrarroja de color falso y muy opacas en la fotografía de ultravioleta de fluorescencia y ultravioleta de reflectancia. Este comportamiento coincide con el de las tintas a base de carbón¹⁷. Tomando en cuenta el periodo histórico es posible que las tintas de los sellos sean a base de hollín⁵⁹. También pueden tratarse de tintas mixtas, pues durante el siglo XIX se mezclaban las tintas a base de hollín con tintas ferrogálicas para mejorar la permanencia y estabilidad del color⁵⁶.

La principal diferencia entre la fotografía multiespectral de las tintas a base de carbón y las tintas ferrogálicas, es que el carbón es un fuerte absorbente de radiación en el infrarrojo cercano, y por ende las tintas de carbón serán visibles en la fotografía IR, y se mostrarán negras intensas en la fotografía de IRFC¹⁷.



FIGURA 1-17. FOTOGRAFÍA MULTIESPECTRAL DE LOS SELLOS DEL FOLIO 126 DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA, EN ORDEN DE IZQUIERDA A DERECHA SE MUESTRA LA FOTOGRAFÍA VISIBLE (VIS) SEGUIDA DE LA INFRARROJO DE COLOR DE COLOR FALSO (IRFC), LA ULTRAVIOLETA DE REFLECTANCIA (UVR) Y LA ULTRAVIOLETA DE FLUORESCENCIA (UVF).

4.3.B. FLUORESCENCIA DE RAYOS X

El Cuadro 1-10 muestra la composición elemental de las áreas selladas superior e inferior del Acta de la Independencia, y de 6 páginas elegidas al azar del Pacto de Concordia. Este cuadro fue generado a partir de los análisis de fluorescencia de rayos X realizados en los documentos. La clasificación como cuantificable, no cuantificable, se realiza con base a los límites de detección y cuantificación del programa XRS-FP2, bajo las condiciones de radio señal-ruido 0.5 y tolerancia para identificación de las señales del 60 %. Es importante resaltar que todas las páginas contienen hierro y calcio, para estos dos elementos se

realizó la cuantificación a partir de los patrones NIST 688, 88b, 70b y 278, tal y como se describe en la metodología. Los resultados de estos análisis se muestran en el Cuadro 1-11. En ambos cuadros, la columna n señala el número de mediciones por página. En total se realizaron 42 mediciones de XRF para los sellos de los documentos objetos de estudio.

CUADRO 1-10. ELEMENTOS CUANTIFICABLES (C), NO CUANTIFICABLES (NC) Y AUSENTES (A) EN LOS SELLOS DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA (AI) Y LAS 6 PÁGINAS MUESTREADAS DEL PACTO DE CONCORDIA

Página	Sello	n	Zn	K	S	Cl	Pb	Cu	Mn	Bi
AI	Superior	8	C	C	C	C	A, NC***	NC	NC	NC
AI	Inferior	2	C	C	C	C	NC	NC	NC	NC
2	Superior	7	C	C	C	C, A**	C	NC	A	A
2	Inferior	1	C	C	A	A	C	A	A	A
6	Superior	4	C	C	C	C, A****	C	NC	A	A
6	Inferior	1	C	C	C	A	C	A	A	A
13	Superior	4	C, A*	C	C	C	C	C, NC*	A, NC****	A
14	Superior	4	C, A*	C	C, A****	C, A*	C	NC	A	A
14	Inferior	1	C	C	C	C	C	NC	A	A
27	Superior	4	C, A****	C	A	C	C	NC	NC, A****	A
27	Inferior	1	C	C	A	A	C	NC	NC	A
35	Superior	4	A	A	A, C****	C	C	C, NC*	NC, A*	NC, A****
35	Inferior	1	C	A	C	C	NC	NC	NC	NC

n: número de mediciones, *50/50, **57/43, ***63/18, ****75/25

Las áreas selladas superior e inferior del Acta de la Independencia contienen zinc, potasio, azufre y cloro en cantidades cuantificables; plomo, cobre, manganeso y bismuto en cantidades no cuantificables. En el Pacto de Concordia la totalidad de las áreas selladas muestreadas contienen plomo en cantidades cuantificables, solo el área sellada inferior de la página 35 contiene plomo en cantidades no cuantificables. La presencia de plomo en las áreas selladas, se puede deber al uso de láminas de plomo en el siglo XIX como moldes de sellos⁶⁴.

Todas las áreas selladas del Pacto de Concordia contienen zinc en cantidades cuantificables menos el área sellada superior de la página 35. Adicionalmente todas las áreas selladas contienen potasio en cantidades cuantificables menos las áreas selladas de la página 35. El azufre y el cloro se encuentra en cantidades cuantificables en el 73 % de las áreas selladas muestreadas. El cobre se encuentra en cantidades cuantificables en el área sellada superior de la página 13 y en el área sellada superior de la página 35, mientras que está ausente en el área sellada inferior de la página 2 y en el área sellada inferior de la página 6; en los folios restantes (64 % de las áreas selladas analizadas) el cobre se encuentra en cantidades no cuantificables. Finalmente, el manganeso se encuentra en cantidades no cuantificables en el 45 % de las áreas selladas muestreadas en el Pacto de Concordia, y el bismuto se encuentra en cantidades no cuantificables únicamente en las áreas selladas superior e inferior del folio 35 del Pacto de Concordia.

El Cuadro 1-11 muestra el porcentaje de hierro y calcio en las áreas selladas del Acta de la Independencia y el Pacto de Concordia. En el Acta de la Independencia las áreas selladas superior e inferior tienen una concentración promedio de hierro de 0.2 % en masa con una desviación estándar de 0.1 % en masa para el área sellada superior superior y una incertidumbre expandida del 0.4 % en masa para el área sellada inferior. En cuanto a la concentración de calcio, el área sellada superior tiene una concentración promedio de calcio de 0.9 % en masa con una desviación estándar del 0.3 % en masa, y el área sellada inferior tiene una concentración del 0.7 % en masa con una incertidumbre expandida del 0.1 % en masa.

Para el Acta de la Independencia y el Pacto de Concordia, la concentración promedio de hierro en las áreas selladas superiores es de 0.16 % en masa con una desviación estándar del 0.08 % en masa, para un total de 35 mediciones. La concentración promedio de hierro en las áreas selladas inferiores es de 0.3 % en masa con una desviación estándar del 0.1 % en masa, para un total de 7 mediciones.

De igual manera, para el Acta de la Independencia y el Pacto de Concordia, la concentración promedio de calcio en las áreas selladas superiores es de 2.7 % en masa con una desviación estándar de 1.7 % en masa, para un total de 35 mediciones. La concentración promedio de calcio en las áreas selladas inferiores es de 2.4 % en masa con una desviación estándar del 1.8 % en masa, para un total de 7 mediciones.

CUADRO 1-11. PORCENTAJE EN MASA DE HIERRO Y CALCIO EN LOS SELLOS DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA (AI) Y EL PACTO DE CONCORDIA.

Pagina	Sello	n	Promedio Cn Fe (% en masa)	Desviación estándar (% en masa)	Promedio Cn Ca (% en masa)	Desviación estándar (% en masa)
AI	Superior	8	0.2	0.1	0.9	0.3
AI	Inferior	2	0.2	*0.4	0.7	*0.1
2	Superior	7	0.1	0.0	5.2	0.2
2	Inferior	1	0.2	*0.4	5.2	*0.2
6	Superior	4	0.2	0.1	4.3	0.5
6	Inferior	1	0.2	*0.4	4.2	*0.2
13	Superior	4	0.2	0.04	3.0	0.1
14	Superior	4	0.1	0.00	2.7	0.1
14	Inferior	1	0.2	*0.4	3.0	*0.2
27	Superior	4	0.2	0.1	0.9	0.2
27	Inferior	1	0.4	*0.4	1.1	*0.1
35	Superior	4	0.2	0.1	2.1	0.2
35	Inferior	1	0.5	*0.4	2.1	*0.2

n: número de mediciones, *No es un coeficiente de variación. Se refiere a un cálculo de incertidumbre a partir de las curvas de calibración y la variabilidad propia de la muestra, con una incertidumbre expandida k=2 para un 95 % de confianza.

El Cuadro 1-12 muestra las pruebas t realizadas entre la concentración media de hierro y calcio en el sello superior y en el sello inferior. Esto para determinar si la formulación del sello superior difiere de la formulación del sello inferior. Adicionalmente, este cuadro muestra las pruebas t realizadas entre la concentración media de hierro y calcio en el papel y en las áreas selladas. Este segundo grupo de pruebas se realizan para determinar si el calcio y el hierro de las áreas selladas es propio de los sellos o del papel.

CUADRO 1-12. PRUEBAS T PARA LA CONCENTRACIÓN DE HIERRO Y CALCIO ENTRE EL SELLO SUPERIOR Y EL SELLO INFERIOR, Y ENTRE LAS ÁREAS SELLADAS Y EL PAPEL

Objetivo de la prueba	Descripción de la prueba	Hipótesis	Resultado	Conclusión
Determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración media de calcio en el sello superior y el sello inferior.	Prueba t de dos colas bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 35 mediciones de sello superior y 7 mediciones de sello inferior.	<p>H₀: la concentración promedio de calcio en el sello superior es igual a la concentración promedio de calcio en el sello inferior</p> <p>H_a: la concentración promedio de calcio en el sello superior es diferente a la concentración promedio de calcio en el sello inferior</p>	<p>$t = -0.44$ $p = 0.66$</p>	Dado que p es mayor a 0.05 se retiene H_0 , no hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de calcio en el sello superior y la media de concentración de calcio en el sello inferior
Determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración media de hierro en el sello superior y el sello inferior.	Prueba t de dos colas bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 35 mediciones de sello superior y 7 mediciones de sello inferior.	<p>H₀: la concentración promedio de hierro en el sello superior es igual a la concentración promedio de hierro en el sello inferior</p> <p>H_a: la concentración promedio de hierro en el sello superior es diferente a la concentración promedio de hierro en el sello inferior</p>	<p>$t = 2.52$ $p = 0.015$</p>	Dado que p es menor a 0.05 se rechaza H_0 , hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de hierro en el sello superior y la media de concentración de hierro en el sello inferior.
Determinar si la concentración de hierro en el sello inferior es significativamente mayor que la concentración de hierro en el sello superior.	prueba t de una cola bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 35 mediciones de sello superior y 7 mediciones de sello inferior.	<p>H₀: la concentración promedio de hierro en el sello inferior es igual a la concentración promedio de hierro en el sello superior</p> <p>H_a: la concentración de hierro en el sello inferior es mayor que la concentración de hierro en el sello superior</p>	<p>$t = 2.53$ $p = 0.0077$</p>	Dado que p es menor a 0.05 se rechaza H_0 , y se concluye que la concentración de hierro en el sello inferior es mayor que la concentración de hierro en el sello superior.
Determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración promedio de calcio en las áreas selladas y la concentración	Prueba t de dos colas bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 42 mediciones de áreas selladas y 26	<p>H₀: no hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de calcio en las áreas selladas y la media de</p>	<p>$t = 3.08$ $p = 0.0031$</p>	Dado que p es menor a 0.05 se rechaza H_0 , hay diferencia estadísticamente

promedio de calcio en el papel.	mediciones de papel	concentración de calcio en el papel H_a : hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de calcio en el papel y la media de concentración de calcio en las áreas selladas.	significativa entre la media de concentración de calcio en las áreas selladas y la media de concentración de calcio en el papel.
Determinar si la concentración de calcio en las áreas selladas es significativamente mayor que la concentración de calcio en el papel.	Prueba <i>t</i> de una cola bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 42 mediciones de áreas selladas y 26 mediciones de papel	H₀ : la concentración promedio de calcio en las áreas selladas es igual a la concentración promedio de calcio en el papel H_a : la concentración de calcio en las áreas selladas es mayor que la concentración de calcio en el papel	Dado que <i>p</i> es menor a 0.05 se rechaza <i>H₀</i> , y se concluye que la concentración de calcio en las tintas es mayor que la concentración de calcio en el papel.
Determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración promedio de hierro en las áreas sellas del sello superior y la concentración promedio de hierro en el papel.	Prueba <i>t</i> de dos colas bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 35 mediciones de áreas selladas del sello superior y 26 mediciones de papel	H₀ : no hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de hierro en las áreas selladas del sello superior y la media de concentración de hierro en el papel H_a : hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de hierro en el papel y la media de concentración de hierro en el área sellada del sello superior	Dado que <i>p</i> es mayor a 0.05 se retiene <i>H₀</i> , no hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de hierro en el sello superior y la media de concentración de hierro en el papel.
Determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración promedio de hierro en las áreas sellas del sello inferior y la concentración promedio de hierro en el papel.	Prueba <i>t</i> de dos colas bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 7 mediciones de áreas selladas del sello inferior y 26 mediciones de papel	H₀ : no hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de hierro en las áreas selladas del sello inferior y la media de concentración de hierro en el papel	Dado que <i>p</i> es menor a 0.05 se rechaza <i>H₀</i> , hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de hierro en el papel y la

		H_a : hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de hierro en el papel y la media de concentración de hierro en el área sellada del sello inferior		media de concentración de hierro en el sello inferior.
Determinar si la concentración de hierro en el área sellada del sello inferior es significativamente mayor que la concentración de hierro en el papel	Prueba t de una cola bajo un nivel de confianza del 95 %. Incluye 7 mediciones de áreas selladas del sello inferior y 26 mediciones de papel	H₀ : la concentración promedio de hierro en el área sellada del sello inferior es igual a la concentración promedio de hierro en el papel H_a : la concentración de hierro en el área sellada del sello inferior es mayor que la concentración de hierro en el papel	$t = -3.5$ $p = 0.00071$	Dado que p es menor a 0.05 se rechaza H_0 , y se concluye que la concentración de hierro en el área sellada inferior es mayor que la concentración de hierro en el papel.

A partir de estos análisis se concluye que el sello inferior se diferencia del sello superior por un mayor contenido de hierro. Las tintas del sello superior no tienen hierro añadido, pues el promedio de hierro en el sello superior no se diferencia del promedio de hierro del papel. Mientras que las tintas del sello inferior tienen hierro añadido, pues el promedio de hierro en el sello inferior es significativamente superior al promedio de hierro en el papel. Finalmente, el promedio de calcio en los sellos superior e inferior es significativamente mayor al promedio de calcio en el papel, por lo que las tintas de los sellos tienen calcio añadido. Este mayor contenido de calcio en las tintas es típico del pigmento negro humo¹⁶.

A manera de resumen, desde una perspectiva histórica, los sellos generalmente estaban formados por el pigmento negro humo⁵⁹. Tanto el sello superior como el inferior tienen el comportamiento típico de las tintas negro humo en la fotografía multiespectral, pues el carbón es un fuerte absorbente de radiación del infrarrojo cercano¹⁷. Ambos sellos contienen calcio de acuerdo a los análisis de XRF, lo que coincide con el pigmento negro humo¹⁶. El sello inferior contiene hierro en los análisis de XRF, lo que coincide con las tintas ferrogálicas. Además al observar el sello inferior bajo luz ultravioleta su mecanismo de degradación coincide con el de las tintas ferrogálicas documentado por el ICN (ver Figura 2-5)⁴⁴. Es importante resaltar que en el siglo XIX era común la mezcla de pigmentos negro humo con tintas ferrogálicas⁵⁶.

Tomando en consideración la fotografía multiespectral, la observación in situ bajo luz ultravioleta, los estudios de fluorescencia de rayos X y el contexto histórico se concluye que el sello superior está formado por negro humo y el sello inferior es una combinación de negro humo con tintas ferrogálicas.

CAPÍTULO 2

1. ESTUDIO DEL DETERIORO

1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO

Los factores que afectan la propagación del daño se dividen en factores externos e internos. Los factores externos incluyen almacenamiento y uso, mientras que los factores internos se refieren a la composición del documento, y se dividen en tinta y papel. La Figura 2-1 muestra los principales factores de deterioro y los parámetros de los que dependen en mayor medida⁴⁴. En este trabajo se estudiarán con mayor profundidad los factores internos, dada la incidencia de la química en esta área, y la ausencia de un registro de los factores externos a los que han estado sometidos los documentos a través del tiempo.



FIGURA 2-1. FACTORES EXTERNOS E INTERNOS QUE PROPICIAN LA PROPAGACIÓN DEL DETERIORO, TOMADO DEL ICN⁴⁴.

1.2. MECANISMOS DE DETERIORO

Los mecanismos de deterioro dependen tanto de factores externos como internos. La composición de las tintas y papeles determinará las reacciones de deterioro que pueden ocurrir, mientras que los factores externos como el uso y el almacenamiento catalizarán estas reacciones. Los mecanismos de deterioro pueden ser químicos o mediados por microorganismos.

1.2.A. MECANISMOS DE DETERIORO QUÍMICO

La hidrólisis de la celulosa catalizada por excesos de ácido sulfúrico y la oxidación de la celulosa catalizada por los iones hierro(II), este último fenómeno conocido como reacción Fenton (Figura 2-2)⁴⁴, son los principales mecanismos de deterioro químico en documentos con tintas ferrogálicas.

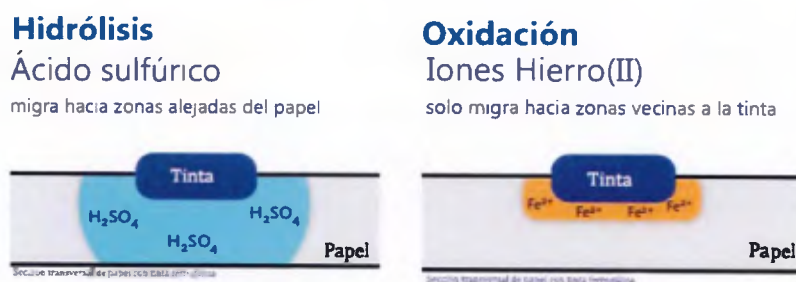
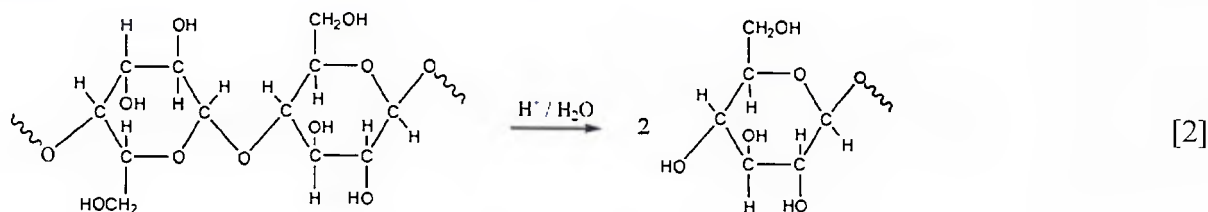


FIGURA 2-2. MECANISMOS QUÍMICOS DE DETERIORO DE LOS DOCUMENTOS CON TINTAS FERROGÁLICAS, TOMADO DEL ICN⁴⁴.

1.2.A.A. HIDRÓLISIS ÁCIDA

Generalmente, las recetas de tintas ferrogálicas contienen ácido sulfúrico. Este ácido migra a hacia regiones alejadas del papel, como se muestra en la Figura 2-2, y cataliza la reacción de hidrólisis (reacción [2]⁶⁵). Esto ocasiona despolimerización y resulta en la pérdida de fuerza mecánica⁴⁴.



1.2.A.B. REACCIÓN FENTON

La reacción Fenton fue descubierta por Henry Fenton en 1894⁶⁶. En esta reacción los metales de transición como el hierro y el cobre catalizan la oxidación de la celulosa por un mecanismo de radicales libres. En una primera etapa se da la formación de peróxidos en medio ácido, acoplado a la oxidación de Fe(II) (reacciones [3] y [4]), en una segunda etapa se da la descomposición homolítica de peróxidos con transición de iones metálicos (reacciones [5] y [6]). La reacción [5] es conocida como reacción Fenton, en ella se forma el radical OH[·]. Si el ion metálico involucrado en la reacción es diferente de Fe(II) se denomina reacción tipo Fenton, como en el caso de la reacción [6]⁶⁷. Posteriormente el radical OH[·] reacciona con la celulosa para generar los productos descritos en la Figura 2-3, se debe resaltar que el producto formado dependerá del ambiente químico y condiciones ambientales⁶⁸.

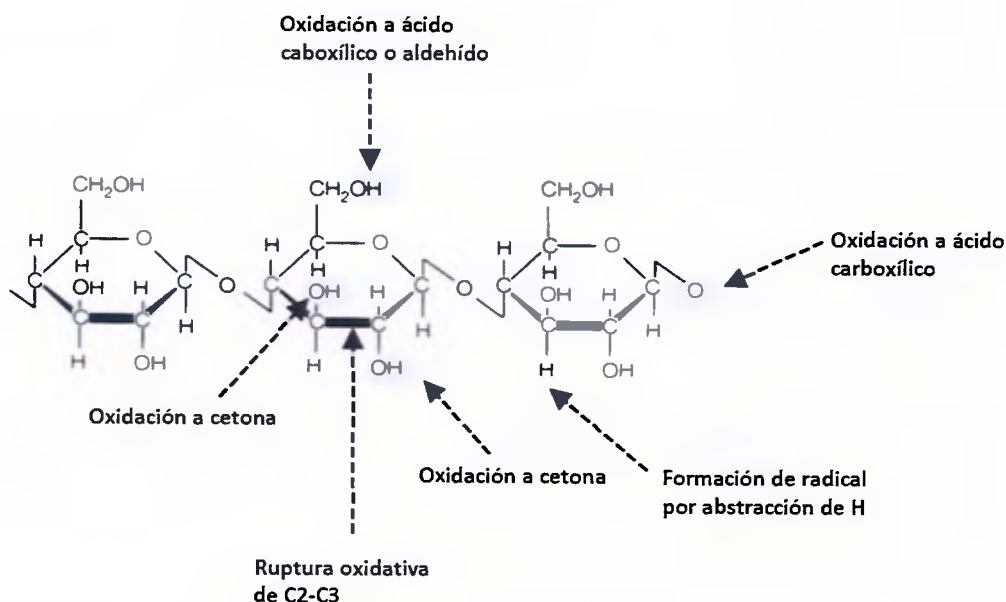


FIGURA 2-3. POSICIÓN DE LAS POSIBLES REACCIONES DE OXIDACIÓN EN LA CADENA DE CELULOSA, TOMADO DE HELLSTÖM 2014 COMO ADAPTACIÓN DE NORIMOTO 2001⁶⁸

La oxidación de la celulosa ocasiona escisión de la cadena y reticulación del polímero. Lo que resulta en una reducción de la absorción de agua, aparición de fluorescencia, adquisición de una tonalidad café por parte de la hoja, pérdida de la elasticidad, pérdida de la fuerza mecánica, y finalmente rupturas en zonas de tintas. Estos daños ocurren en regiones cercanas a la tinta, pues el Fe(II) no migra grandes distancias (Figura 2-2)^{44,69}.

1.2.B. MECANISMOS DE DETERIORO MEDIADOS POR MICROORGANISMOS

En el presente apartado se discute el fenómeno *foxing* dada la incidencia del mismo en los documentos objetos de estudio

1.2.B.A. FOXING

Los puntos de *foxing* aparecen en el papel como manchas café-rojizas, cafés o amarillentas, generalmente son de dimensiones pequeñas, bordes finos e irregulares, en la mayoría de los casos muestran fluorescencia bajo luz UV. Estas marcas se asocian con el crecimiento de hongos y bacterias en presencia de hierro⁷⁰. La Figura 2-4 muestra los hongos cultivados a partir de la toma de muestra en zonas de *foxing* del Acta de la Independencia.

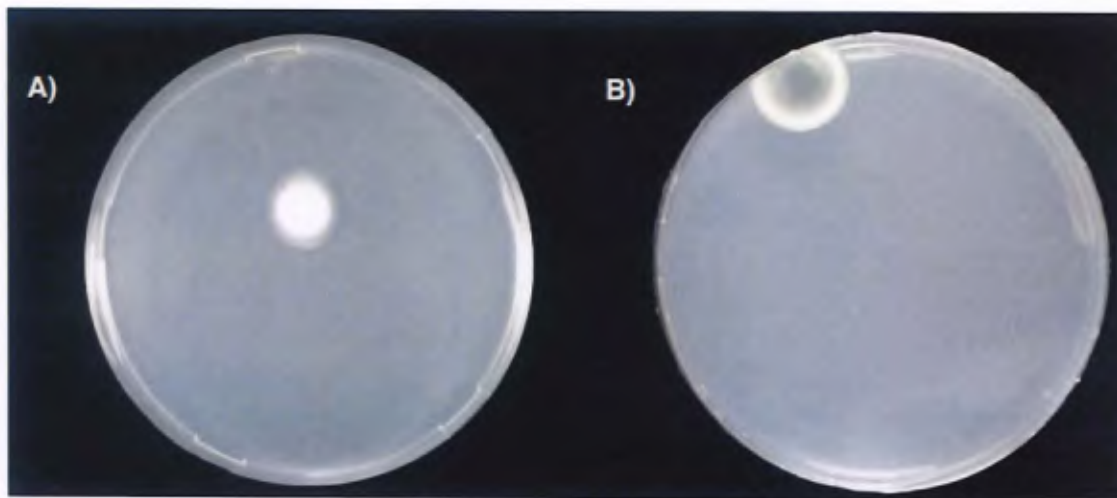


FIGURA 2-4. AISLAMIENTOS DE HONGOS CULTIVADOS EN A) CARBOXIMETIL CELULOSA Y B) AGAR-PATATA-DEXTROSA RECUPERADO DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA DE COSTA RICA ANTES DEL TRATAMIENTO DE RESTAURACIÓN. FOTO Y ANÁLISIS CORTESÍA DE MAX CHAVARRÍA, EFRAÍN ESCUDERO, SOFÍA VIETO.

En las etapas iniciales los puntos de *foxing* muestran una luminiscencia intensa bajo luz UV, y no se observan bajo luz visible. En una segunda etapa se observan manchas amarillentas bajo luz visible, con bordes luminiscentes en luz UV. En una etapa final las manchas se muestran café-rojizas en luz visible con reducción de la fluorescencia en luz UV⁷¹.

La aparición de estas manchas dependerá del método de producción del papel, el nivel de exposición a la luz, los contaminantes de hierro a los que pueda estar expuesto, la temperatura y humedad⁷¹. Las zonas de *foxing* se asocian con la oxidación de Fe(II) a Fe(III) y con la oxidación del sustrato orgánico que constituya el papel⁷⁰.

2. PROPUESTA DE UNA ESCALA DE DETERIORO

Con el fin de evaluar el nivel de deterioro de los documentos objetos de estudio se desarrolla un modelo de daño. Este modelo realiza una ponderación del deterioro partir del estudio de la condición de las tintas, la condición física del soporte de papel y la condición microbiológica del soporte de papel. La condición de las tintas incluye legibilidad de los textos, condición de las tintas de los sellos y condición de las tintas de los textos (cuadro II). La condición física del soporte de papel contempla la presencia de huecos, suciedad, roturas y dobleces (cuadro III). Finalmente, la condición microbiológica del soporte de papel considerará el fenómeno *foxing*, las manchas de humedad y la presencia de otras colonias de hongos (cuadro IV).

A la condición de las tintas y sellos se le asigna un peso del 35 %, a la condición microbiológica del soporte de papel se le asigna un peso del 35 % y a la condición física del soporte de papel se le asigna un 30 %. Se le brinda un peso mayor a los factores químicos y microbiológicos, pues estos se asocian con mecanismos de degradación como la hidrólisis ácida, reacción Fenton o el *foxing*, que progresan en el tiempo y son capaces de generar un daño significativamente mayor a futuro.

2.1. CONDICIÓN DE LAS TINTAS Y SELLOS

CUADRO 2-1. PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA EVALUAR LA CONDICIÓN DE TINTAS Y SELLOS EN EL DOCUMENTO, LA ESCALA DE ESTOS PARÁMETROS Y SU PESO EN EL MODELO

Parámetro	Escala	Peso máximo en el modelo (%)
Legibilidad del texto	1- Completamente legible 2- Mayoritariamente legible 3- Mayoritariamente ilegible	10
Condición de la tinta del texto y firmas	Del 1 al 7, de acuerdo con la escala del ICN, Figura 2-5 ³	7.5
Condición de la tinta del sello superior	1- Sin indicios de deterioro significativo o mecanismo de deterioro en curso 2- Con indicios de mecanismo de deterioro en curso 3- Con deterioro significativo	2.5
Condición de la tinta del sello inferior	Del 1 al 7, de acuerdo con la escala del ICN, Figura 2-5 ³	2.5
Condición del documento respecto a las tintas	Del 1 al 4, de acuerdo con la escala del ICN, Figura 2-6 ³	12.5

El Cuadro 2-1 muestra los parámetros considerados para evaluar la condición de las tintas y sellos. La unión de estos parámetros tiene un peso del 35 % en el modelo de daño. Este porcentaje se distribuye en legibilidad del texto (10 %), condición de las tintas del texto y firmas (7.5 %), condición de las tintas de sellos (2.5 % es sello superior y 2.5 % el sello inferior) y condición del documento respecto a tintas (12.5 %). Dado que el Acta de los Nublados no contiene sellos el porcentaje de los sellos se le transfiere a condición de las tintas del texto y firmas (llega a valer 10 %), y a la condición del documento respecto a tintas (pasa a valer 15 %)

El modelo se aplica de la siguiente manera. A cada parámetro se le asigna un valor en la escala de acuerdo con su condición. Por ejemplo si el parámetro es condición de las tintas de los sellos se sigue la escala de la Figura 2-5 y se establece el valor que mejor describa a los sellos del documento. Si el valor

en la escala fuese 7 esto equivaldría a 2.5 % (el peso máximo del sello respectivo en el modelo), si el valor de la escala fuese 1 el peso sería 0 %. A los puntos medios de la escala se les asigna un peso mediante una interpolación lineal entre el valor de escala máximo-peso máximo y el valor de escala mínimo-peso mínimo. Esto se aplica para todos los parámetros, tanto de condición de las tintas y sellos, como condición microbiológica y condición física del soporte de papel, que se discutirán en las siguientes secciones.

El sello superior está formado por negro humo. El principal problema que enfrenta este material es su fijación al soporte⁵⁶, sin embargo, no es posible evaluar la porción de negro humo que ha abandonado el soporte a través del tiempo, pues no hay registro fotográfico del documento en épocas anteriores. Por lo que la evaluación del estado del sello superior será más vaga (ver Cuadro 2-1). Para valorar el nivel de deterioro de las tintas y los sellos inferiores en los documentos objeto de estudio, se emplea la escala del Instituto de Colección de los Países Bajos (ICN por sus siglas en neerlandés). Esta institución establece 7 niveles de deterioro para las tintas ferrogálicas. La escala abarca desde el nivel 1 -No degradado, hasta el nivel 7 -Sería pérdida de material. La Figura 2-5 muestra una representación gráfica cada uno de los niveles de deterioro, en conjunto con sus respectivos elementos identificativos. Al aplicar esta escala se escoge el punto de mayor deterioro en la hoja y se documenta el valor⁴⁴.



FIGURA 2-5. NIVELES DE DETERIORO DE LAS TINTAS FERROGÁLICAS, TOMADO DEL ICN⁴⁴.

Dado que la degradación no progresa de manera homogénea por todo el folio, y en cambio algunas líneas de tinta se degradan en mayor medida que otras, la ICN propone una escala para evaluar el deterioro del folio como un todo (Figura 2-6). Para su aplicación se inspecciona la parte trasera del documento bajo la luz visible y se aplica el criterio que la zona más degradada tendrá el mayor peso al evaluar el documento

como un todo. En el nivel 1 (buena condición) no hay manchas en zonas de tintas en la región trasera del documento. En el nivel 2 (Condición justa) hay manchas cafés en la parte trasera de zonas de tintas, pero no hay daño mecánico. En el nivel 3 (Condición pobre) hay daño mecánico en zonas de tintas. Finalmente, en el nivel 4 (mala condición) hay una pérdida importante de material.

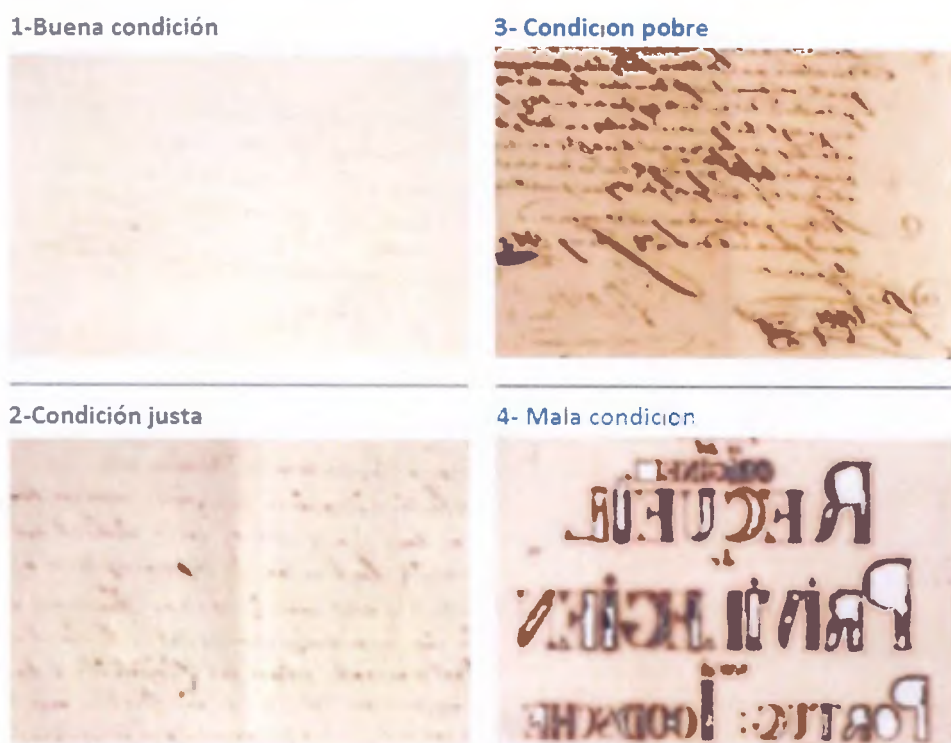


FIGURA 2-6. ESCALA PARA EVALUAR EL DETERIORO DE LOS DOCUMENTOS CON TINTAS FERROGÁLICAS, TOMADO DEL ICN⁴⁴

El mayor peso en el modelo de condición de tintas y sellos pertenece a la condición del documento respecto a las tintas, pues engloba la condición de las tintas del documento completo. El segundo parámetro de mayor importancia será la legibilidad de las tintas, pues una afectación en la legibilidad impide acceder a la información, lo que es el fin último de un documento. El tercer parámetro de mayor peso es la condición de las tintas de textos y firmas, pues esta tinta ocupa el mayor espacio en el documento. Finalmente, la condición de los sellos tiene un peso menor en el modelo, pues los sellos ocupan una porción menor de la hoja.

2.2. CONDICIÓN MICROBIOLÓGICA DEL SOPORTE DE PAPEL

La condición microbiológica del soporte de papel tiene un peso del 35 % en el modelo de daño. Se evalúan los parámetros (Cuadro 2-2): *foxing* (15 %), presencia de otras colonias de hongos (10 %) y manchas de humedad (10 %). Se le brinda un mayor peso al *foxing*, pues el avance de este fenómeno no solo daña el soporte de papel, sino que llega a afectar significativamente la legibilidad. Este es evaluado mediante observación in situ bajo luz visible y luz ultravioleta, tomando como base las etapas del *foxing* descritas en la sección 1.2.B.A. Foxing⁷¹. La presencia de otras colonias de hongos es evaluada mediante observación in situ bajo luz ultravioleta, al igual que las manchas de humedad. Se decide considerar manchas de humedad dentro de condición microbiológica, pues la humedad propicia la formación de futuras colonias. La asignación del peso de acuerdo con el valor de la escala se realiza por interpolación lineal, tal y como se describe en la sección anterior “2.1. Condición de las tintas y sellos”.

CUADRO 2-2. PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA EVALUAR LA CONDICIÓN MICROBIOLÓGICA DEL SOPORTE DE PAPEL, LA ESCALA DE ESTOS PARÁMETROS Y SU PESO EN EL MODELO

Parámetro	Escala	Peso máximo en el modelo (%)
<i>Foxing</i>	1- Ausente	15
	2- Solo fluorescencia bajo luz UV	
	3- Manchas claras en luz visibles	
	4- Manchas oscuras en luz visible	
	(Escala adaptada de Rebrikova 2000 ⁷¹)	
Otras colonias de hongos	1- Ausentes	10
	2- De 1 a 5 colonias pequeñas	
	3- De 5 a 10 colonias pequeñas o 2 colonias grandes	
	4- Más de 10 colonias pequeñas o más de 2 colonias grandes	
Manchas de humedad	1- Ausentes	10
	2- Débil	
	3- Fuerte	
	4- Muy fuerte	

2.3. CONDICIÓN FÍSICA DEL SOPORTE DE PAPEL

La condición física del soporte de papel tiene un peso del 30 % en el modelo de daño. Se evalúan los parámetros: huecos (5 %), suciedad (5 %), roturas (10 %) y dobleces (10 %). Estos parámetros se asocian principalmente con factores externos como uso y almacenamiento, y no se relacionan con mecanismos de deterioro químico o microbiológico. El Cuadro 2-3 muestra la escala bajo la cual se evalúan estos parámetros. La asignación del peso de acuerdo con el valor de la escala se realiza por interpolación lineal, tal y como se describe en la sección “2.1. Condición de las tintas y sellos”.

CUADRO 2-3. PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA EVALUAR LA CONDICIÓN FÍSICA DEL SOPORTE DE PAPEL, LA ESCALA DE ESTOS PARÁMETROS Y SU PESO EN EL MODELO

Parámetro	Escala	Peso máximo en el modelo (%)
Huecos	1- Ausentes	5
	2- Menos de 5 huecos de menos de 2 mm de diámetro	
	3- Mayor o igual a 5 huecos de menos de 2 mm de diámetro	
Suciedad	1- Escasa	5
	2- Abundante	
Roturas	1- Ausentes	10
	2- En bordes o esquinas	
	3- Atraviesa el documento de un lado a otro o significa la pérdida de un sector importante del documento	
Dobleces	1- Ausentes	10
	2- En bordes o esquinas	
	3- Recorren el documento de un lado al otro	

Huecos se refiere a pequeñas perforaciones debido a la encuadernación, insectos o mal uso. En cuanto a suciedad, todos los documentos tienen un cierto nivel de suciedad acumulada en el tiempo, aquellos casos en que se registra suciedad abundante se refiere a manchas negras en las esquinas, posiblemente por el contacto con los dedos de los usuarios al manipular el documento a través del tiempo. Las roturas se refieren a la pérdida de una porción del documento y por ello se le asigna un peso mayor.

Algunos ejemplos de roturas grado 3 son el folio 35 del Pacto de Concordia el cual carece de la porción derecha del folio, el folio 1 del Acta de los Nublados que cuenta con una rotura circular en el medio de la hoja, donde se pierde una porción de la información, o el Acta de los Nublados folio 2 que cuenta con una rotura en su parte inferior que atraviesa de un lado al otro del folio. A los dobleces se les asigna un peso importante, pues con el paso del tiempo estos pueden llevar a roturas.

3. APLICACIÓN DE LA ESCALA DE DETERIORO PROPUESTA

En la presente sección se describen los resultados de aplicar la escala de deterioro propuesta a los documentos objetos de estudio. La evaluación de los documentos se realiza a partir de la observación *in situ* bajo luz visible y luz ultravioleta.

3.1. POSICIÓN DE LOS DOCUMENTOS EN LA ESCALA DE DETERIORO

El resultado final de la escala de deterioro descrita en la sección anterior “2. Propuesta de una escala de deterioro” es un número del 0 al 10, donde 0 representa el menor deterioro y 10 el mayor deterioro. Esta escala fue empleada para evaluar el nivel de deterioro del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia. El Acta de la Independencia se encuentra en el nivel 5 de la escala de deterioro generada (Figura 2-7). Mientras que, el Acta de los Nublados folio 1 se encuentra en nivel 5, y el folio 2 se encuentra en nivel 4 (ver Figura 2-8).



FIGURA 2-7. POSICIÓN DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA (FOLIOS 126 Y 127) EN LA ESCALA DE DETERIORO GENERADA



FIGURA 2-8. POSICIÓN DEL ACTA DE LOS NUBLADOS (FOLIO 1 -A LA IZQUIERDA, FOLIO 2 -A LA DERECHA) EN LA ESCALA DE DETERIORO GENERADA



FIGURA 2-9. POSICIÓN EN LA ESCALA DE DETERIORO GENERADA DE LAS PÁGINAS 35 DERECHO (IMAGEN DE LA IZQUIERDA, EL FOLIO DE LA DERECHA) Y 1 REVERSO, 2 DERECHO (IMAGEN DE LA DERECHA, AMBOS FOLIOS) DEL PACTO DE CONCORDIA.

El Pacto de Concordia tiene 35 páginas derecho y 35 páginas vuelto. El nivel de deterioro de estas páginas va desde 2 hasta 6, tal y como se muestra en la Figura 2-9. El 16 % de las páginas del Pacto de Concordia se encuentran en el nivel 2 de deterioro. La mayoría de las páginas, un 46 % de ellas, se encuentran en el nivel 3 de deterioro. El 36 % de las páginas se encuentran el nivel 4 y solo el 2 % se encuentra en el nivel 6. Tal y como se describe en el Cuadro 2-4.

CUADRO 2-4. POSICIÓN DE LAS 35 PÁGINAS REVERSO Y 35 PÁGINAS VUELTO DEL PACTO DE CONCORDIA EN LA ESCALA DE DETERIORO GENERADA

Índice de deterioro	Páginas*	Porcentaje (%)
1	-----	0
2	1, 2, 5 R, 7, 8, 16	16
3	3 D, 4, 5 D, 6, 9, 10, 13 14, 15, 17, 19, 21, 24, 25 D, 26, 27, 28 R, 30 D, 31R	46
4	3 R, 11, 12, 18, 20, 22, 23, 25 R, 28 D, 29, 30 R, 31R, 32, 33, 34	36
5	-----	0
6	35	2
7, 8, 9, 10	-----	0

*D: derecho, R: reverso, si no tiene indicación incluye derecho y reverso

3.2. ÍNDICES DE: CONDICIÓN DE LAS TINTAS, CONDICIÓN FÍSICA DEL SOPORTE DE PAPEL Y CONDICIÓN MICROBIOLÓGICA DEL SOPORTE DE PAPEL

Los parámetros involucrados en la condición de las tintas (ver Cuadro 2-1) se sumaron, manteniendo el peso establecido para cada uno de ellos dentro del modelo de daño, y se redimensionaron a una escala del 1 al 5, donde,

1 significa **Muy bien**,

2 significa **Bien**,

3 significa **Intermedio**,

4 significa **Mal**, y

5 significa **Muy mal**

Este procedimiento se repitió para la condición física del soporte de papel y la condición microbiológica del soporte de papel. El Cuadro 2-5 muestra los resultados para el Acta de la Independencia y los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados.

CUADRO 2-5. ÍNDICES DE: CONDICIÓN DE LAS TINTAS, CONDICIÓN FÍSICA DEL SOPORTE DE PAPEL Y CONDICIÓN MICROBIOLÓGICA DEL SOPORTE DE PAPEL PARA EL ACTA DE LA INDEPENDENCIA Y LOS FOLIOS 1 Y 2 DEL ACTA DE LOS NUBLADOS.

Documento	Índice condición de tintas	Índice condición microbiológica del soporte de papel	Índice condición física del soporte de papel
Acta de la Independencia	3	3	2
Acta de los Nublados (folio 1)	2	3	5
Acta de los Nublados (folio 2)	2	2	5

De acuerdo con el Cuadro 2-5, la condición de deterioro de las tintas y la condición microbiológica del soporte de papel del Acta de la Independencia es intermedia. En cambio, la condición física del soporte de papel del Acta de la Independencia es buena. En el caso del Acta de los Nublados (folios 1 y 2), la condición de las tintas es buena, y la condición física del soporte de papel es muy mala (esto por la presencia de roturas de gran tamaño y dobleces que pueden llevar al desarrollo de roturas futuras). Los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados se diferencian entre sí por la condición microbiológica del soporte de papel, donde el folio 1 tiene una condición intermedia, y el folio 2 tiene una condición buena.

El Cuadro 2-6 muestra el Índice de condición de tintas, el Cuadro 2-7 muestra el índice condición microbiológica del soporte de papel, y el Cuadro 2-8 muestra el índice condición física del soporte de papel, esto para las 35 páginas derecho y 35 páginas reverso del Pacto de Concordia.

La condición de las tintas del 40 % de las páginas del Pacto de Concordia es muy buena, y la condición del 60 % restante es buena. La condición microbiológica del soporte de papel en el 9 % de las hojas es buena, en el 74 % del documento es intermedia, y en el 17 % restante es mala. Finalmente, la condición

física del soporte de papel en el 3 % del documento es muy buena, el 77 % de las hojas tienen una condición buena, el 17 % intermedia y el 3 % restante intermedia.

En resumen, la condición de tintas del Pacto es muy buena o buena, la condición microbiológica del soporte de papel es mayoritariamente intermedia, y la condición física del soporte de papel es mayoritariamente buena. Las páginas 18, 19, 21, 23, 34, 35 son las de peor condición microbiológica del soporte de papel, su condición es clasificada como mala. Por otro lado, la página 35 es la de peor condición física del soporte de papel, su condición es igualmente clasificada como mala.

CUADRO 2-6. ÍNDICE CONDICIÓN DE TINTAS DE LAS 35 PÁGINAS DERECHO Y 35 PÁGINAS REVERSO DEL PACTO DE CONCORDIA

Índice condición de tintas	Páginas*	Porcentaje (%)
1	1, 2, 3 D, 4, 5 R, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 19, 21, 30 D, 31 R, 32 D, 34 D	40
2	3 R, 5 D, 6, 11, 12, 13 14, 15, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 R, 31D, 32 R, 33, 34 R, 35 D	60
3, 4, 5	-----	0

*D: derecho, R: reverso, si no tiene indicación incluye derecho y reverso

CUADRO 2-7. ÍNDICE CONDICIÓN MICROBIOLÓGICA DEL SOPORTE DE PAPEL DE LAS 35 PÁGINAS DERECHO Y 35 PÁGINAS REVERSO DEL PACTO DE CONCORDIA

Índice condición microbiológica del soporte de papel	Páginas*	Porcentaje (%)
1	-----	0
2	8, 13, 16	9
3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33	74
4	18, 19, 21, 23, 34, 35	17
5	-----	0

*D: derecho, R: reverso, si no tiene indicación incluye derecho y reverso

CUADRO 2-8. ÍNDICE CONDICIÓN FÍSICA DEL SOPORTE DE PAPEL DE LAS 35 PÁGINAS DERECHO Y 35 PÁGINAS REVERSO DEL PACTO DE CONCORDIA

Índice condición física del soporte de papel	Páginas	Porcentaje (%)
1	1	3
2	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29	77
3	22, 30, 31, 32, 33, 34	17
4	35	3
5	-----	0

4. VALIDACIÓN DE LA ESCALA DE DETERIORO PROPUESTA

La validación de la escala de deterioro se realiza a partir del análisis de la fotografía multiespectral. Para ampliar el tema se puede recurrir al Anexo 7.

4.1. NIVEL 2: PÁGINA 2 DERECHO DEL PACTO DE CONCORDIA

La Figura 2-10 muestra la fotografía multiespectral de la página 2 derecho del Pacto de Concordia (folio derecho en la imagen). Esta página se encuentra en el nivel 2 de la escala de deterioro. A continuación, se discute la condición de las tintas, la condición microbiológica del soporte de papel y la condición física del soporte de papel a partir de la fotografía visible, ultravioleta de fluorescencia y ultravioleta de reflectancia.

1. Esta página tiene un nivel muy bueno en la **condición de las tintas** (Cuadro 2-6), lo que coincide con lo observado en la fotografía visible, no se perciben puntos de corrosión de las tintas, además en la fotografía de ultravioleta de fluorescencia no se observan porciones elevadas de tinta fuera de la línea de escritura. De acuerdo con la escala de ICN⁴⁴ las tintas de esta página se encuentran en un nivel 1 (Figura 2-5) como deterioro máximo, y la condición del documento respecto a tintas se encuentra en el nivel 1 (Figura 2-6). El mayor deterioro es el del sello inferior, el cual se encuentra en nivel 4 según la escala del ICN⁴⁴ (Figura 2-5)
2. El folio presenta una **condición microbiológica del soporte de papel** intermedia (Cuadro 2-7). En la fotografía de ultravioleta de reflectancia se observa una mancha de humedad en la esquina superior derecha. En la observación in situ bajo luz ultravioleta se observan entre 5 y 10 colonias pequeñas de hongos. Las manchas de *foxing* solo se pueden observar bajo luz ultravioleta, por lo que están en su primera etapa de formación.

3. Finalmente, la **condición física del soporte de papel** es muy buena (Cuadro 2-8). En la fotografía visible no se observan huecos, roturas, dobleces, ni suciedad.



FIGURA 2-10. FOTOGRAFÍA DE ULTRAVIOLETA DE REFLECTANCIA (ARRIBA), ULTRAVIOLETA DE FLUORESCENCIA (AL MEDIO), VISIBLE (ABAJO) DE LOS FOLIOS 1 REVERSO Y 2 DERECHO DEL PACTO DE CONCORDIA

4.2. NIVEL 3: PÁGINA 13 REVERSO PACTO DE CONCORDIA

La Figura 2-11 muestra la fotografía multiespectral de la página 13 reverso del Pacto de Concordia (folio izquierdo en la imagen). Esta página se encuentra en el nivel 3 de la escala de deterioro. A continuación, se discute la condición de las tintas, la condición microbiológica del soporte de papel y la condición física del soporte de papel a partir de la fotografía visible, ultravioleta de fluorescencia y ultravioleta de reflectancia.

1. Esta página tiene un nivel bueno en la **condición de las tintas** (Cuadro 2-6), lo que coincide con lo observado en la fotografía visible, la mayoría de la tinta del documento se encuentra en buenas condiciones, sin embargo hay regiones donde se ha iniciado el proceso de corrosión de la tinta. Es posible identificarlas en la fotografía de ultravioleta de fluorescencia pues se observan manchas oscuras de tinta, con la región exterior en tonalidad celeste indicando la fluorescencia. De acuerdo con la escala de ICN⁴⁴ las tintas de esta página se encuentran en un nivel 4 (Figura 2-5) como deterioro máximo, y la condición del documento respecto a tintas se encuentra en el nivel 2 (Figura 2-6). El sello inferior se encuentra en nivel 4 según la escala del ICN⁴⁴ (Figura 2-5).
2. El folio presenta una **condición microbiológica del soporte de papel** buena (Cuadro 2-7). En la fotografía de ultravioleta de reflectancia se observa una mancha de humedad en la esquina superior izquierda, sin embargo el resto del folio se ve libre de colonias (Figura 2-11). En la observación in situ bajo luz ultravioleta no se observan colonias de hongos. Las manchas de *foxing* solo se pueden observar bajo luz ultravioleta, por lo que están en su primera etapa de formación.
3. Finalmente, la **condición física del soporte de papel** es buena (Cuadro 2-8), las únicas afectaciones son la suciedad en la esquina inferior izquierda y algunos huecos pequeños en el borde inferior y cerca del margen de la costura (fotografía visible).



FIGURA 2-11. FOTOGRAFÍA DE ULTRAVIOLETA DE REFLECTANCIA (ARRIBA), ULTRAVIOLETA DE FLUORESCENCIA (AL MEDIO), VISIBLE (ABAJO) DE LOS FOLIOS 13 REVERSO Y 14 DERECHO DEL PACTO DE CONCORDIA

4.3. NIVEL 4: ACTA DE LOS NUBLADOS (FOLIO 2)

La Figura 2-12 muestra la fotografía multiespectral del folio 2 del Acta de los Nublados. Esta página se encuentra en el nivel 4 de la escala de deterioro. A continuación, se discute la condición de las tintas, la condición microbiológica del soporte de papel y la condición física del soporte de papel a partir de la fotografía visible, ultravioleta de fluorescencia y ultravioleta de reflectancia.

1. Esta página tiene un nivel bueno en la **condición de las tintas** (Cuadro 2-5), lo que coincide con lo observado en la fotografía visible, la mayoría de la tinta del documento se encuentra en buenas condiciones, sin embargo hay regiones donde se ha iniciado el proceso de corrosión de la tinta, en la luz visible se observa un halo amarillo alrededor de la línea de escritura. Es posible identificarlas en la fotografía de ultravioleta de fluorescencia pues se observan manchas oscuras de tinta, con la región exterior en tonalidad celeste indicando la fluorescencia. De acuerdo con la escala de ICN⁴⁴ las tintas de esta página se encuentran en un nivel 4 (Figura 2-5) como deterioro máximo, y la condición del documento respecto a tintas se encuentra en el nivel 2 (Figura 2-6).
2. El folio presenta una **condición microbiológica del soporte de papel** buena (Cuadro 2-5). En la fotografía de ultravioleta de reflectancia no se observan manchas de humedad. En la observación in situ bajo luz ultravioleta no se observan colonias de hongos. Las manchas de *foxing* solo se pueden observar bajo luz ultravioleta, por lo que están en su primera etapa de formación.
3. Finalmente, la **condición física del soporte de papel** es muy mala (Cuadro 2-5), el documento presenta algunos huecos, suciedad, 4 dobleces de arriba abajo y 3 dobleces de derecha a izquierda. Esto acompañado por una rotura desde el extremo inferior izquierdo hasta el extremo inferior derecho (fotografía visible).



FIGURA 2-12. FOTOGRAFÍAS MULTIESPECTRALES DEL ACTA DE LOS NUBLADOS FOLIO 2, A LA IZQUIERDA LA IMAGEN VISIBLE, EN EL MEDIO LA IMAGEN DE ULTRAVIOLETA DE FLUORESCENCIA Y A LA DERECHA LA ULTRAVIOLETA DE REFLECTANCIA.

4.4. NIVEL 5: ACTA DE LOS NUBLADOS (FOLIO 1)

La Figura 2-13 muestra la fotografía multiespectral del folio 1 del Acta de los Nublados. Esta página se encuentra en el nivel 5 de la escala de deterioro. A continuación, se discute la condición de las tintas, la condición microbiológica del soporte de papel y la condición física del soporte de papel a partir de la fotografía visible, ultravioleta de fluorescencia y ultravioleta de reflectancia.

1. Esta página tiene un nivel bueno en la **condición de las tintas** (Cuadro 2-5), lo que coincide con lo observado en la fotografía visible, la mayoría de la tinta del documento se encuentra en buenas condiciones, sin embargo hay regiones donde se ha iniciado el proceso de corrosión de la tinta, en la luz visible se observa un halo amarillo alrededor de la línea de escritura. Es posible identificarlas en la fotografía de ultravioleta de fluorescencia pues se observan manchas oscuras de tinta, con la región exterior en tonalidad celeste indicando la fluorescencia. De acuerdo con la escala de ICN⁴⁴ las tintas de esta página se encuentran en un nivel 5 (Figura 2-5) como deterioro máximo, y la condición del documento respecto a tintas se encuentra en el nivel 2 (Figura 2-6).
2. El folio presenta una **condición microbiológica del soporte de papel** intermedia (Cuadro 2-5). En la fotografía de ultravioleta de reflectancia no se observan manchas de humedad. Sin embargo, en la fotografía visible, ultravioleta de fluorescencia y ultravioleta de reflectancia se observa *foxing* en grado 4 (Cuadro 2-2), esto en la totalidad del documento. En la observación in situ bajo luz ultravioleta no se observan colonias de hongos de otra naturaleza.
3. Finalmente, la **condición física del soporte de papel** es muy mala (Cuadro 2-5), el documento presenta algunos huecos, suciedad, 1 dobles de arriba abajo y 1 dobles de derecha a izquierda. Esto acompañado por una rotura circular en el centro del documento, donde se pierde una porción de la información (fotografía visible).



FIGURA 2-13. FOTOGRAFÍAS MULTIESPECTRALES DEL ACTA DE LOS NUBLADOS FOLIO 1, A LA IZQUIERDA LA IMAGEN VISIBLE, EN EL MEDIO LA IMAGEN DE ULTRAVIOLETA DE FLUORESCENCIA Y A LA DERECHA LA ULTRAVIOLETA DE REFLECTANCIA

4.5. NIVEL 6: PÁGINA 35 DERECHO DEL PACTO DE CONCORDIA

La Figura 2-14 muestra la fotografía multiespectral de la página 35 derecho del Pacto de Concordia (folio derecho en la imagen). Esta página se encuentra en el nivel 6 de la escala de deterioro. A continuación, se discute la condición de las tintas, la condición microbiológica del soporte de papel y la condición física del soporte de papel a partir de la fotografía visible, ultravioleta de fluorescencia y ultravioleta de reflectancia.

1. Esta página tiene un nivel bueno en la **condición de las tintas** (Cuadro 2-6), lo que coincide con lo observado en la fotografía visible, no se perciben puntos de corrosión de las tintas, además en la fotografía de ultravioleta de fluorescencia no se observan porciones de tinta fuera de la línea de escritura. Sin embargo, hay una reducción de la legibilidad en el borde superior derecho debido a la humedad. De acuerdo con la escala de ICN⁴⁴ las tintas de esta página se encuentran en un nivel 3 (Figura 2-5) como deterioro máximo, y la condición del documento respecto a tintas se encuentra en el nivel 1 (Figura 2-6). El sello inferior se encuentra en nivel 3 según la escala del ICN⁴⁴ (Figura 2-5).
2. El folio presenta una **condición microbiológica del soporte de papel** mala (Cuadro 2-7). En la fotografía de ultravioleta de reflectancia se observa una mancha fuerte de humedad en la esquina superior derecha, que se extiende por el borde derecho hasta llegar a la esquina inferior derecha. En la fotografía visible, ultravioleta de fluorescencia y ultravioleta de reflectancia se observa *foxing* en grado 3 (Cuadro 2-2), esto en la totalidad del documento. En la observación in situ bajo luz ultravioleta se observan más de 10 colonias de hongos de otra naturaleza.
3. Finalmente, la **condición física del soporte de papel** es mala (Cuadro 2-8), el documento presenta algunos huecos, suciedad, pequeños dobleces y una rotura importante en el borde derecho (fotografía visible).



FIGURA 2-14. FOTOGRAFÍA DE ULTRAVIOLETA DE REFLECTANCIA (ARRIBA), ULTRAVIOLETA DE FLUORESCENCIA (AL MEDIO), VISIBLE (ABAJO) DE LOS FOLIOS 34 REVERSO Y 35 DERECHO DEL PACTO DE CONCORDIA

5. RELACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LOS DOCUMENTOS CON EL MODELO DE DETERIORO PROPUESTO

1. CORRELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DEL PAPEL Y SU DETERIORO

La Figura 2-15 muestra el gráfico de correlación de Spearman para las variables: concentración de hierro, concentración de calcio (Cuadro 1-3), presencia de Zn, K, Cl, Pb, S, Mn, Bi, Cu (Cuadro 1-2), pH (Cuadro 1-4y Cuadro 1-5), coordenadas de color “L, a, b”, y el índice de deterioro a partir del modelo de daño propuesto en este trabajo (Cuadro 2-4). Esto para el papel del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia. Las correlaciones positivas se muestran en color azul, las correlaciones negativas se muestran en color rojo, aquellas correlaciones cuyo rango de correlación de Spearman (ρ) no es significativamente diferente de cero bajo un nivel de confianza del 95 % son eliminadas. Cada correlación muestra su respectivo valor de ρ .

En la Figura 2-15 se observa como los índices de deterioro se correlacionan negativamente con el pH ($\rho = -0.64$). Lo que quiere decir que a valores menores de pH (papel ácido) el deterioro es mayor. Igualmente, existe una correlación negativa con el calcio ($\rho = -0.45$), a mayor concentración de calcio menor deterioro. Adicionalmente, el calcio se correlaciona positivamente con el pH ($\rho = 0.49$). Esto se debe a que al papel se le añade carbonato de calcio como reserva alcalina al momento de su fabricación. Un aumento en el contenido de carbonato de calcio genera una elevación del pH, lo que impide la hidrólisis ácida y la reacción Fenton, y esto inhibe la propagación del deterioro.

Existe una correlación positiva entre el índice de deterioro y el contenido cloro en el papel ($\rho = 0.49$), es decir, la presencia de cloruros propicia el deterioro del papel. Los cloruros se asocian a los procesos de blanqueamiento de los trapos de algodón al fabricar el papel⁵³. Debido a la escases de trapos blancos, en la antigüedad, fue necesario introducir el uso de sustancias cloradas para blanquear los trapos de color⁷². Estas sustancias cloradas son agentes oxidantes y por ende pueden acelerar el deterioro del papel.

El plomo y el bismuto se correlaciona negativamente con el índice de deterioro ($\rho = -0.47$ y $\rho = -0.40$, respectivamente). Esto se puede deber a la correlación negativa del plomo y el bismuto con el azufre ($\rho = -0.40$ y $\rho = -0.31$, respectivamente), donde el azufre se asocia con la presencia de ácido sulfúrico que cataliza la hidrólisis ácida o sulfato de hierro(II) que propicia la reacción Fenton. Adicionalmente, el

plomo y el bismuto pueden inhibir el crecimiento microbiano⁷³, lo que podría retardar el avance de los mecanismos de deterioro microbiológico.

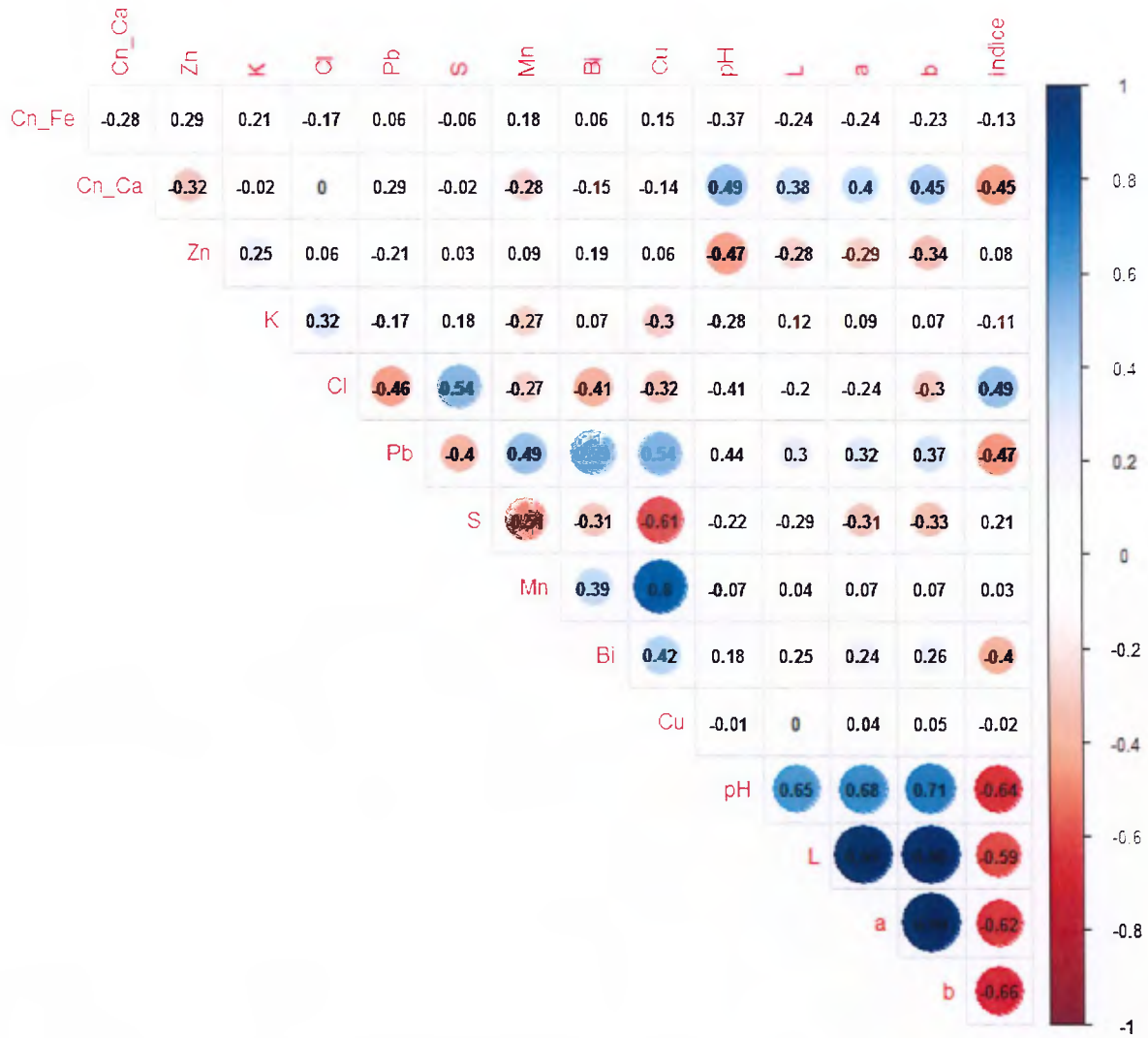


FIGURA 2-15. GRÁFICO DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN DEL PAPEL DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA, EL ACTA DE LOS NUBLADOS (FOLIOS 1 Y 2) Y EL PACTO DE CONCORDIA.

2. CORRELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DE LAS TINTAS Y SU DETERIORO

La Figura 2-16 muestra el gráfico de correlación de Spearman para las variables: concentración de hierro, concentración de calcio (Cuadro 1-8), presencia de Zn, K, Cl, Pb, S, Mn, Bi, Cu (Cuadro 1-7), pH (Cuadro 1-4 y Cuadro 1-5), coordenadas de color “L, a, b”, e índice de deterioro de las tintas ferrogálicas, según la escala del ICN (Figura 2-6). Las correlaciones positivas se muestran en color azul, las correlaciones negativas se muestran en color rojo, aquellas correlaciones cuyo rango de correlación de Spearman (ρ) no es significativamente diferente de cero bajo un nivel de confianza del 95 % son eliminadas. Cada correlación muestra su respectivo valor de ρ .

En la Figura 2-16 se observa como el deterioro de las tintas se correlaciona negativamente con el pH y el contenido de calcio ($\rho = -0.71$ y $\rho = -0.75$, respectivamente), y a su vez, el pH se correlaciona positivamente con el contenido de calcio ($\rho = 0.79$). Por lo que, mayor concentración de calcio implica un mayor pH y menor deterioro de las tintas ferrogálicas.

El deterioro se correlaciona positivamente con el contenido de zinc ($\rho = 0.44$), y a su vez el contenido de zinc se correlaciona negativamente con el contenido de calcio ($\rho = -0.44$). El óxido de zinc es un aditivo del papel empleado como anti fúngico y antimicrobiano⁷⁴. Los resultados del corrplot hacen sospechar que a las páginas que se les añadió óxido de zinc se les añadió un contenido menor de carbonato de calcio, y a largo plazo el carbonato de calcio fue un mejor preservante del deterioro ácido que el óxido de zinc. Esto se puede deber a la reserva alcalina que el carbonato de calcio aporta, mientras que el zinc es un antimicrobiano.

La presencia de azufre en las tintas se debe principalmente a excesos de ácido sulfúrico y sulfato de hierro(II) que se les añadía a las tintas ferrogálicas para que adquirieran tonalidades más oscuras y mejorar la permanencia del color⁵⁶. En la Figura 2-16 se observa como el azufre correlaciona positivamente con el deterioro de las tintas ($\rho = 0.41$), esto se debe a que el ácido sulfúrico cataliza la hidrólisis ácida del papel, y el sulfato de hierro(II) puede catalizar la oxidación de la celulosa por medio de la reacción Fenton⁴⁴.

Finalmente, el plomo correlaciona negativamente con el índice de deterioro de las tintas ferrogálicas y con el contenido de azufre ($\rho = -0.48$ y $\rho = -0.38$, respectivamente). De lo que se concluye que las recetas con mayor contenido de plomo tenían un menor contenido de ácido sulfúrico y sulfato de hierro(II), por lo que se manifiestan en menor medida los mecanismos de deterioro que estas dos sustancias catalizan.

Las coordenadas de color “L, a, b” se correlacionan negativamente con el deterioro de las tintas ferrogálicas ($\rho = -0.41$, $\rho = -0.43$ y $\rho = -0.39$, respectivamente), es decir las tintas ferrogálicas más deterioradas presentan tonalidades más oscuras. Adicionalmente, estas coordenadas de color se correlacionan negativamente con el contenido de hierro ($\rho = -0.35$, $\rho = -0.36$ y $\rho = -0.30$, respectivamente), y se correlaciona positivamente con el contenido de calcio ($\rho = 0.36$, $\rho = 0.37$ y $\rho = 0.37$, respectivamente). Es decir, las tintas con mayor contenido de hierro presentan tonalidades más oscuras y las tintas en hojas con mayor contenido de calcio presentan tonalidades más claras.

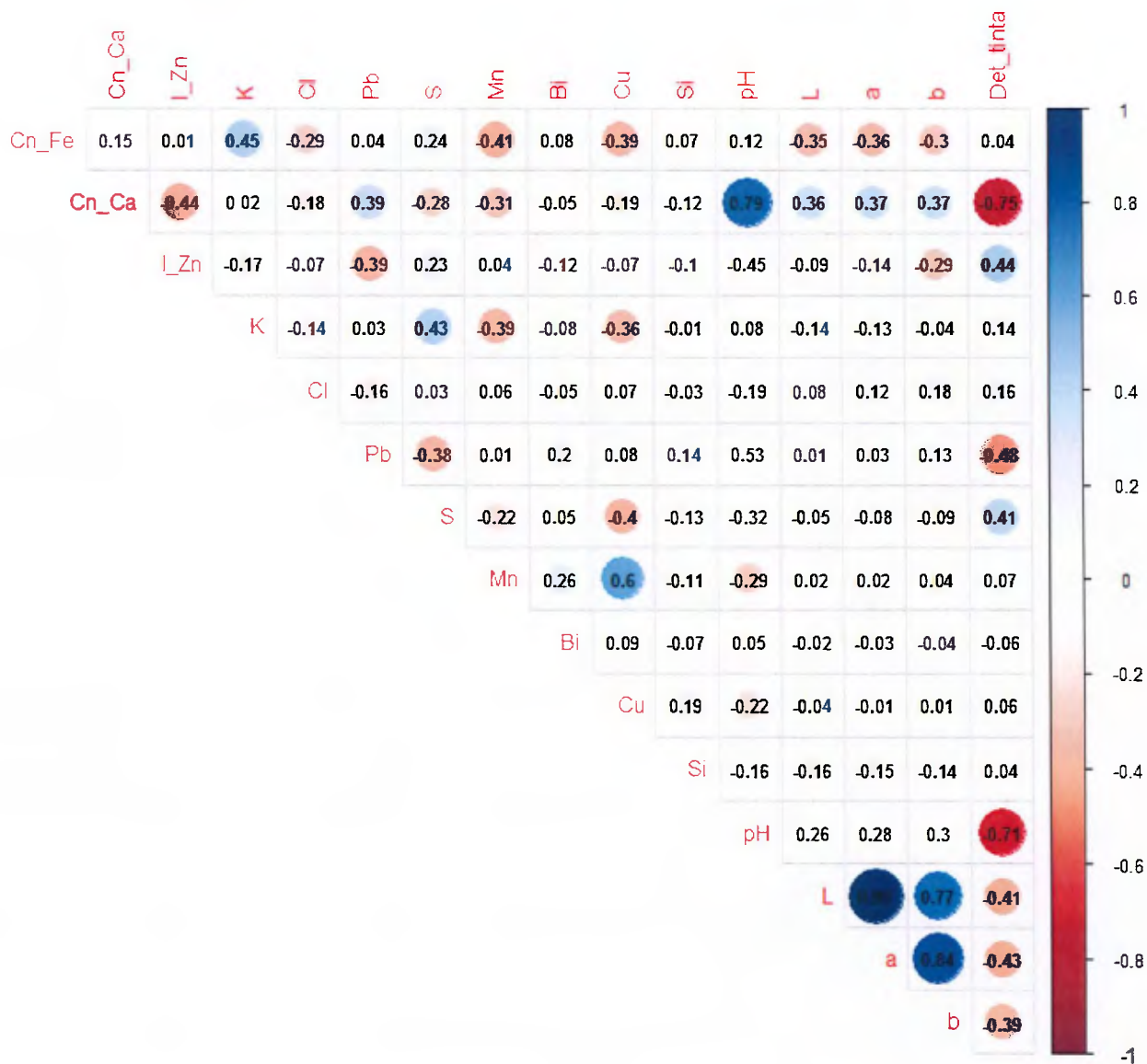


FIGURA 2-16. GRÁFICO DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN DE LAS TINTAS DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA, EL ACTA DE LOS NUBLADOS (FOLIOS 1 Y 2) Y EL PACTO DE CONCORDIA.

3. CORRELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DE LOS SELLOS Y SU DETERIORO

La Figura 2-17 muestra el gráfico de correlación de Spearman para las variables: concentración de hierro, concentración de calcio (Cuadro 1-11), presencia de Zn, K, Cl, Pb, S, Mn, Bi, Cu (Cuadro 1-10), pH (Cuadro 1-4 y Cuadro 1-5), coordenadas de color “L, a, b”, e índice de deterioro del sello inferior, según la escala del ICN (Figura 2-5). Las correlaciones positivas se muestran en color azul, las correlaciones negativas se muestran en color rojo, aquellas correlaciones cuyo rango de correlación de Spearman (ρ) no es significativamente diferente de cero bajo un nivel de confianza del 95 % son eliminadas. Cada correlación muestra su respectivo valor de ρ .

Los sellos inferiores de los documentos son una mezcla de negro humo con tintas ferrogálicas, Para establecer el deterioro de los mismos se empleó la escala del ICN para evaluar el deterioro de las tintas ferrogálicas (Figura 2-5). Para futuras investigaciones se recomienda ahondar en los mecanismos de degradación de tintas mixtas de negro humo con tintas ferrogálicas, para poder emplear escalas más específicas.

En la Figura 2-17 el índice de deterioro de los sellos correlaciona negativamente con el contenido de hierro ($\rho = -0.48$), es decir, los sellos con un mayor contenido de hierro (y posiblemente una mayor porción de tinta ferrogálica) tienen un menor deterioro. Adicionalmente, el índice de deterioro de los sellos correlaciona positivamente con el contenido de calcio y el pH ($\rho = 0.88$ y $\rho = 0.92$, respectivamente), es decir los sellos con menor índice de deterioro se encuentran en papeles con pHs más ácidos. La correlación positiva entre el contenido de calcio y el índice de deterioro de los sellos, también se puede deber a la correlación negativa entre el contenido de calcio y el contenido de hierro ($\rho = -0.51$), es decir los sellos menos deteriorados tienen una menor porción de calcio (atribuible al negro humo) y una mayor proporción de hierro (atribuible a la tinta ferrogálica).

El índice de deterioro de los sellos correlaciona negativamente con el contenido de manganeso y bismuto ($\rho = -0.72$ y $\rho = -0.67$, respectivamente). Esto se puede deber en parte a que el manganeso y el bismuto correlacionan positivamente con el hierro ($\rho = 0.40$ y $\rho = 0.29$, respectivamente). Posiblemente, la fuente de hierro empleada para la formulación de las tintas ferrogálicas, contenía trazas de manganeso y bismuto; y como ya se discutió las tintas mixtas con mayor contenido de tinta ferrogálica muestran un menor deterioro.

El índice de deterioro de los sellos se correlaciona positivamente con el contenido de plomo ($\rho = 0.81$). Los sellos más deteriorados contienen una mayor porción de plomo, de igual manera, el plomo correlaciona positivamente con el contenido de calcio ($\rho = 0.66$) y correlaciona negativamente con el contenido hierro ($\rho = -0.27$), bismuto ($\rho = -0.64$) y manganeso ($\rho = -0.59$), por lo que el plomo se asocia con la porción de negro humo de la tinta y no con la porción de tinta ferrogálica.

Caso contrario, el cloruro se correlaciona negativamente con el índice de deterioro de los sellos ($\rho = -0.43$). Los sellos menos deteriorados tienen un mayor contenido de cloruro. El cloruro correlaciona negativamente con el calcio ($\rho = -0.38$), y positivamente con el manganeso ($\rho = 0.26$) y el bismuto ($\rho = 0.33$), por lo que se asocia el cloruro con la porción de tinta ferrogálica en la tinta mixta de los sellos.

Finalmente, las coordenadas de color “L, a, b” correlacionan negativamente con el contenido de hierro ($\rho = -0.30$, $\rho = -0.29$ y $\rho = -0.10$, respectivamente), manganeso ($\rho = -0.42$, $\rho = -0.38$ y $\rho = -0.37$, respectivamente), bismuto ($\rho = -0.57$, $\rho = -0.44$ y $\rho = -0.37$, respectivamente) y cobre ($\rho = -0.14$, $\rho = -0.28$ y $\rho = -0.34$, respectivamente). La presencia de estos cuatro metales genera colores más oscuros en los sellos. Mientras que la presencia de calcio ($\rho = 0.59$, $\rho = 0.53$ y $\rho = 0.30$, respectivamente) y plomo ($\rho = 0.64$, $\rho = 0.55$ y $\rho = 0.38$, respectivamente) correlaciona positivamente con las coordenadas de color, por lo que estos sellos presentan colores más claros.

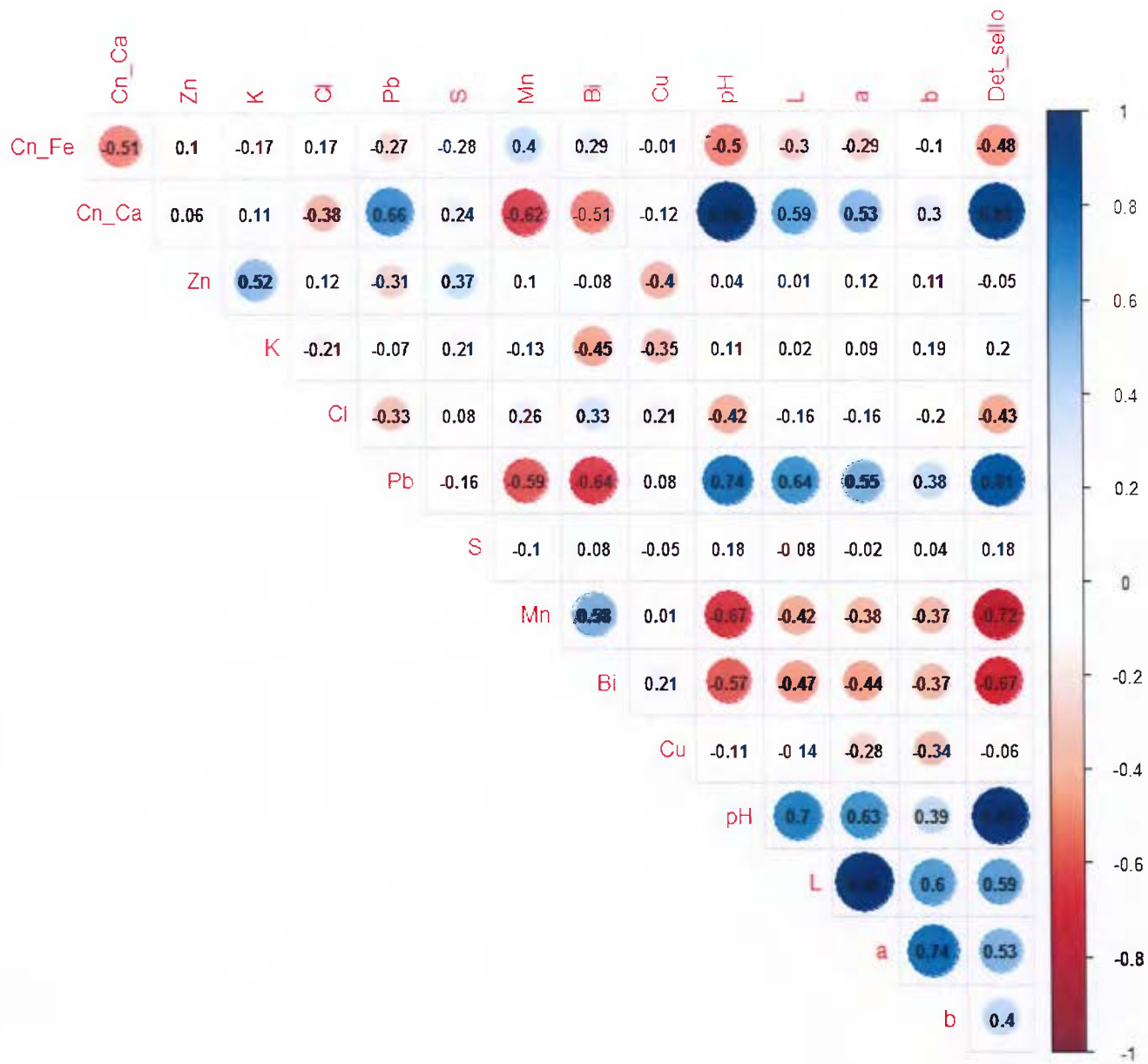


FIGURA 2-17. GRÁFICO DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN DE LOS SELLOS INFERIORES DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA Y EL PACTO DE CONCORDIA

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 1

En este primer capítulo se concluye que,

- El papel empleado en el Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia es de fabricación manual a partir de trapos, esto se deduce de la presencia de una filigrana.
- De acuerdo con el diseño de la filigrana, el papel del Acta de la Independencia es procedente de Cataluña España. El papel de los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados procede de Coruña España. Finalmente, el papel del Pacto de Concordia procede de Cataluña, Coruña, Madrid y Barcelona, España.
- El papel del Acta de la Independencia, los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados y los 35 folios del Pacto de Concordia están formado por algodón, esto de acuerdo con los estudios de ATR-FTIR.
- De acuerdo con los análisis de ATR-FTIR el folio 1 del Acta de los Nublados presenta un recubrimiento de acetato de celulosa. Actualmente, La práctica de laminaciones de acetato de celulosa se encuentra descontinuada pues a largo plazo impregna los documentos con ácido acético⁵⁸.
- De acuerdo con los análisis de XRF en los documentos objeto de estudio están presentes los siguientes elementos: Fe, Ca, Zn, K, S, Cl, Pb, Mn, Bi, Cu y Si. El hierro y el azufre provienen del sulfato de hierro(II) empleado en la fabricación de las tintas ferrogálicas⁴⁴. La presencia de cobre se puede deber a la adición de sulfato de cobre(II) a las tintas ferrogálicas al momento de su preparación¹⁷. El calcio proviene principalmente del carbonato de calcio añadido al papel al momento de su fabricación como reserva alcalina⁷. El zinc proviene del blanco de zinc (óxido de zinc) añadido al papel como antimicrobiano⁷⁴. El potasio y el cloro pueden asociarse con la presencia de silvina (KCl)⁵⁹, que es un mineral empleado como aditivo del papel⁷. La presencia de plomo puede asociarse con el uso de blanco plomo, este es un carbonato de plomo empleado como aditivo del papel⁷⁵. Adicionalmente el plomo era empleado para la fabricación de tinteros y planchas para plasmar sellos en los documentos. La presencia de manganeso puede asociarse con el uso ampelita en la formulación de las tintas ferrotánicas. El bismuto era añadido a las tintas para lograr un aspecto plateado, se empleaba para generar tintas metálicas que imitaran la plata y el oro⁵⁹.

- De acuerdo con los análisis de XRF el papel del Acta de la Independencia contiene Zn, K y Cl en cantidades cuantificables. El papel de los folios 1 y 2 del Acta de los Nublados cuentan con la misma composición elemental. Ambos contienen Zn en cantidades cuantificables, Pb, Cu y Mn en cantidades no cuantificables. En el Pacto de Concordia el 83 % de los papeles muestreados contienen potasio, el 75 % plomo, el 67 % Zn, el 58 % cobre y manganeso, el 33 % cloro, el 33 % bismuto y el 16 % azufre. Esto en cantidades cuantificables o no cuantificables.
- El papel de los documentos objeto de estudio tiene una concentración promedio de calcio de 1.4 % en masa con una desviación estándar de 1.5 % en masa. Mientras que el hierro tiene una concentración promedio de 0.15 % en masa con una desviación estándar de 0.05 % en masa, para un total de 26 mediciones.
- El papel del Acta de la Independencia y el Acta de los Nublados se encuentra en una condición ácida y por ende susceptible a experimentar hidrólisis ácida. En el Pacto de Concordia el 68 % de las páginas se encuentran en condición ácida, el 29 % de las páginas se encuentran en una condición neutra y el 3 % de las páginas presentan un pH levemente básico.
- Las tintas de los textos del Acta de la Independencia, el Acta de los Nublados y el Pacto de Concordia, son tintas ferrogálicas. Esto se deduce a partir de los estudios de fotografía multiespectral, fluorescencia de rayos X, observación bajo luz UV y la contextualización histórica
- La tonalidad café-amarilla de las tintas presentes en los documentos se puede asociar con excedentes de ácidos gálicos y tánicos, y/o contenidos mayoritarios de 1,6-Digaloil glucosa.
- A partir de los estudios de cuantificación con XRF se concluye que el calcio es un aditivo del papel y no está contenido en las tintas. Mientras que, el hierro está contenido en las tintas lo que confirma la identidad de las mismas como tintas ferrogálicas.
- Tomando en consideración la fotografía multiespectral, la observación in situ bajo luz ultravioleta, los estudios de fluorescencia de rayos X y el contexto histórico se concluye que el sello superior presente en los documentos está formado por negro humo, mientras que el sello inferior es una combinación de negro humo con tintas ferrogálicas.
- La agrupación jerárquica de las tintas por el método Ward.D2 con cálculo de distancias bajo el método Manhattan agrupa las tintas en 2 clusters. El primer grupo está formado por las páginas: 2, 5, 7, 8, 9, 10 y 34. El segundo grupo está formado por las páginas: 3, 11, 12, 13, 15, 20, 26, 27, 28, 32 y 35. El primer grupo de tintas se caracterizan por colores más claros, y se encuentran en páginas de pHs más básicos. Adicionalmente, cuentan con índices de deterioro menores, junto con

menores contenidos de cobre, manganeso y cloro. El segundo grupo tiene el comportamiento contrario.

CAPÍTULO 2

En el segundo capítulo,

- Se propone una escala de deterioro para evaluar la condición de los documentos. Esta escala tiene un rango de 0 a 10, donde 10 es el deterioro máximo. De acuerdo con esta escala el Acta de la Independencia se encuentre en un nivel 5 de deterioro. El Acta de los Nublados folio 1 se encuentra en nivel 5 de deterioro, mientras que el folio 2 de encuentra en nivel 4.
- En el caso del Pacto de Concordia, el 16 % de las páginas se encuentran en el nivel 2 de deterioro. La mayoría de las páginas, un 46 % de ellas, se encuentran en el nivel 3 de deterioro. El 36 % de las páginas se encuentran el nivel 4 y solo el 2 % se encuentra en el nivel 6.
- Se plantearon 3 índices adicionales, un índice de condición de las tintas, condición física del soporte de papel y condición microbiológica del soporte de papel. Estos índices tienen una escala del 1 al 5. Donde, 1 (muy bien), 2 (bien), 3 (intermedio), 4 (mal) y 5 (muy mal). Se concluye que, la condición de deterioro de las tintas y la condición microbiológica del soporte de papel del Acta de la Independencia es intermedia. En cambio, la condición física del soporte de papel del Acta de la Independencia es buena. En el caso del Acta de los Nublados (folios 1 y 2), la condición de las tintas es buena, y la condición física del soporte de papel es muy mala. En cuanto a la condición microbiológica del soporte de papel, el folio 1 tiene una condición intermedia, y el folio 2 tiene una condición buena.
- La condición de las tintas del Pacto es muy buena o buena, la condición microbiológica del soporte de papel es mayoritariamente intermedia, y la condición física del soporte de papel es mayoritariamente buena. Las páginas 18, 19, 21, 23, 34, 35 son las de peor condición microbiológica del soporte de papel, su condición es clasificada como mala. Por otro lado, la página 35 es la de peor condición física del soporte de papel, su condición es igualmente clasificada como mala.
- A partir de los gráficos de correlación de Spearman se concluye que los papeles menos deteriorados se asocian con mayores contenidos de calcio, plomo y bismuto, y menores contenidos de cloro. Adicionalmente, pH más básicos propician un menor deterioro del papel.

- Las tintas menos deterioradas se asocian con mayores contenidos de calcio, plomo, y pHs más básicos. Las tintas más deterioradas se asocian con mayores contenidos de azufre y zinc.
- De acuerdo con los Corrpplots el contenido de hierro no tiene una influencia estadísticamente significativa sobre el deterioro de las tintas ni el papel, esto bajo un nivel de confianza del 95 %. La mayoría de las áreas entintadas muestreadas presentan tonalidades café-amarillo, lo que se asocia con tintas con excedentes de ácidos gálicos y tánicos. Este grupo de tintas no experimentan la reacción Fenton. De acuerdo con la literatura, las tintas más corrosivas son aquellas con excedentes de ácido sulfúrico y sulfato de hierro(II). Para reevaluar la influencia del hierro sería importante ampliar la muestra.
- La principal influencia del hierro es sobre el color de las tintas, las tintas con mayor contenido de hierro son más oscuras.
- Finalmente, los sellos menos deteriorados contienen una mayor proporción de hierro, cloro, manganeso y bismuto. Mientras que los más deteriorados contienen un contenido mayor de calcio y plomo.
- A diferencia del papel y la tinta de los textos, la tinta de los sellos se encuentra más deteriorada a pHs más básicos.

RECOMENDACIONES

- Llevar un registro detallado de las intervenciones realizadas a los documentos, tanto de las intervenciones húmedas como secas. Adjuntar la ficha técnica de las sustancias aplicadas o de los injertos insertados, junto con el procedimiento seguido.
- Llevar un registro del deterioro de los documentos en el tiempo, para poder monitorear su avance de manera más precisa.
- Estudiar con mayor profundidad los mecanismos de deterioro de los sellos, para poder establecer escalas de deterioro más rigurosas
- Para futuras investigaciones se sugiere que se amplíe la muestra de documentos en la que se aplique la escala de deterioro propuesta. Además, se sugiere que la escala sea aplicada por parte de otros usuarios. Esto, a fin de emprender la validación de la misma o efectuar mejoras que faciliten su uso y alcance.
- Adicionalmente, se recomienda que la escala de deterioro sea aplicada y evaluada por restauradores. Con el fin de contar con su criterio para asociar los niveles de la escala de deterioro con criterios de restauración. Para de esta manera generar un instrumento más completo y de mayor alcance.
- En términos de conservación se recomienda monitorear y controlar el pH de los documentos, pues el pH es el principal factor que influye en el deterioro. Dado que el ácido cataliza la hidrólisis ácida y la reacción Fenton. Se recomienda mantener el pH de los documentos entre 6.5 y 7.5.
- Se recomienda aplicar reservas alcalinas en base no acuosa, para evitar los riesgos asociados con humedecer los documentos, como reducción de la cantidad de tinta fijada sobre el soporte de papel o el desarrollo de colonias de hongos.
- Finalmente, se recomienda reevaluar la influencia del hierro en el deterioro de las áreas entintadas con tintas ferrogálicas. Para efectuar este estudio se recomienda ampliar la muestra de documentos analizados. Incorporar documentos con mayores y menores índices de deterioro de las tintas. Además, ampliar la diversidad de recetas de tintas ferrogálicas analizadas, para contar tanto con tintas con excesos de sulfato de hierro(II) y ácido sulfúrico, como con tintas con excesos de ácidos gálicos y tánicos.

REFERENCIAS

- (1) Ruvalcaba Sil, J. L.; Grediaga, M.; González Tirado, C.; Hernández Vázquez, E.; Aguilar Melo, V.; Ramírez Miranda, D.; Espinosa Pesqueira, M. Non-Destructive Study of the Independence Act of the Mexican Empire of 1821. *MRS Proc.* **2011**, *1319* (9), mrsf10-1319-ww02-02. <https://doi.org/10.1557/opl.2011.922>.
- (2) Chiriu, D.; Ricci, P. C.; Cappellini, G. Raman Characterization of XIV–XVI Centuries Sardinian Documents: Inks, Papers and Parchments. *Vib. Spectrosc.* **2017**, *92*, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2017.05.007>.
- (3) González Álvarez, E. Diagnóstico Del Estado de Conservación de Los Libros Patrimoniales, Antiguos, Raros y Valiosos Del Siglo Xix de La Biblioteca Pública Provincial “Rubén Martínez Villena” de La Habana. *Bibl. An. Investig.* **2013**, *8–9* (8–9), 132–143.
- (4) Hajji, L.; Boukir, A.; Assouik, J.; Kerbal, A.; Kajjout, M.; Doumenq, P.; De Carvalho, M. L. A Multi-Analytical Approach for the Evaluation of the Efficiency of the Conservation-Restoration Treatment of Moroccan Historical Manuscripts Dating to the 16th, 17th, and 18th Centuries. *Appl. Spectrosc.* **2015**, *69* (8), 920–938. <https://doi.org/10.1366/14-07688>.
- (5) Chiriu, D.; Ricci, P. C.; Cappellini, G.; Carbonaro, C. M. Ancient and Modern Paper: Study on Ageing and Degradation Process by Means of Portable NIR μ -Raman Spectroscopy. *Microchem. J.* **2018**, *138*, 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.12.024>.
- (6) Hajji, L.; Boukir, A.; Assouik, J.; Lakhiari, H.; Kerbal, A.; Doumenq, P.; Mille, G.; De Carvalho, M. L. Conservation of Moroccan Manuscript Papers Aged 150, 200 and 800 Years. Analysis by Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive Spectrometry (SEM-EDS). *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.* **2015**, *136* (PB), 1038–1046. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.09.127>.
- (7) Hajji, L.; Boukir, A.; Assouik, J.; Kerbal, A.; Kajjout, M.; Doumenq, P.; De Carvalho, M. L. A Multi-Analytical Approach for the Evaluation of the Efficiency of the Conservation-Restoration Treatment of Moroccan Historical Manuscripts Dating to the 16th, 17th, and 18th Centuries. *Appl. Spectrosc.* **2015**, *69* (8), 920–938. <https://doi.org/10.1366/14-07688>.

- (8) Trafela, T.; Strlič, M.; Kolar, J.; Lichtblau, D. A.; Anders, M.; Mencigar, D. P.; Pihlar, B. Nondestructive Analysis and Dating of Historical Paper Based on IR Spectroscopy and Chemometric Data Evaluation. *Anal. Chem.* **2007**, *79* (16), 6319–6323. <https://doi.org/10.1021/ac070392t>.
- (9) Oficina Nacional del Patrimonio Cultural Ministerio de Educación Cultura y Ciencia, A. The Iron Gall Ink Website https://irongallink.org/igi_indexc752.html (accessed Jul 23, 2020).
- (10) Ponce, A.; Brostoff, L. B.; Gibbons, S. K.; Zavalij, P.; Viragh, C.; Hooper, J.; Alnemrat, S.; Gaskell, K. J.; Eichhorn, B. Elucidation of the Fe(III) Gallate Structure in Historical Iron Gall Ink. *Anal. Chem.* **2016**, *88* (10), 5152–5158. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.6b00088>.
- (11) Hidalgo, D.; Sci, H.; Javier, R.; Hidalgo, D.; Córdoba, R.; Nabais, P.; Silva, V.; Melo, M. J.; Pina, F.; Teixeira, N.; Freitas, V. New Insights into Iron - Gall Inks through the Use of Historically Accurate Reconstructions. **2018**, 1–15.
- (12) Lee, A. S.; Mahon, P. J.; Creagh, D. C. Raman Analysis of Iron Gall Inks on Parchment. *Vib. Spectrosc.* **2006**, *41* (2), 170–175. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2005.11.006>.
- (13) Lee, A. S.; Otieno-alego, V.; Creagh, D. C. Identification of Iron-Gall Inks with near-Infrared Raman Microspectroscopy. **2008**, No. May, 1079–1084. <https://doi.org/10.1002/jrs>.
- (14) Thomas, R.; Alcantára-García, J.; Wouters, J. A Snapshot of Viennese Textile History Using Multi-Instrumental Analysis: Benedict Codecasa's Swatchbook. *MRS Adv.* **2017**, *2* (63), 3959–3971. <https://doi.org/10.1557/adv.2017.604>.
- (15) García, J. A.; Ruvalcaba Sil, J. L.; Meeren, M. Vander. XRF Study of Mexican Iron Gall Inks: Historical and Geographical Overview of Their Chemistry. *MRS Proc.* **2014**, *1618*, 31–41. <https://doi.org/10.1557/opl.2014.453>.
- (16) Cosentino, A. Pigments Checker <https://chsopensource.org/pigments-checker/> (accessed Mar 26, 2020).
- (17) Havermans, J. Non Destructive Detection of Iron Gall Inks by Means of Multispectral Imaging Part I: Development of the Detection System. **2014**, No. August. <https://doi.org/10.1515/REST.2003.55>.

- (18) Havermans, J.; Aziz, H. A.; Scholten, H. Non Destructive Detection of Iron Gall Inks by Means of Multispectral Imaging. Part 1: Development of the Detection System. *Restaurator* **2003**, *24* (1), 55–60. <https://doi.org/10.1515/REST.2003.55>.
- (19) Cosentino, A. Identification of Pigments by Multispectral Imaging; a Flowchart Method. *Herit. Sci.* **2014**, *2* (1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/2050-7445-2-8>.
- (20) Laureti, S.; Colantonio, C.; Burrascano, P.; Melis, M.; Calabrò, G.; Malekmohammadi, H.; Sfarra, S.; Ricci, M.; Pelosi, C. Development of Integrated Innovative Techniques for Paintings Examination: The Case Studies of The Resurrection of Christ Attributed to Andrea Mantegna and the Crucifixion of Viterbo Attributed to Michelangelo's Workshop. *J. Cult. Herit.* **2019**, *40*, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.05.005>.
- (21) Alexopoulou, A.; Kaminari, A. A.; Moutsatsou, A. Multispectral and Hyperspectral Studies on Greek Monuments, Archaeological Objects and Paintings on Different Substrates. Achievements and Limitations. In *Transdisciplinary Multispectral Modeling and Cooperation for the Preservation of Cultural Heritage*; Springer International Publishing, 2019; Vol. 962, pp 443–461. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12960-6_31.
- (22) Aguilar-Téllez, D. M.; Ruvalcaba-Sil, J. L.; Claes, P.; González-González, D. False Color and Infrared Imaging for the Identification of Pigments in Paintings. *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **2014**, *1618*, 3–15. <https://doi.org/10.1557/opl.2014.451>.
- (23) *Microscopic X-Ray Fluorescence Analysis*; Janssens, K., Adams, F., Rinbdy, A., Eds.; Wiley: Sussex, 2000.
- (24) Nakamoto, K. *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds Part A*, 6a. ed.; Wiley: Hoboken, 2009.
- (25) Dirección General del Archivo Nacional, A. Documentos relativos al proceso de Independencia https://www.archivonacional.go.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=294&Itemid=154 (accessed Mar 25, 2020).
- (26) *Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage*; Price, N., Taller, M. K., Vaccaro, A. M., Eds.; Getty Conservation Institute: Washington D.C., 1996.
- (27) Learner, T. (*Sackler NAS Colloquium*) *Scientific Examination of Art*; National Academies Press:

- Washington, D.C., 2005. <https://doi.org/10.17226/11413>.
- (28) X-Rite. ColorChecker Camera Calibration. Michigan 2019.
- (29) Faulkner, A.; Chavez, C. Adobe Photoshop CC. 2017.
- (30) CrossRoads Scientific. XRS-FP2. Middletown 2018.
- (31) Gonzalez, C. A.; Robert L Watters, J. Certificate of Analysis Standard Reference Material® 70b Potassium Feldspar This. National Institute of Standards & Technology: Gaithersburg 2013, pp 4–7.
- (32) Gills, T. Certificate of Analysis Standard Reference Material 88b Dolomitic Limestone. National Institute of Standards & Technology: Gaithersburg 1994.
- (33) Uriano, G. Standard Reference Material 688 Basalt Rock. Office of Standard Reference Materials: Washington D.C 1981.
- (34) Stephen A. Wise; Watters, R. L. Certificate of Analysis Standard Reference Material® 99b Soda Feldspar. National Institute of Standards & Technology Certificate: Gaithersburg 2011, pp 99–101.
- (35) R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria 2020.
- (36) Wickham, H. *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*; Springer-Verlag New York, 2016.
- (37) Wickham, H.; Hester, J. Readr: Read Rectangular Text Data. 2020.
- (38) Maplesoft. ScientificErrorAnalysis. Maple Inc: Waterloo 2013.
- (39) Vahur, S.; Teearu, A.; Peets, P.; Joosu, L.; Leito, I. ATR-FT-IR Spectral Collection of Conservation Materials in the Extended Region of 4000-80 Cm^{-1} . *Anal. Bioanal. Chem.* **2016**, *408* (13), 3373–3379. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9411-5>.
- (40) TAPPI. T 529 Om-14: Surface PH Measurement of Paper. *ANSI* **2014**, 9–12.
- (41) Müller, H. W. and R. F. and L. H. and K. Dplyr: A Grammar of Data Manipulation. 2021.
- (42) Kassambara, A. Ggpubr: “ggplot2” Based Publication Ready Plots. 2020.
- (43) Stangroom, J. T-Test Calculator for 2 Independent Means. Social Science Statics 2021.

- (44) Reißland, B.; Hofenk de Graaff, J. Condition Rating for Paper Objects with Iron-Gall Ink. *JCN-Information* **2001**, *1*, 1–4.
- (45) Garnier; Simon; Ross; Noam; Rudis; Robert; Camargo; Pedro; Sciaini; Marco; Cédric; Scherer. {viridis} - Colorblind-Friendly Color Maps for R. 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4679424>.
- (46) Kolde, R. Pheatmap: Pretty Heatmaps. 2019.
- (47) Fürnkranz, J.; Chan, P. K.; Craw, S.; Sammut, C.; Uther, W.; Ratnaparkhi, A.; Jin, X.; Han, J.; Yang, Y.; Morik, K.; Dorigo, M.; Birattari, M.; Stützle, T.; Brazdil, P.; Vilalta, R.; Giraud-Carrier, C.; Soares, C.; Rissanen, J.; Baxter, R. A.; Bruha, I.; Baxter, R. A.; Webb, G. I.; Torgo, L.; Banerjee, A.; Shan, H.; Ray, S.; Tadepalli, P.; Shoham, Y.; Powers, R.; Shoham, Y.; Powers, R.; Webb, G. I.; Ray, S.; Scott, S.; Blockeel, H.; De Raedt, L. Manhattan Distance. In *Encyclopedia of Machine Learning*; Springer US: Boston, MA, 2011; pp 639–639. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30164-8_506.
- (48) University of Cincinnati. Hierarchical Cluster Analysis https://uc-r.github.io/hc_clustering (accessed Jul 26, 2021).
- (49) Wei, T.; Simko, V. R Package “Corrplot”: Visualization of a Correlation Matrix. 2021.
- (50) The University of Texas at Austin. Spearman’s Rank Correlation <http://sites.utexas.edu/sos/guided/inferential/numeric/bivariate/rankcor/> (accessed Jul 5, 2021).
- (51) StackExchange. Pearson vs Spearman vs Kendall <https://datascience.stackexchange.com/questions/64260/pearson-vs-spearman-vs-kendall> (accessed Jul 5, 2021).
- (52) Dirección General del Archivo Nacional, A. ENTRADA DESCRIPTIVA CON LA APLICACIÓN DE LA NORMA INTERNACIONAL ISAD (G) FONDO: PROVINCIAL INDEPENDIENTE.
- (53) Vergara Peris, J. Conservación y Restauración de Material Cultural En Archivos y Bibliotecas. 2002, p 197.
- (54) Brinquis, M. del C. H. Filigranas Hispánicas https://www.cultura.gob.es/filigranas/buscador_init (accessed Jul 2, 2021).
- (55) Luchetti, M. Corpus de Filigranas de la Documentación de los Archivos y Bibliotecas de

http://www.cahip.org/aproximacion_estudio_papel.pdf (accessed Jul 11, 2021).

- (56) Villegas, R. *Papel y Tintas En El Patrimonio Documental. Evolución a Largo Plazo, Deterioro y Propuestas de Conservación y Estabilización*, Universidad de Sevilla, 2020.
- (57) DOCHIA, M.; SIRGHIE, C.; KOZŁOWSKI, R. M.; ROSKWITALSKI, Z. *Cotton Fibres*; Woodhead Publishing Limited, 2012. <https://doi.org/10.1533/9780857095503.1.9>.
- (58) McGath, M. Cellulose Acetate Lamination: History. *Waac Newsl.* **2017**, 39 (1), 16–20.
- (59) Gobierno de España: Ministerio de Cultura y Deporte. Tesoros del Patrimonio Cultural de España <http://tesoros.mecd.es/tesoros/materias/1029274#c-190057649> (accessed Jul 10, 2021).
- (60) Wilson, H. Analysis of the Current Research into the Chemistry of Iron Gall Ink and Its Implications for Paper Conservation, St Anne's College, 2007. <https://doi.org/10.13140/2.1.4803.2000>.
- (61) Pérez, D. L. G. El papel sellado en Nueva España <https://apami.home.blog/2019/09/18/el-papel-sellado-en-nueva-espana/> (accessed Jul 10, 2021).
- (62) Martínez, M. L. *La Implantación Del Impuesto Del Papel Sellado En Indias*; Academia Nacional de la Historia: Caracas, 1986.
- (63) Baltar Rodríguez, J. F. NOTAS SOBRE LA INTRODUCCION Y DESARROLLO DE LA RENTA DELPAPEL SELLADO EN LA MONARQUIAESPANOLA (SIGLOS XVII Y XVIII). *Anu. Hist. del derecho español* **1996**, 66, 519–560.
- (64) Pericia Documental. El papel sellado <https://www.periciadocumental.es/index.php/2017/10/15/el-papel-sellado/> (accessed Jul 10, 2021).
- (65) Lelekakis, N.; Wijaya, J.; Martin, D.; Susa, D. The Effect of Acid Accumulation in Power-Transformer Oil on the Aging Rate of Paper Insulation. *IEEE Electr. Insul. Mag.* **2014**, 30 (3), 19–26. <https://doi.org/10.1109/MEI.2014.6804738>.
- (66) Grau-Bové, J.; Budič, B.; Cigić, I. K.; Thickett, D.; Signorello, S.; Strlič, M. The Effect of Particulate Matter on Paper Degradation. *Herit. Sci.* **2016**, 4 (1), 4–11. <https://doi.org/10.1186/s40494-016-0071-8>.
- (67) Poggi, G.; Giorgi, R.; Toccafondi, N.; Katur, V.; Baglioni, P. Hydroxide Nanoparticles for Deacidification and Concomitant Inhibition of Iron-Gall Ink Corrosion of Paper. *Langmuir* **2010**,

26 (24), 19084–19090. <https://doi.org/10.1021/la1030944>.

- (68) Hellström, Pia; Heijnesson-Hultén, Anette; Paulsson, Magnus; Håkansson, Helena; Germgård, U. The Effect of Fenton Chemistry on the Properties of Microfibrillated Cellulose. *Springer Sci.* **2014**, *21* (3), 1489–1503. <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0243-1>.
- (69) Baglioni, P.; Chelazzi, D.; Giorgi, R. Deacidification of Paper, Canvas and Wood. In *Nanotechnologies in the Conservation of Cultural Heritage*; Springer Netherlands: Dordrecht, 2015; pp 117–144. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9303-2_5.
- (70) Bicchieri, M.; Ronconi, S.; Romano, F. P.; Pappalardo, L.; Corsi, M.; Cristoforetti, G.; Legnaioli, S.; Palleschi, V.; Salvetti, A.; Tognoni, E. Study of Foxing Stains on Paper by Chemical Methods, Infrared Spectroscopy, Micro-X-Ray Fluorescence Spectrometry and Laser Induced Breakdown Spectroscopy. *Spectrochim. Acta - Part B At. Spectrosc.* **2002**, *57* (7), 1235–1249. [https://doi.org/10.1016/S0584-8547\(02\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0584-8547(02)00056-3).
- (71) Rebrikova, N. L.; Manturovskaya, N. V. Foxing – A New Approach to an Old Problem. *Restaurator* **2000**, *21* (2), 85–100. <https://doi.org/10.1515/REST.2000.85>.
- (72) Delgado, M. C. Conservación Preventiva de Documentos. *Bibl. An. Investig.* **2008**, *XXVI* (2).
- (73) Joseph, E. *Microorganisms in the Deterioration and Preservation of Cultural Heritage*; Joseph, E., Ed.; Springer International Publishing: Cham, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69411-1>.
- (74) Franco Castillo, I.; García Guillén, E.; M. de la Fuente, J.; Silva, F.; Mitchell, S. G. Preventing Fungal Growth on Heritage Paper with Antifungal and Cellulase Inhibiting Magnesium Oxide Nanoparticles. *J. Mater. Chem. B* **2019**, *7* (41), 6412–6419. <https://doi.org/10.1039/C9TB00992B>.
- (75) Reyden, D. van der. HISTORY, TECHNOLOGY, AND TREATMENT OF SPECIALTY PAPERS FOUND IN ARCHIVES, LIBRARIES AND MUSEUMS: TRACING AND PIGMENT-COATED PAPERS. *J. Am. Inst. Conserv.* **1993**, *10*, 22–27.

A. ANEXOS

A.1. CÓDIGO CURVAS DE CALIBRACIÓN HIERRO Y CALCIO

```
library(ggplot2)
library(readr)

setwd("c:/users/usuario/Dropbox/Tesis/DATOS XRF/Tratamiento")

##### Fe
Curva_Fe_xlsx <- read_delim("Curva_Fe.xlsx.csv",
                           + ";", escape_double = FALSE, trim_ws = TRUE)

cols(
  concentración = col_double(),
  Intensidad = col_double()
)
view(Curva_Fe_xlsx)

Polinomio_Fe<-lm(concentración ~ poly(Intensidad, 2, raw = TRUE), data = Curva_Fe_xlsx)
summary(Polinomio_Fe)

ggplot(Curva_Fe_xlsx, aes(x=Intensidad, y=concentración) ) +
  geom_point() +
  stat_smooth(color='#AA4371', method = lm, formula = y ~ poly(x, 2, raw = TRUE)) +
  theme_minimal()+
  xlab("Intensidad ( $\pm 2 \times 10^4$  UI)") + ylab("concentración ( $\pm 0.04$  % masa)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::number_format(accuracy = 0.04)) +
  scale_x_continuous(labels = scales::number_format(accuracy = 3e4))

##### Ca
Curva_Ca <- read_delim("Curva_Ca.csv",
                       + ";", escape_double = FALSE, trim_ws = TRUE)

cols(
  concentración = col_double(),
  Intensidad = col_double()
)
view(Curva_Ca)

Polinomio_Ca<-lm(concentración ~ poly(Intensidad, 2, raw = TRUE), data = Curva_Ca)
summary(Polinomio_Ca)

ggplot(Curva_Ca, aes(x=Intensidad, y=concentración) ) +
  geom_point() +
  stat_smooth(color='#AA4371', method = lm, formula = y ~ poly(x, 2, raw = TRUE)) +
  theme_minimal()+
  xlab("Intensidad ( $\pm 4 \times 10^3$  UI)") + ylab("Concentración ( $\pm 0.05$  % masa)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::number_format(accuracy = 0.04)) +
  scale_x_continuous(labels = scales::number_format(accuracy = 3e4))
```


A.2. CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE LA EXTRAPOLACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE HIERRO Y CALCIO EN LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN PREPARADAS

```

> with(ScientificErrorAnalysis):
> # DatosCurvas
> intersepto_Fe := Quantity(2.324·10-2, 1.421·10-1); PrimerTermino_Fe := Quantity(5.842·10-6, 2.136·10-6);
  SegundoTermino_Fe := Quantity(2.920·10-11, 3.479·10-12)
  intersepto_Fe := Quantity(0.02324000000, 0.1421000000)
  PrimerTermino_Fe := Quantity(0.000005842000000, 0.000002136000000)
  SegundoTermino_Fe := Quantity(2.920000000 10-11, 3.479000000 10-12) (1)
> intersepto_Ca := Quantity(-1.293·10-1, 4.471·10-2); PrimerTermino_Ca := Quantity(4.684·10-5, 4.874·10-7);
  SegundoTermino_Ca := Quantity(-2.462·10-11, 5.971·10-13)
  intersepto_Ca := Quantity(-0.1293000000, 0.04471000000)
  PrimerTermino_Ca := Quantity(0.00004684000000, 4.874000000 10-7)
  SegundoTermino_Ca := Quantity(-2.462000000 10-11, 5.971000000 10-13) (2)
> #Áreas bajo la curva
> Area_Fe := Quantity(201363, 6443); Area_Ca := Quantity(87013, 2262)
  Area_Fe := Quantity(201363, 6443)
  Area_Ca := Quantity(87013, 2262) (3)
> #Concentraciones
> Cn_Fe := combine(PrimerTermino_Fe·(Area_Fe) + SegundoTermino_Fe·(Area_Fe)2 + intersepto_Fe, errors);
  Cn_Ca := combine(PrimerTermino_Ca·(Area_Ca) + SegundoTermino_Ca·(Area_Ca)2 + intersepto_Ca, errors)
  Cn_Fe := Quantity(2.383576733, 0.4877993444)
  Cn_Ca := Quantity(3.759984445, 0.1143858574) (4)

```

A.3. CÓDIGO PARA GRAFICAR LOS IRS EN GGPLOT

```
library(ggplot2)

acta <- read.delim("C:/Users/usuario/Dropbox/Tesis/IRS/dpt_acta/C4.0.dpt", header=FALSE)

ggplot(acta) +
  geom_line(aes(x=v1, y=v2), color="#2d886f") +
  theme_minimal()+scale_x_reverse() +
  xlab("Número de onda (cm-1") + ylab("Intensidad")

pacto <- read.delim("C:/Users/usuario/Dropbox/Tesis/IRS/dpt_pacto/P3D1.0.dpt", header=FALSE)

ggplot(pacto) +
  geom_line(aes(x=v1, y=v2), color="#2d886f") +
  theme_minimal()+scale_x_reverse() +
  xlab("Número de onda (cm-1") + ylab("Intensidad")

nubladosuno <- read.delim("C:/Users/usuario/Dropbox/Tesis/IRS/Acta_nublados/hr2.0.dpt", header=FALSE)

ggplot(nubladosuno) +
  geom_line(aes(x=v1, y=v2), color="#2d886f") +
  theme_minimal()+scale_x_reverse() +
  xlab("Número de onda (cm-1") + ylab("Intensidad")

nubladosdos <- read.delim("C:/Users/usuario/Dropbox/Tesis/IRS/Acta_nublados/hoja_rota/d3.0.dpt",
  header=FALSE)

ggplot(nubladosdos) +
  geom_line(aes(x=v1, y=v2), color="#2d886f") +
  theme_minimal()+scale_x_reverse() +
  xlab("Número de onda (cm-1") + ylab("Intensidad")
```

A.4. CÓDIGO PARA EXPORTAR LA INFORMACIÓN DE LOS CUADROS

```
library(readr)
#library(ncclust)
library(dplyr)
#install.packages("viridis")
library(ggpubr)
#####
setwd("C:/users/Sala 113E/Desktop/XRF-en_tratamiento")
###Cargar_base
valores_continuos <- read_csv("valores continuos.csv", col_types = cols(Pagina = col_character()),
                             na = "NA")
valores_discretos<- read_csv("valores discretos.csv")
pHs <- read_csv("pHs.csv")
Modelo_deterioro<- read_csv("Modelo de daño.csv")
view(Modelo_deterioro)
#-----Cuadro pHs-----
pH1<-filter(pHs, pH<5.5)
print(pH1)

pH2<-filter(pHs, pH<6.0 & pH>=5.5)
print(pH2)

pH3<-filter(pHs, pH<6.5 & pH>=6.0)
print(pH3)

pH4<-filter(pHs, pH<7.0 & pH>=6.5)
print(pH4)

pH5<-filter(pHs, pH<7.5 & pH>=7.0)
print(pH5)

pH6<-filter(pHs, pH<8.0 & pH>=7.5)
print(pH6)

#-----Cuadros deterioro-----
deterioro<-filter(Modelo_deterioro, indice==3)
view(deterioro)

deterioro_q<-filter(Modelo_deterioro, indice_textos==3)
view(deterioro_q)

deterioro_b<-filter(Modelo_deterioro, indice_microbiologico==5)
view(deterioro_b)

deterioro_f<-filter(Modelo_deterioro, indice_fisico==5)
view(deterioro_f)

#-----Cuadro XRF-----
PapelXRF<-filter(valores_discretos, Tipo == "sello")
#%>%select(Pagina, Zn, K, S, Cl, Pb, Cu, Mn, Si, Bi)
view(PapelXRF)
write.csv(PapelXRF, "cuadroSelloxrf.csv")

PapelXRF_c<-filter(valores_continuos, Tipo == "sello" & categoria == "sello_superior")%>%
  select(Pagina, Categoria, Subcategoria, Cn_Fe, Cn_Ca)
view(PapelXRF_c)
write.csv(PapelXRF_c, "sellosuperior.csv")
```

A.5. CÓDIGO PARA GENERAR EL HEATMAP

```
library(readr)
library(dplyr)
#install.packages("viridis")
library(viridis)
#install.packages('pheatmap')
library(pheatmap)
#-----Cargar datos-----
setwd("C:/Users/Sala_113E/Desktop/XRF-en_tratamiento")

valores_continuos <- read_csv("valores continuos.csv", col_types = cols(Pagina = col_character()),
                             na = "NA")
valores_discretos<- read_csv("Discreta completa.csv")
Base_d_caracter<- read_csv("valores discretos.csv", col_types = cols(Pagina = col_character()))

Base_completa<-cbind.data.frame(valores_continuos, valores_discretos[6:28])
#view(Base_completa)
#-----Discreto-----
Tinta_c<-filter(Base_completa, Tipo == "Tinta"& Documento=="Pacto de Concordia")%>%
  select(Cn_Fe, Cn_Ca, I_Zn, K, Cl, Pb, S, Mn, Bi, Cu, Si, pH, L, a, b, Det_tinta)

Tinta_t<-filter(Base_completa, Tipo == "Tinta")%>%
  select(Cn_Fe, Cn_Ca, I_Zn, K, Cl, Pb, S, Mn, Bi, Cu, Si, pH, L, a, b, Det_tinta)

#-----Continuo y discreto con categorías-----
Tinta_et_c<-filter(Base_d_caracter, Tipo == "Tinta" & Documento== "Pacto de Concordia")

Tinta_et_t<-filter(Base_d_caracter, Tipo == "Tinta")

#-----Modificar-----
colores <-# plasma(2000)
          viridis(2000)
          # magna(2000)
Etiquetas<- Tinta_et_c
           # Tinta_et_t

variable_clust<- ( Tinta_c
                  # Tinta_t
                  )
#view(variable_clust)
#-----
datos <- scale(variable_clust)
heatmap(x = datos, scale = "row",col = colores,
        distfun = function(x){dist(x, method = "manhattan")},
        hclustfun = function(x){hclust(x, method = "ward.D2")},
        cexRow = 0.7, labRow=Etiquetas$Etiqueta_completa)
```

A.6. CÓDIGO PARA GENERAR LOS CORRLOTS

```
library(readr)
library(dplyr)
#install.packages("viridis")
library(viridis)
library(corrplot)

colores <- #plasma(2000)
#viridis(2000)
#magma(2000)
#####
setwd("C:/Users/Sala 113E/Desktop/Documentos tesis Paola Agüero/XRF-en-tratamiento")
##cargar_base
valores_continuos <- read_csv("valores_continuos.csv", col_types = cols(Pagina = col_character()),
                             na = "NA")
valores_discretos<- read_csv("Discreta completa.csv")
#view(valores_discretos)
#view(valores_continuos)
Base_completa<-cbind.data.frame(valores_continuos, valores_discretos[6:28])
#view(Base_completa)

##-----Pearson-----
Tinta_c<-filter(valores_continuos, Tipo == "Tinta")%>%select(Cn_Fe, Cn_Ca, I_Zn, L, a, b, pH)
Papel_c<-filter(valores_continuos, Tipo == "Papel")%>%select(Cn_Fe, Cn_Ca, L, a, b, pH)
Sello_c<-filter(valores_continuos, Tipo == "Sello")%>% select(Cn_Fe, Cn_Ca, L, a, b, pH)

variable_continua<-Tinta_c

corr.p=cor(variable_continua,method="pearson")
res1 <- cor.mtest(variable_continua, conf.level = .95)
corrplot(corr.p, type = "upper",#col = colores,
         diag = T, p.mat = res1$p, sig.level = .2, insig='blank')

##-----Spearman-----
Tinta_d<-filter(Base_completa, Tipo == "Tinta")%>%
  select(Cn_Fe, Cn_Ca, I_Zn, K, Cl, Pb, S, Mn, Si, Cu, pH, L, a, b, Det_tinta)
Papel_d<-filter(Base_completa, Tipo == "Papel")%>%
  select(Cn_Fe, Cn_Ca, Zn, K, Cl, Pb, S, Mn, Si, Cu, pH, L, a, b, indice)
Sello_d<-filter(Base_completa, Tipo == "Sello")%>%
  select(Cn_Fe, Cn_Ca, Zn, K, Cl, Pb, S, Mn, Si, Cu, pH, L, a, b, Det_sello)

variable_d<-Sello_d
corr.s=cor(variable_d,method="spearman")
res.d <- cor.mtest(variable_d, conf.level = .95)
corrplot(corr.s, type = "upper", #col = colores,
         p.mat = res.d$p, sig.level = .2, insig='blank', addCoef.col = 'gray1', number.cex = 0.8, diag=FALSE)
```

A.7. FOTOGRAFÍA MULTIESPECTRAL DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA

La fotografía multiespectral es una serie de fotografías en diferentes zonas del espectro electromagnético que brindan información complementaria. La Figura 0-1 junto a la Figura 0-2 muestran la fotografía multiespectral del folio 127 del Acta de la Independencia.

La fotografía visible cuenta con una calibración de color, a fin de constatar que los colores mostrados coinciden con los propios del documento. En esta fotografía se observan las tintas oscurecidas y el soporte de papel de color marrón oscuro. Además, se aprecian machas café oscuras, que en la literatura son descritas como *foxing* y se asocian con colonias de hongos.

La fotografía de ultravioleta de fluorescencia es particularmente útil para el estudio de las tintas, en esta se observa la difusión de la tinta en sectores más allá de las líneas de escritura. Adicionalmente, la apariencia fuerte de la tinta en esta fotografía es un rasgo distintivo de las tintas ferrogálicas (como se discutirá en el tercer capítulo).

La fotografía de ultravioleta de reflectancia (UVR) aporta información asociada con fenómenos microbiológicos. En la fotografía UVR del Acta de la Independencia las colonias de hongos resaltan como puntos negros en la totalidad de la hoja.

La fotografía de color falso de infrarrojo (IRFC) es generada a partir de la fotografía infrarroja y la fotografía visible, esta resulta particularmente útil para el estudio de tintas. En el caso de los sellos de la corona española ubicados en la parte superior de la hoja, la fotografía infrarroja los muestra con gran claridad y estos se muestran de color negro en la imagen de color falso. Mientras que la tinta del texto es escasamente visible en la fotografía infrarroja, solo las zonas con corrosión de tintas son visibles en esta imagen. De hecho, la fotografía IRFC del Acta de la Independencia muestra como puntos negros las zonas del texto que se hayan corroídas.



FIGURA 0-1. FOTOGRAFÍA MULTIESPECTRAL DEL FOLIO 127 DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA, ARRIBA LA IMAGEN DE ULTRAVIOLETA DE REFLECTANCIA, EN EL MEDIO LA FOTOGRAFÍA DE ULTRAVIOLETA DE FLUORESCENCIA Y ABAJO LA IMAGEN VISIBLE.

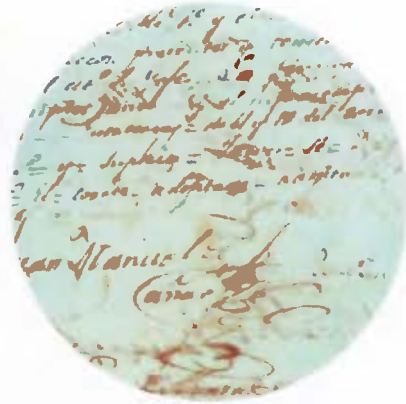


FIGURA 0-2. FOTOGRAFÍA MULTIESPECTRAL DEL FOLIO 127 DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA, ARRIBA LA IMAGEN DE COLOR FALSO DE INFRARROJO, ABAJO LA IMAGEN CONTRALUZ.

A.8. PROTOCOLO DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA: DOCUMENTO DEL LABCULTURA, IARTE E INII PARA EL ARCHIVO NACIONAL DE COSTA RICA



Informe sobre el estado del deterioro del Acta de la Independencia y sugerencias sobre su protocolo de restauración

En el marco del convenio firmado entre la Universidad de Costa Rica y el Archivo Nacional R-CON-011-2020 : *Caracterización fisicoquímica y prospección microbiológica de documentos gráficos de papel con interés histórico-cultural y desarrollo de hidrogeles especializados en su limpieza*, se han realizado una serie de estudios fisicoquímicos, así como búsquedas bibliográficas y consultas a expertos nacionales e internacionales, con el fin de establecer el estado del deterioro del documento que contiene el Acta de la Independencia de nuestro país. A continuación, se presentan los resultados primordiales, y sugerencias de protocolos para realizar su conservación.

Descripción general del documento

El Acta de la independencia de Costa Rica corresponde a los folios número 126 verso y anverso, y 127 verso y anverso, del “Libro de Sesiones del Muy Noble y Muy Leal Ayuntamiento Constitucional de la Ciudad de Cartago”, del año 1821. Los folios se encuentran escritos por el verso y el anverso. El folio número 126 contiene 6 sellos claramente distinguibles, 4 propios de la época, dos de cada tipo idénticos entre sí. Y, además, ambos folios están sellados con un sello azul resiente, sello de propiedad del Archivo Nacional. Figura 1 y 2



Figura 1. Detalle de sellos presentes en el Acta de la Independencia de Costa Rica.



Folio 126



Folio 127

Figura 2. Fotografía de estado actual del Acta de la Independencia de Costa Rica



La presencia de filigrana muestra que se trata de un papel de fabricación manual¹. Una filigrana o marca al agua es una imagen formada mediante bordados de hilos metálicos muy finos que se realizan en el molde de fabricación de la fibra con el cual se elabora la hoja de papel. El bordado produce una leve diferencia de relieve en el papel, y con ello se percibe a contraluz el diseño con una diferencia de espesor y tono en esa sección.

Las filigranas se utilizan para certificar el fabricante del papel y evitar posibles falsificaciones de documentos. Durante la época de la elaboración tradicional del papel, estas marcas, representadas por símbolos, iconos, o escudos, y distinguían entre sí a los fabricantes. Suponen una información importante en la datación y procedencia de un libro.

La filigrana del Acta muestra un Jarrón con un asa, y la palabra J MONTAL. La base de datos de Centro Cultural Español sobre filigranas (<http://www.mecd.es>) muestra 2 figuras similares del fabricante Jaume Montal de 1795 y 1820.



Figura 3: Filigrana encontrada en las hojas del Acta de la Independencia.



Datos físicos:

El documento fue analizado para determinar distintas propiedades físicas del papel. Los ensayos que se muestran en la Tabla 1 fueron realizados en el Laboratorio de Celulosa y Papel de la Unidad de Recursos Forestales del Instituto de Investigaciones en Ingeniería, en la Universidad de Costa Rica. Los ensayos se hicieron con los métodos internos del laboratorio, que a su vez tienen como base normas TAPPI, y fueron ejecutados con la supervisión de los encargados del laboratorio.

Tabla 1. Propiedades físicas y ópticas de las hojas analizadas.

Largo (mm)	315.0±0.5
Ancho (mm)	435.0±0.5
Espesor (mm)	1.58±0.05
Masa (g)	9.0180 ±0.0001
Gramaje (g/m²)	65.8±0.1
Permeabilidad al aire (µm/Pa·s)	30.4±8.2
Color	L: 71.8±2.7
Se reportan los valores con el sistema de color CIE L*a*b* (D65, 10°). (ver nota 3 para interpretación)	a*: 5.7±1.0 b*: 19.8±2.5
Brillo ISO	29.4±2.7

Notas

- 1) Los resultados declarados son únicamente válidos para los especímenes de ensayo analizados y en las condiciones ambientales bajo las cuales se realizaron los ensayos: es decir, a una temperatura promedio de 23.4 °C y una humedad relativa promedio del 57.3%.
- 2) Los valores reportados para espesor, permeabilidad al aire, color y brillo ISO son el valor promedio de 10 o más repeticiones, y se reportan con su respectiva desviación estándar.
- 3) En el sistema de color CIE L*a*b*, el parámetro L* representa la luminosidad desde cero (negro) a 100 (blanco), a* y b* son coordenadas cromáticas: a* representa el color rojo (positivo) y el color verde (negativo) mientras que b* es el color amarillo (positivo) y el azul (negativo).

Figura 4.

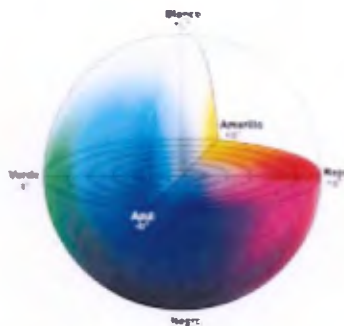


Figura 4. Sistema de color CIE L*a*b*. (Konika Minolta Sensing Americas, Inc. Tomado de: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>, accedido 23/10/2020).

Análisis Físicoquímicos:

El documento fue inspeccionado con técnicas no destructivas como son la espectroscopia infrarroja, y de Fluorescencia de Rayos X, el objetivo de esta parte fue determinar el tipo de papel usado, tipo de tinta, y la composición química elemental de estos materiales, con el fin de sugerir aspectos relevantes para su conservación.

De acuerdo con los espectros infrarrojos (ATR-FTIR), el sustrato orgánico del documento es en su mayoría algodón, por lo que es un papel a base de fibra textil de algodón.



Los elementos presentes en tintas en mayor medida son hierro, calcio, zinc y potasio, esto de acuerdo con los estudios de fluorescencia de rayos X (XRF) Figura 6.



Figura 6. Composición química elemental por XRF.



Composición de Fe y Ca en los sellos.

% en masa Fe	% en masa Ca
0.19	1.22
0.15	1.08



Composición de Fe y Ca en distintos puntos del Papel

% en masa Fe	% en masa Ca
0.19	0.87
0.20	0.77
0.18	0.72
0.17	0.60
0.17	0.76
0.18	0.50
0.16	0.67

% en masa Fe	% en masa Ca	
2.71	0.52	tinta corroída
1.18	1.28	tinta en buen estado

Composición de Fe y Ca en las tintas

Las tintas son ferrogálicas, también conocidas como tinta de corteza de roble. Estas tintas son elaboradas a partir de sales de hierro(II), ácidos gálicos o tánicos, resinas, agentes emulsificantes y dispersantes. Existe un amplio número de recetas, cuya coloración varía entre



púrpura-negro y marrón-negro. Las tintas ferrogálicas fueron la tinta estándar y de la escritura en Europa, desde el siglo V hasta XIX, y se mantuvo su uso hasta bien entrado el siglo XX. Los sellos de la época, presentes en el documento tienen una composición diferente a las tintas de la escritura, con un menor contenido de hierro, y mayor presencia de calcio.

Análisis del deterioro

Las principales reacciones que llevan al deterioro del papel son la hidrólisis ácida, la hidrólisis básica y la oxidación mediada por iones metálicos, siguiendo un mecanismo de radicales libres (reacción Fenton)². En el caso del Acta de la Independencia de Costa Rica, el documento tiene un pH de 5.50, medido con base en la norma TAPPI T-529-2014³, por lo que el documento se encuentra susceptible a experimentar hidrólisis ácida. Además, con base en los estudios de XRF hay presencia de hierro en todo el documento, no solo en tintas y puntos cercanos a tintas. Este hierro constituye un riesgo pues cataliza la oxidación del sustrato orgánico. El documento presenta foxing en estado avanzado. Esta característica se manifiesta como manchas café bajo luz visible y puntos de fluorescencia en luz ultravioleta (UV). Este fenómeno foxing se ha asociado con la oxidación del sustrato orgánico del papel y la oxidación del hierro(II) presente en el documento a hierro(III).

Basados en la escala para evaluar la condición de papeles con tintas ferrogálicas publicadas por el Netherlands Institute for Cultural Heritage-ICN⁴, donde se clasifica desde no deteriorada como 1, hasta 7 como muy deteriorada con pérdida de material. Para ello se hizo una evaluación del grado de deterioro, lo que implica una evaluación visual, y usando la observación de fluorescencia bajo radiación ultravioleta.

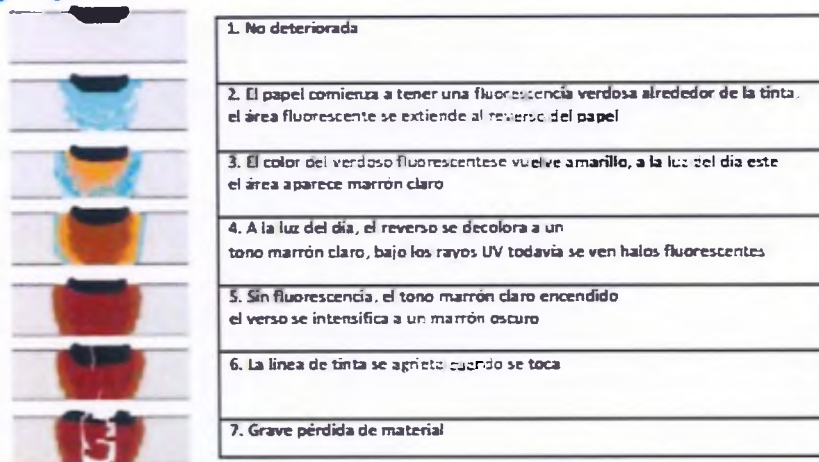


Figura 7. Esquema de corrosión tomado de referencia 4. para clasificación del deterioro.

El nivel de corrosión de las tintas es 6 y el documento se encuentra en condición pobre, pues ya hay pequeñas zonas perdidas en áreas localizadas que tienen tinta. Adicionalmente, el documento presenta suciedad generalizada y algunas intervenciones anteriores con papeles modernos de bajo gramaje.



Figura 8. Detalle de foxing, zonas con pérdida de material, y detalle al microscopio de corrosión por la tinta.



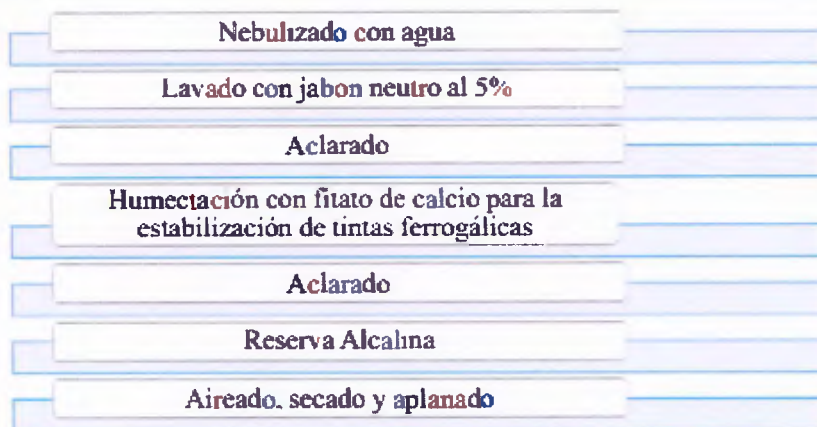
Sugerencias generales sobre cambios en el protocolo de conservación que actualmente se aplica en el Archivo Nacional de Costa Rica para documentos que contienen tintas ferrogálicas.

1. El detergente actual contiene lauril éter sulfato de sodio, el cual es un surfactante iónico. Además, contiene aroma. Se recomienda cambiar este producto por un detergente no iónico, neutro y sin aroma, a nivel comercial hay detergentes especializados para restauración de papel que cumplen con estos requerimientos. Algunas opciones de proveedores de materiales de conservación que pueden resultar de utilidad son los siguientes:
 - <http://www.talasonline.com/>
 - <http://www.universityproducts.com/>
 - <http://www.dickblick.com/categories/conservation/>
 - <http://www.museumsservicescorporation.com/>
2. La disolución de detergente no debe superar el 5%. Es decir, agregar 5 mL de jabón y disolver con agua hasta llegar a 100 mL. Es importante medir estas cantidades, para controlar el efecto y evitar residuos. Es muy importante no frotar, no someter a tracción mecánica, y dejar en la disolución jabonosa 10 minutos aproximadamente, dependiendo del grado de suciedad y estado del documento.
3. Es necesario nebulizar los documentos con agua, para relajar las fibras, y luego fijarlos al soporte antes de sumergirlos al baño de agua, evitando burbujas que lleven al rompimiento de zonas frágiles.
4. Para el tratamiento de zonas perdidas por corrosión de tintas ferrogálicas se debe procurar la estabilidad química antes de aplicar injertos, pues los injertos no resuelven el problema de fondo y alteran la dispersión de los gases formados en la reacción de oxidación, lo que acelera la autodegradación⁴.
5. Para la estabilización química de las tintas ferrogálicas se recomienda incorporar un paso de humectación con fitato de calcio, de acuerdo con el protocolo de la Agencia de Patrimonio Cultural de Holanda⁶, cuya traducción se adjunta en los anexos de este documento.



6. En cuanto al orden de los procesos se recomienda iniciar con el lavado con detergente y finalizar con la reserva alcalina. La reserva alcalina siempre debe ser el último paso del protocolo.
7. Medir el pH de la disolución de hidróxido de calcio, esta debe estar en 10. Si el pH fuera mayor se debe diluir con agua hasta llegar a 10. Las disoluciones se deben filtrar para evitar un residuo blancuzco en la superficie del papel. El pH final del papel debe ser 7, es importante que se mida este valor
8. Emplear agua destilada para la preparación de disoluciones
9. Cambiar el procedimiento de secado, incorporar un paso de aireado por 15 minutos y colocar entre membranas, papeles secantes y tableros con peso. Los secantes se cambiarán regularmente durante 3 días. Esto para evitar la colonización de hongos.
10. En el caso específico del documento que contiene el Acta de la Independencia no se debe agregar alcohol, pues el sello azul de propiedad del Archivo Nacional se disuelve en este solvente, y puede llevar a manchar el documento
11. También en este caso específico, y por su grado de deterioro, no se recomienda la desinfección con tmsen, es suficiente con el jabón neutro y la reserva alcalina. Acá la filosofía de trabajo es obtener el mayor grado de conservación con la menor intervención o impacto

Esquema de trabajo sugerido para las hojas ajenas al Acta de la independencia.





Protocolo propuesto para la restauración del folio del Acta de la Independencia en el contexto de la celebración del bicentenario de la independencia.

Se recomienda conservar el folio del Acta de la Independencia a parte del resto del documento y brindarle un protocolo de restauración especial dada la importancia histórica y patrimonial de este documento en particular. A continuación, se enumeran los pasos del protocolo propuesto. Para la aplicación del mismo se recomienda el uso de guantes y emplear agua destilada.

1. **Limpieza en seco:** con un bisturi de punta redonda, de manera cuidadosa se deben retirar residuos de gomas y manchas de suciedad superficial prominentes. Luego, se deben aplicar gomas de borrar no abrasivas y no grasosas, pueden ser en sólido o polvo. Para la aplicación de gomas de borrar en polvo se añade una pequeña cantidad de las mismas al documento y se esparce con movimientos circulares con un algodón, el cual una vez sucio se debe sustituir. Una vez finalizado el proceso se emplea una brocha de acuarela para eliminar los residuos. La brocha de acuarela se emplea pues su pelo es suave, y por ende menos abrasivo.
2. **Pruebas de solubilidad de tintas o material de escritura:** se realiza en una zona marginal, con información escasa y poco relevante, el tamaño de la zona elegida no debe superar los dos centímetros. El documento se coloca sobre papel secante (una opción es papel acuarela de 200g) y se rota una torunda mojada ejerciendo una presión leve. Esta torunda debe tener una tercera parte del algodón que tendría un aplicador normal. En caso de no quedar residuos de tinta en el algodón (observar con lupa o microscopio) se puede proseguir con los pasos húmedos.
3. **Humectación:** Se coloca la obra en un vidrio, seguido por una membrana "remay" o una tela sintética de Tergal más grande que la obra y encima el documento. Para humectarlo se usa una aspersión de gotas muy finas de agua, esta se puede obtener con un nebulizador ultrasónico o un vaporizador para conservación. Esto tiene dos propósitos, que el documento se adhiera a la membrana y que las fibras de papel se relajen antes de ser



sumergido a un baño es decir reducir el riesgo de rasgaduras en zonas frágiles. Para la manipulación se sujeta la membrana, y se evita tocar la obra.

4. Aplicación de reactivo reductor: Se aplica una disolución de borohidruro de sodio al 2-5% con una brocha o pincel de acuarela sobre el documento que se encuentra fijado a una membrana, sobre un vidrio. Se pone otro vidrio, pero de 5mm de espesor con pesos adicionales, esta vez sobre el documento. Se deja reposar por 30 minutos antes de aplicar una nueva capa de disolución borohidruro de sodio. Cada hora se debe destapar, reaplicar una nueva capa y tapar, por un periodo máximo de 6 horas. Este proceso se debe llevar a cabo con estricta vigilancia y se debe detener en caso de que se perciba que está iniciando la disolución de tintas o se formen burbujas en la fibra del papel. Para preparar la disolución de borohidruro de sodio se agrega agua a un gramo de la sal hasta completar los 50 mL de disolución y se agita cuidadosamente hasta disolver completamente. Las cantidades se deben medir de manera precisa, pues una disolución más diluida es menos efectiva, y una disolución más concentrada podría dañar el papel. La aplicación de este reactivo busca convertir los grupos oxidados (aldehídos y cetonas) en nuevos grupos OH, es decir revertir la oxidación de la macromolécula. También reduce el hierro(III), que brinda una coloración café, a hierro(II). El efecto general será un blanqueamiento de la hoja. Existen otros agentes blanqueadores, pero la mayoría de ellos son oxidantes, no se deben usar agentes oxidantes con el cloro pues dañan la estructura de la macromolécula que compone el papel, lo que finalmente cataliza el deterioro².
5. Baño con detergente neutro no iónico: preparar una disolución de jabón al (2-5)% es decir entre 2 y 5 mL de jabón en 100 mL de agua. El jabón debe estar bien disuelto antes de aplicarlo a la obra. Esta disolución se debe preparar con agua entre 23°C y 30°C y la obra se sumerge por 10 minutos. La aplicación de jabón permite eliminar grasas, suciedad y residuos de reactivo.
6. Aclarados: la obra fijada a la membrana se retira de la disolución de jabón, se coloca en un vidrio mientras se llena la bandeja con agua limpia, se sumerge nuevamente la obra. Se repite nuevamente, hasta que no se aprecien residuos jabonosos.
7. Aplicación de fitato de calcio: Sumergir el documento en una disolución de fitato de calcio 1.75 mmol/L durante 20-30 minutos. Luego sumergir en agua destilada por 2-3 minutos.

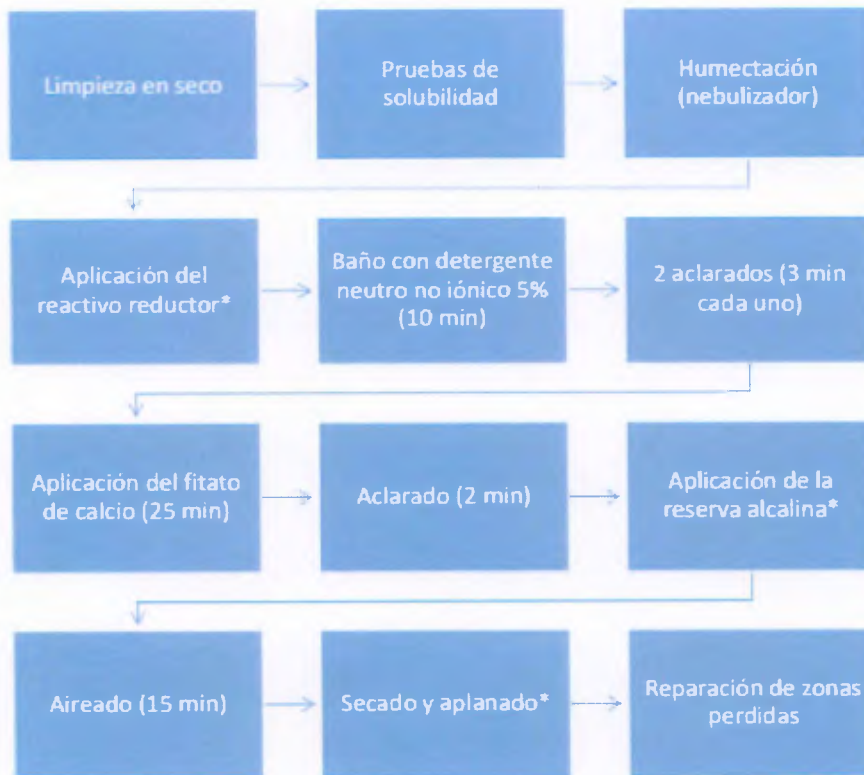


para evitar la formación de un precipitado blancuzco de fitato de hierro. Para preparar la disolución de fitato de calcio se pesan 2.30 g de ácido fítico al 50%, se disuelven a un litro de agua y se agregan 0.44 g de carbonato de calcio luego se ajusta el pH entre 5.0 y 5.8 con amoníaco. El objetivo de aplicar el fitato de calcio es quelar el hierro(II) para inactivarlo y evitar que oxide el sustrato orgánico del papel por medio de la reacción de Fenton⁶.

8. Aplicación de la reserva alcalina: Con un pincel acuarela aplicar la disolución de nanopartículas de hidróxido de magnesio preparadas según lo descrito por Poggi, G *et al*². Estas nanopartículas detienen la hidrólisis ácida y la reacción de Fenton, por lo que preservan las tintas y el sustrato orgánico del papel de manera simultánea². Otra alternativa para la reserva alcalina es el hidróxido de calcio al 2%, preparado con 12 horas de anticipación, decantado filtrado y diluido hasta ajustar el pH en 10, el documento se sumerge por 10 minutos. Este paso detiene la hidrólisis ácida, pero no protege de la reacción de Fenton
9. Aireado El documento se coloca en una superficie plana por 15 minutos en un espacio aireado para reducir el contenido de humedad y relajar las fibras, antes del secado.
10. Secado y aplanado. para el secado el posicionamiento es el siguiente: mesa, papel secante (puede ser papel acuarela de 200 g), membrana, el documento, otra membrana, otro papel secante, tablero y peso Se deja por 15 minutos, luego se cambian los papeles secantes y se vuelve a cerrar Esto se repite media hora después, una hora después y dos horas después Al día siguiente se cambia el papel secante en la mañana, a medio día y al final de la tarde esto se repite por 3 o 5 días
- 11 Reparación de zonas perdidas: los injertos se realizan con papel japonés libre de ácido y metil celulosa. Una vez realizados se debe prensar y secar otra vez. El acomodo para secar es el mismo que se describió en la sección “secado y aplanado”



Esquema de trabajo sugerido para el Acta de la independencia



*Para la descripción detallada de como llevar a cabo cada proceso referirse a la sección anterior "Protocolo propuesto para la restauración del fono del Acta de la Independencia en el contexto de la celebración del bicentenario de la independencia"



Recomendaciones posteriores a la restauración

1. Emplear de manera estricta guantes para la manipulación del documento: pues, la manipulación sin guantes deposita grasas y suciedad
2. Usar recipientes de plástico o de vidrio que puedan ser bien cerrados para guardar las sustancias químicas, no de metal.
3. Para los folios que contienen el Acta de la Independencia de Costa Rica no se recomienda la encuadernación. Se recomienda separarlos del resto del documento y guardarlos entre dos papeles libres de ácido en un contenedor apropiado de alta resistencia y durabilidad. Esto por ser un documento único e irremplazable, que debe ser conservado en función de su valor histórico. El encuadernado volvería a someter el documento a estrés mecánico. Formar parte de un documento mayor aumentaría sus posibilidades de deterioro por microorganismos, humedad encapsulada, corrosión o acidez.
4. Se recomienda almacenar el resto del documento en un contenedor independiente del Acta, bajo las mismas condiciones y guardarlo junto al Acta. En caso de encuadernarlo se debe evitar el uso de materiales que promuevan la formación de hongos, y aceleren su deterioro. El material del encuadernado debe ser de un pH neutro, para no promover la hidrólisis ácida.
5. El documento se debe almacenar en la obscuridad, la exposición a la luz cataliza las reacciones que llevan al deterioro. No debe almacenarse de manera vertical, pues la obra tiene peso, y la tracción mecánica lleva a la deformación.
6. Conservar en condiciones de temperatura y humedad controladas. Se recomienda $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ de humedad relativa⁷. Un alto grado de humedad, temperaturas elevadas y las fluctuaciones en las condiciones de almacenamiento aceleran el deterioro de la obra. Se recomienda el uso de un Armario deshumidificador utilizado para guardar cámaras fotográficas similar a este: <https://www.amazon.es/FORSPARK-Armario-deshumidificador-silencioso-Energ%C3%ADa/dp/B07FNJXHLM>. Son eficientes, de bajo costo y pueden albergar varios documentos, controlando temperatura y humedad automáticamente. En este armario se puede almacenar el Acta de la independencia al lado del libro de Actas del Ayuntamiento de Cartago de 1821.



7. Se recomienda hacer **varias** copias facsímiles del Acta de la Independencia, copias fidedignas, muy precisas, impresas en papeles del mismo color y gramaje. **Que** sean estas copias las que se exhiban, junto a una traducción de la misma.

ANEXOS

Protocolo para el tratamiento de documento con tintas ferrogálicas mediante el uso de fitato de calcio⁶

Antes de aplicar este procedimiento se deben realizar pruebas de solubilidad de tintas en agua y en etanol

1. Pre-humedecimiento con alcohol. Rocíar con etanol 70% hasta humedecer completamente y de manera gradual. Este paso es importante para que las secciones hidrofóbicas no se rompan al humedecer con agua. Además, esteriliza el documento. *No se aplicaría al caso del documento del Acta por la presencia del sello azul. Para aplicar este paso se debe verificar la solubilidad de las tintas en alcohol, en caso de haber tintas solubles cambiar por un nebulizado con agua.*

2. Humedecimiento con agua destilada. El objetivo es remover o inactivar metales de transición y el ácido sulfúrico. Como efecto colateral elimina el carbonato de calcio, que debería permanecer en el papel, para evitarlo el agua puede contener CaCO_3 , añadir alcohol ayuda con el proceso de secado. Si las tintas no son solubles se puede sumergir 5-10 min, si las tintas fueran solubles se rocía con un spray en una mesa de succión. Hacer por triplicado, el tiempo total de este tratamiento no debe exceder los 30 min, para probar la efectividad se puede medir la conductividad del líquido sobrenadante. *Este paso se puede sustituir por el lavado con jabón neutro, no tónico. Disolución al 5 %, por 10 minutos; con las subsecuentes aclarados.*

3. Tratamiento con fitato de calcio, el objetivo es inactivar el Fe (III) y solubilizar el Cu. Esta es una disolución de fitato de calcio 1.75 mmol/L. Durante este tratamiento las tintas ferrogálicas permanecen intactas. Este tratamiento se sigue hasta que la prueba de Fe(II) de negativa. La duración mínima son 10 min y no debe excederse los 30 min. Para preparar la disolución de fitato de calcio se pesan 2.30 g de ácido fítico al 50%, se disuelven a un litro de agua y se agregan 0.44 g de carbonato de calcio, luego se ajusta el pH entre 5.0 y 5.8 con amoníaco

4. Tratamiento con agua: Sumergir unos 2-3 minutos en agua para que el fitato no deje un precipitado blanco, este paso se puede omitir si se quiere dejar el fitato como reserva oxidativa



5. Decalcificación con bicarbonato de calcio: Ayuda a prevenir la hidrólisis ácida en el futuro. Se trabaja con una disolución saturada, el pH debe ser menor a 8.5 y la hoja se sumerge entre 20 y 30 min. *Se puede cambiar por la disolución de hidróxido de calcio de pH 10, decantada y filtrada.*

6. Aireado: La hoja debe quedar un poco húmeda y no completamente, se puede secar entre fieltros bajo cierto peso, también se puede hacer en una mesa de succión. El objetivo de este paso es preparar para el dimensionamiento de la superficie.

7. Dimensionamiento de superficie: El objetivo es aplicar una capa protectora entre la atmósfera y la superficie del papel y las tintas, mejorar la resistencia mecánica y la flexibilidad del papel y encerrar los iones hierro. Se rocía una disolución de gelatina tipo B al 1% sobre el lado en donde no se harán las reparaciones, luego sobre el lado donde se harán las reparaciones.

8. Reparar con papel japonés

9. Secado entre fieltros naturales, bajo presión

Para la preparación de las disoluciones, los sólidos se deben pesar en balanza y las cantidades de líquido se deben medir en equipo volumétrico.

Para información adicional visitar la página https://irongallink.org/igi_index752.html

Referencias

- (1) Vergara Peris, J. *Conservación y Restauración de Material Cultural En Archivos y Bibliotecas*. 2002, p 197.
- (2) Poggi, G.; Giorgi, R.; Toccafondi, N.; Katur, V.; Baglioni, P. Hydroxide Nanoparticles for Deacidification and Concomitant Inhibition of Iron-Gall Ink Corrosion of Paper. *Langmuir* 2010, 26 (24), 19084–19090. <https://doi.org/10.1021/la1030944>
- (3) TAPPI T 529 Om-14: Surface PH Measurement of Paper. *ANSI* 2014 9–12.
- (4) Reißland, B.; Hofenk de Graaff, J. Condition Rating for Paper Objects with Iron-Gall Ink. *ICN-Information* 2001, 1, 1–4
- (5) Tacón Clavain, J. *La Restauración En Libros y Documentos: Técnicas de Intervención*. Ollero y Ramos: Madrid 2009.
- (6) Oficina Nacional del Patrimonio Cultural Ministerio de Educación Cultura y Ciencia, A. The Iron Gall Ink Website https://irongallink.org/igi_index752.html (accessed Jul 23, 2020).
- (7) Atkinson, J. K. Environmental Conditions for the Safeguarding of Collections: A Background to the Current Debate on the Control of Relative Humidity and Temperature. *Stud. Conserv.* 2014, 59 (4), 205–212. <https://doi.org/10.1179/2047058414Y.0000000141>

A.9. FOTOGRAFÍAS DEL ACTA DE LA INDEPENDENCIA ANTES Y DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN

Las fotografías antes y después de la intervención se encuentran en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/10OgIDsb-819a1hJ2zfrazhgowwCf5wVN?usp=sharing>

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ELABORACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE INVERSIÓN A CORTO PLAZO DEL BANCO I.M. S.A.,
MEDIANTE EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS
INTERNACIONALES CUYA CALIFICACIÓN SE AJUSTE A LO SOLICITADO EN EL MARCO
REGULATORIO Y PERMITA GENERAR UNA RENTABILIDAD DEL PORTAFOLIO DE INVERSIÓN

Trabajo final de graduación sometido a la consideración de la Comisión del Programa de
Estudios de Posgrado en Administración y Dirección de Empresas para optar al grado y
título de Maestría Profesional en Administración y Dirección de Empresas con Énfasis en
Finanzas

ALEJANDRO ALVARADO VALVERDE

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2016

Dedicatoria

Este trabajo final de investigación aplicada está dedicado en primer lugar a Dios, quien me brinda la salud, el trabajo y la capacidad de pensamiento para realizar cada uno de mis propósitos.

En segundo lugar, a mis padres Luis Emilio Alvarado Arce y Marta Edith Valverde Prado, quienes me dieron la vida y se esforzaron por brindarme todo lo que estuvo a su alcance para llegar a dar este último paso en mi vida.

En tercer lugar, a mis hermanos Juan Luis Alvarado Valverde y Gina María Alvarado Valverde que siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para seguir siempre adelante.

Finalmente, a mi profesora de escuela Cristiane Rosales Vargas, la cual me inculcó desde muy temprano la disciplina, el coraje y las agallas para luchar por mis ideales, tanto a nivel estudiantil como a nivel personal.

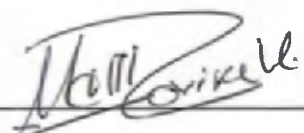
Agradecimientos

Deseo agradecer a mi profesor tutor, profesor lector y lector de la empresa por su apoyo en la elaboración de este trabajo final de investigación aplicada.

También quiero agradecer a mi compañera de maestría Carolina Pérez Ortega, la cual me brindó sus consejos, disciplina y conocimiento, para todos y cada uno de los trabajos que realizamos en los cursos donde, a pesar de las madrugadas incansables, logramos obtener resultados de calidad.

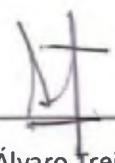
Finalmente, agradezco a todas las personas que he tenido alrededor y que me han permitido trabajar a su lado, entre ellos mis jefes, amigos, profesores, compañeros y todos aquellos que me han regalado su tiempo y conocimiento para que este trabajo sea una realidad.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Administración y Dirección de Empresas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Administración y Dirección de Empresas con Énfasis en Finanzas.”



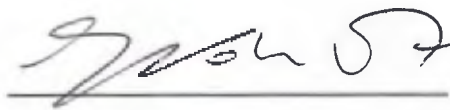
MBA. Manuel Enrique Rovira Ugalde

Profesor Guía



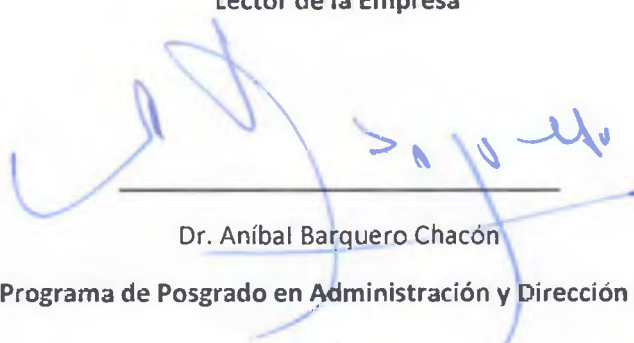
MSc. Álvaro Trejos Fonseca

Lector



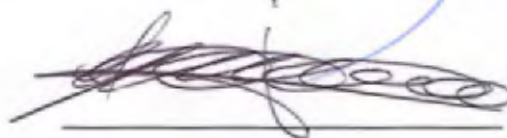
MBA. Jonathan Valembois Torres

Lector de la Empresa



Dr. Anibal Barquero Chacón

Director Programa de Posgrado en Administración y Dirección de Empresas



Alejandro Alvarado Valverde

Sustentante

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	viii
Summary.....	ix
Lista de cuadros.....	x
Lista de figuras.....	xi
Lista de gráficos.....	xii
Capítulo I: Marco Introdutorio.....	1
Introducción.....	1
Problema.....	2
Justificación.....	2
Alcance.....	4
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
Distribución capitular.....	6
Metodología.....	7
Perspectivas teóricas.....	10
Estrategia financiera.....	11
Planificación financiera.....	12
Gestión de liquidez.....	12
Activos líquidos de calidad.....	13
Portafolio de inversión.....	14
Teoría moderna del portafolio.....	16
Rendimiento.....	17
Riesgo.....	17
Riesgo de liquidez.....	18
Instrumentos financieros.....	18
Inversiones al valor razonable.....	20
Calificadoras de riesgo.....	21
Rango de puntuaciones y descripción (<i>ratings</i>).....	22
Capítulo II: Descripción del sector económico y de la empresa.....	23

Sector bancario costarricense.....	23
Participación en la economía costarricense	24
Análisis cuantitativo	26
Reseña Histórica Banco I.M. S.A.	29
Visión y misión	30
Visión.....	30
Misión.....	31
Valores	31
Organigrama	33
Estrategia y Operaciones	33
Propuesta de valor y enfoque de estrategia.....	34
Metas y objetivos estratégicos	34
Activos, pasivos, patrimonio y utilidades.....	35
Activos.....	35
Pasivos.....	36
Patrimonio.....	38
Utilidades	39
Capítulo III: Revisión de normativa y política actual de inversión	41
Comité de Supervisión Bancaria Basilea	42
Funciones	42
Comité Basilea I y II	43
Comité Basilea III: Coeficiente de cobertura de liquidez	44
Principales puntos de la reforma	44
Acuerdo SUGEF 17-13	46
Políticas y proceso para la administración del riesgo de liquidez.....	48
Indicador de cobertura de liquidez.....	51
Fondo de activos líquidos de alta calidad	52
Salidas de efectivo totales	54
Entradas de efectivo totales	58
Envío de la información a la SUGEF	60
Política de administración de liquidez de Banco I.M. S.A.	60
Políticas generales.....	60
Estrategias para la administración de liquidez	62

Diversificación	63
Financiamiento, inversión y colocación	63
Política de inversión de Banco I.M. S.A.....	65
Instrumentos y entidades autorizadas.....	65
Políticas de diversificación y límites.....	67
Capítulo IV: Análisis y elección de alternativas de solución	69
Calce de liquidez	69
Portafolio de inversiones de Banco I.M. S.A.	73
Análisis de la política de inversión	74
Inversiones por sector público o privado.....	74
Inversiones por país	76
Inversiones por emisor.....	77
Inversiones por moneda	78
Análisis de las calificaciones actuales de las inversiones	79
Portafolio en colones	80
Portafolio en dólares.....	81
Análisis de posibles inversiones con calificación AA- o menor riesgo	88
Bonos y notas del tesoro de Estados Unidos	89
Bonos soberanos de países calificación AAA	90
Bonos corporativos AAA	92
Money Market Fund	94
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	97
Conclusiones	97
Recomendaciones	100
Bibliografía	102
Anexos.....	105

Resumen

El presente trabajo corresponde a la elaboración de una estrategia de inversión a corto plazo del Banco I.M. S.A. mediante el análisis y evaluación de instrumentos financieros internacionales cuya calificación se ajuste a lo solicitado en el marco regulatorio y que permita generar una rentabilidad del portafolio de inversión, desarrollado en el área de tesorería del banco.

La compañía es uno de los bancos que integra el sistema financiero costarricense, el cual se encuentra regulado por la Superintendencia General de Entidades Financieras (SUGEF), y, por tanto, debe gestionar sus inversiones según lo estipula el Acuerdo SUGEF 17-13 Reglamento de Gestión de Liquidez.

Este estudio abarcará la revisión de las disposiciones y regulaciones de carácter internacional, nacional e internas que regulan el actuar de la entidad, con el fin de evitar posibles problemas de liquidez ante los requerimientos de efectivo que se suscitan día a día.

En cuanto a los métodos de recolección de información, se utilizarán las políticas y procedimientos que el banco posee, así como también consultas a los colaboradores del banco, encargados de la gestión de los portafolios de inversión, lo cual incluye un proceso de compra y venta de inversiones.

La elaboración de la estrategia de inversión contiene un análisis cualitativo y cuantitativo de los instrumentos financieros que integran los portafolios actuales de colones y dólares, así como también la sugerencia de nuevas alternativas que permitan ajustar las inversiones a la calificación solicitada en la normativa actual y que puedan ser utilizados por el banco para realizar una diversificación de los portafolios de inversión.

Palabras claves: inversiones, liquidez, estrategia.

Summary

This work corresponds to the Banco I.M. S.A. of a short-term investment strategy development, through analysis and evaluation of international financial instruments whose rating meets requested in the regulatory framework and allows a return of investment portfolio, developed in the treasury's bank area.

The company is one of the banks that integrates the Costa Rican financial system, which is regulated by the Superintendent of Financial Institutions (in Spanish SUGEF), and must manage their investments as stipulated in the Agreement SUGEF 17-13 Liquidity Management Regulations.

This study will be covering the revision of the decrees and regulations of international, national and internal character, which regulate the actions of the entity, in order to avoid possible problems of liquidity to cash requirements that arise daily.

As for the methods of collecting information, bank policies and procedures will be used, as well as consultations with bank employees, managers of investment portfolios, which includes a process of buying and selling investment.

The development of the investment strategy contains a qualitative and quantitative analysis of financial instruments that make up the current portfolios of colones and dollars, as well as suggestions for new alternatives that allow adjust investments to the qualification required under current regulations , and they can be used by the bank for a diversification of investment portfolios.

Keywords: investments, liquidity, strategy.

Lista de cuadros

Cuadro 1: Equivalencias de escalas de calificaciones por agencia calificadora	22
Cuadro 2: Sistema Bancario Costarricense hasta enero 2016	24
Cuadro 3: Composición del Producto Interno Bruto por Industria en colones encadenados del año 2012 al 2017	25
Cuadro 4: Composición de activos de Banco I.M. S.A. de los períodos de diciembre 2011 a diciembre 2015	35
Cuadro 5: Composición de los pasivos de Banco I.M. S.A. de diciembre 2011 a diciembre 2015....	37
Cuadro 6: Composición del patrimonio de Banco I.M. S.A. de diciembre 2011 a diciembre 2015 ..	38
Cuadro 7: Calce de plazos del Banco I.M. S.A. al 31 de marzo de 2016	70
Cuadro 8: Portafolio en dólares del Banco I.M. S.A. por emisor, instrumento y calificación de riesgo al 31 de marzo de 2016.....	83
Cuadro 9: Inversiones del portafolio en dólares del Banco I.M. S.A. que no se ajustan al Acuerdo 17-13 de SUGEF.....	88
Cuadro 10: Rendimientos al vencimiento de los bonos del tesoro de Estados Unidos en el mes de marzo 2016	89
Cuadro 11: Rendimientos de los bonos de países con calificación AAA de 1 mes a 30 años negociado el 28 de abril de 2016.....	91

Lista de figuras

Figura 1: Organigrama de Banco I.M. S.A.	33
---	----

Lista de gráficos

Gráfico 1: Composición relativa del Producto Interno Bruto por Industria del año 2015.....	25
Gráfico 2: Composición relativa y absoluta de activos totales del sector bancario al cierre de diciembre 2015 (en miles de colones)	26
Gráfico 3: Composición de activos, pasivos y patrimonio de bancos del Estados y creados por leyes especiales a diciembre 2015	27
Gráfico 4: Composición de activos, pasivos y patrimonio de bancos privados a diciembre 2015 ...	27
Gráfico 5: Distribución relativa de la utilidad total de los bancos privados durante el año 2015	28
Gráfico 6: Ingresos, gastos y utilidad neta de los bancos privados durante el año 2015	29
Gráfico 7: Composición de activos del Banco I.M. S.A. de los períodos concluidos de diciembre 2011 a diciembre 2014.....	36
Gráfico 8: Composición de los pasivos de Banco I.M. S.A. del período de diciembre 2011 a diciembre 2015	37
Gráfico 9: Composición del patrimonio de Banco I.M. S.A. del período de diciembre 2011 a diciembre 2015	38
Gráfico 10: Utilidades de Banco I.M. S.A. de los períodos de diciembre 2011 a diciembre 2015	39
Gráfico 11: Calce de plazo del Banco I.M S.A. en colones al 31 de marzo de 2016 (dolarizado)	71
Gráfico 12: Calce de plazo del Banco I.M S.A. en dólares al 31 de marzo de 2016	72
Gráfico 13: Distribución del portafolio según el sector público y privado, datos en dólares al 31 de marzo de 2016	75
Gráfico 14: Composición del portafolio por emisor, datos en dólares al 31 de marzo de 2016	76
Gráfico 15: Distribución del portafolio de Banco I.M. S.A. por país, con datos en dólares al 31 de marzo de 2016	77
Gráfico 16: Distribución del portafolio de Banco I.M. S.A. por emisor, con datos dolarizados al 31 de marzo de 2016.	78
Gráfico 17: Diversificación del portafolio del Banco I.M. S.A. por moneda, con datos en dólares al 31 de marzo de 2016.....	79
Gráfico 18: Distribución del portafolio de Banco I.M. S.A. por emisor y calificación de riesgo, datos en dólares al 31 de marzo de 2016	80
Gráfico 19: Distribución del portafolio en dólares del Banco I.M. S.A. por emisor al 31 de marzo de 2016	82
Gráfico 20: Rendimientos al vencimiento de los bonos del tesoro de Estados Unidos en el mes de marzo 2016	90
Gráfico 21: Países cuya calificación es AAA al 31 de marzo de 2016.....	91
Gráfico 22: Curva de rendimiento soberana de los bonos AAA de 1 mes a 30 años según la negociación del 28 de abril de 2016	92
Gráfico 23: Rendimientos de las empresas Microsoft Corp. y Jhonson & Jhonson versus la curva soberana de Bonos del Tesoro de Estados Unidos al 28 de abril de 2016	94
Gráfico 24: Análisis técnico del precio del fondo CAUSX al 28 de abril de 2016	95

Capítulo I: Marco Introdutorio

Introducción

Dada la naturaleza de la intermediación financiera que realizan las entidades bancarias, es común encontrar que se tienen altas sumas de efectivo provenientes, por ejemplo, de los ahorros de clientes, de la captación por la emisión de los certificados a plazo, o bien de los recursos otorgados por los bancos corresponsales con el fin de otorgar créditos que promuevan el desarrollo del país.

Al estar estos recursos disponibles, los bancos deben realizar una gestión de su liquidez de forma tal que se inviertan estos recursos en instrumentos financieros a plazos que permitan el cumplimiento de sus obligaciones y que estos generen una rentabilidad que permita minimizar el costo financiero inicial del origen de los recursos.

Con motivo de esta gestión de liquidez, la Superintendencia General de Entidades Financieras (SUFEF) emite el 30 de agosto de 2013 el Acuerdo 17-13, el cual sugiere algunos instrumentos donde se deben realizar inversiones en forma mensual para garantizar una gestión de liquidez de los activos de calidad de los bancos.

La gestión de liquidez como tal está a cargo del Departamento de Tesorería del Banco I.M. S.A., el cual durante el mes se encarga de colocar los recursos líquidos en los instrumentos que permitan generar una rentabilidad en inversiones cuyos instrumentos están autorizados según el Acuerdo 17-13.

Este proyecto pretende elaborar una estrategia que permita invertir los fondos de alta calidad de corto plazo del Banco I.M. S.A. en forma diaria, mediante el análisis y evaluación de instrumentos financieros internacionales cuya calificación se ajuste a lo solicitado en el marco regulatorio y permita generar una rentabilidad del portafolio de inversión.

Problema

Dado que en la actualidad se encuentra en consulta la modificación del Acuerdo de la Superintendencia General de Entidades Financiera (SUGEF) 17-13 , cambio que se basa en que las inversiones de alta calidad deben estar invertidas en instrumentos financieros cuya calificación internacional sea AA- o de menor riesgo, se pretende establecer una estrategia para las inversiones que se realizan a corto plazo de manera que se adecuen al cambio que se gestiona en la normativa, tomando en cuenta el dinamismo del mercado internacional y que se logre obtener una rentabilidad en este portafolio de inversión.

Justificación

El objetivo del trabajo es elaborar una estrategia de inversión del portafolio de fondos de activos líquidos de alta calidad del Banco I.M. S.A., utilizando como base la Teoría Moderna de Cartera de Harry Markowitz, los principios de planificación de cartera y la línea de mercado de capitales e instrumentos que ofrece un mercado organizado a corto plazo, de acuerdo con la regulación establecida por la Superintendencia General de Entidades Financieras.

El Grupo Financiero al cual pertenece el Banco tiene actualmente presencia a nivel de Centroamérica, México, Miami, Colombia y República Dominicana. Sus esfuerzos se dirigen a diferentes negocios como la banca de personas, banca corporativa, bursátiles, patrimoniales y de seguros. Adicionalmente, atiende diferentes sectores como industria, comercio y servicios para propiciar el desarrollo económico. La casa matriz se encuentra en Nicaragua y desde ahí dirige las operaciones que se ejecutan en los diferentes países con el fin de lograr una integración en cada uno de los servicios que brindan a sus clientes, potenciando la calidad y atención personalizada.

En Costa Rica, el ente que regula el sistema financiero es el Consejo Nacional de Supervisión del Sistema Financiero (CONASSIF), quien, por medio de la Superintendencia General de Entidades Financieras (SUGEF), emite la normativa por la cual se deben registrar todos los bancos regulados.

El regulador, atendiendo a las recomendaciones que emite el Comité de Basilea de Supervisión Bancaria originadas luego de la crisis económica surgida en el año 2008 en Estados Unidos de América, emite el 30 de agosto del 2013 el *Acuerdo SUGEF 17-13 del Reglamento sobre la administración del riesgo de liquidez*, estableciendo los parámetros adecuados para que cada banco establecido en Costa Rica gestione los fondos que mantiene a corto plazo de manera que pueda evitar problemas de liquidez.

Según el Acuerdo SUGEF 17-13, se indica en su artículo No.16 que los fondos líquidos de alta calidad deben ser invertidos en instrumentos cuya calificación internacional de riesgo deba ser de AA- o de menor riesgo.

Bajo el marco regulatorio anteriormente expuesto, la administración del banco indica que los fondos líquidos provienen de una combinación de pasivos, estos pasivos incluyen saldos a la vista, saldos a plazo de clientes en general, adicional a los saldos de préstamos internacionales dados por los bancos corresponsales. El costo promedio de estos pasivos ronda el 5 por ciento. En este sentido, estos fondos, cuando no son colocados en operaciones de crédito, se mantienen en instrumentos cuyos rendimientos generan alrededor de un 2 a 2.5 por ciento de rendimiento anualizado durante 29 días, los cuales son trasladados el día 30 a un ente internacional para ser invertidos en fondos que cumplan con la calificación de riesgo indicada en la normativa. En estas operaciones de inversión, el rendimiento es cercano al cero por ciento.

Ahora bien, este proceder es permitido dado que la información que se envía al ente rector es mensual y permite minimizar el costo financiero de los fondos, entre tanto se logren colocar como operaciones crediticias. Sin embargo, esta normativa se encuentra en consulta para su modificación y uno de los principales cambios se relaciona con las

inversiones, dado que deberían ser reportadas en forma diaria, lo cual cambiaría la metodología de inversión únicamente en instrumentos de calificación AA- o de menor riesgo, lo que causaría, por consiguiente, que la rentabilidad de estos fondos que deben mantenerse por normativa de manera líquida disminuya sustancialmente.

Este documento pretende brindar al gestor de los fondos de activos líquidos de alta calidad una estrategia que permita encontrar en el mercado instrumentos financieros cuya calificación se ajuste a lo solicitado en el marco regulatorio y que permita, por medio de una diversificación de portafolio, minimizar el impacto de concretarse la entrada en vigencia de la normativa que se encuentra en consulta.

Al utilizar la teoría de Markowitz, se estaría analizando dentro del mercado de instrumentos de corto plazo la diversificación del riesgo, el cálculo de las betas y la relación entre riesgo-rendimiento, lo cual puede ser un factor determinante en la toma de decisiones.

Finalmente, al ser esta una gestión de la liquidez, se deben tomar en cuenta características de los valores a corto plazo como su vencimiento, el riesgo de incumplimiento, la facilidad de venta e, incluso, su tratamiento fiscal.

Alcance

El ambiente externo del Banco I.M. S.A. que se investigará será el de Costa Rica y Estados Unidos de América. Sin embargo, las leyes y marcos normativos aplicables serán las del territorio nacional. Para la calificación de riesgo, se utilizarán las compañías Moody's, Standard and Poor's y Fitch. Para el análisis financiero se tomarán como base las principales técnicas cálculos de beta, rendimiento y aquellas otras utilizadas por el Banco I.M. S.A.

Por otra parte, de acuerdo a la agencia calificador de riesgo Standard and Poor's, Costa Rica goza de una calificación de país de BB por lo que cualquier instrumento emitido

no podría alcanzar la calificación mínima solicitada en el Acuerdo 17-13 de AA- o de menor riesgo.

Para el ambiente interno, se realizará un perfil de la organización, de manera que se enfatice con mayor detalle en las unidades y actividades que se relacionen únicamente con la gestión de liquidez de las inversiones de corto plazo provenientes de la combinación de pasivos que incluyen saldos pasivos a la vista, saldos pasivos a plazo - ambos con clientes en general- y los préstamos internacionales dados por los bancos corresponsales.

En toda la documentación del Trabajo Final de Graduación se utilizará el nombre de fantasía “Banco I.M. S.A.” para no revelar el nombre oficial del banco en estudio, por solicitud explícita y condición de la administración de la empresa.

El proyecto elaborará una estrategia que permita invertir los fondos de alta calidad de corto plazo del Banco I.M. S.A. mediante el análisis y evaluación de instrumentos financieros internacionales cuya calificación se ajuste a lo solicitado en el marco regulatorio y permita generar una rentabilidad del portafolio de inversión. El criterio obligatorio para considerar cumplidos los objetivos será la validación de la estrategia por parte de la Gerencia Financiera y la evaluación de su satisfacción con el producto del proyecto. La implementación será responsabilidad del Banco I.M. S.A.

El estudio analizará y aplicará instrumentos internacionales que se negocien en las bolsas de valores de Estados Unidos de América durante último y primer cuatrimestre de los años 2015 y 2016 respectivamente. En la selección de esos instrumentos, se tomará en cuenta la calificación de riesgo, rendimiento y plazo que imperen según las condiciones de mercado presentes en esos períodos.

En la determinación de la disponibilidad de fondos para realizar la inversión, se analizarán las cuentas corrientes y las cuentas contables que integran los estados financieros del Banco I.M. S.A. de los meses del primer cuatrimestre del año 2016.

Objetivo general

Elaborar una estrategia que permita invertir los fondos de alta calidad de corto plazo del Banco I.M. S.A., mediante el análisis y evaluación de instrumentos financieros internacionales cuya calificación se ajuste a lo solicitado en el marco regulatorio y permita generar una rentabilidad del portafolio de inversión.

Objetivos específicos

1. Objetivo I: Definir la situación actual de sistema financiero en el que opera el Banco I.M. S.A., y el marco teórico enfocado en la gestión de liquidez de activos de líquidos de alta calidad.
2. Objetivo II: Describir el perfil del Banco I.M. S.A., examinando su estructura estratégica, organizativa y operativa, para comprender su posición en el entorno del mercado costarricense.
3. Objetivo III: Analizar el proceso de inversión en instrumentos de corto plazo que integran el portafolio de inversiones de alta calidad del Banco I.M. S.A.
4. Objetivo IV: Evaluar y proponer una estrategia que permita la inversión en instrumentos de corto plazo que tengan una calificación de AA- para el portafolio de inversiones de alta calidad ajustados al Acuerdo 17-13 de la SUGEF.

Distribución capitular

Para comenzar, se definirá la situación actual del sistema financiero costarricense en el que opera el Banco I.M. S.A. y el marco teórico enfocado en la gestión de liquidez de

activos líquidos de alta calidad para tener el conocimiento necesario de los instrumentos, calificaciones de riesgo y las teorías aplicables.

En el segundo capítulo, se describirá el perfil del Banco I.M. S.A., examinando su estructura estratégica, organizativa y operativa para comprender su posición en el entorno del mercado costarricense. Al conocer la empresa, se podrá trabajar de acuerdo con sus lineamientos y objetivos.

El capítulo tercero analizará el proceso de gestión de liquidez que realiza el Departamento de Tesorería del banco en inversiones de corto plazo que integran el portafolio de inversiones de alta calidad del Banco I.M. S.A.

Seguidamente, el capítulo cuarto presentará la estrategia que permita la inversión de los instrumentos de corto plazo con calificaciones de AA- o superior diariamente asegurando cumplir con el Acuerdo 17-13 de la SUGEF.

Finalmente, el capítulo quinto planteará una serie de conclusiones y recomendaciones, la cuales serán el producto de toda la presente investigación, a razón de que el Banco I.M. S.A. pueda aplicar cambios en su gestión si fuese necesario.

Metodología

El tipo de investigación por desarrollar corresponde a un enfoque descriptivo, el cual pretende caracterizar el proceso de inversión que realiza el Banco I.M. S.A. para la colocación del efectivo en instrumentos que se adecúen a la normativa actual. De acuerdo con ese proceso, el tipo de investigación adoptado consiste en llegar a conocer las condiciones predominantes a través de la descripción de las actividades, requerimientos normativos, condiciones de mercado y funcionarios involucrados en el proceso.

Además de la recolección de datos, la investigación se orientará a exponer y resumir la información y analizar los resultados, con el objetivo de proponer alternativas de inversión que cumplan con los límites establecidos por la Superintendencia General de Entidades Financieras.

Con la finalidad de efectuar satisfactoriamente los objetivos de la presente investigación, se formuló la siguiente metodología de trabajo:

Planificación

En esta fase se busca definir las estrategias que se seguirán durante el desarrollo del proyecto, mediante una guía que permita llevar a buen término la propuesta del trabajo. Esta guía consiste en los siguientes puntos:

Fuentes y técnicas para la Recolección de Información:

Fuentes Primarias

Obtención de información en forma directa de la Gerencia Financiera del Banco I.M. S.A., con documentos tales como reglamentos, manuales de funciones, políticas y procedimientos, estados financieros, análisis de estados financieros, así como también algunos de sus principios como la misión, visión y clientes potenciales.

Compilar información a través de la observación directa de los procesos involucrados en la inversión del efectivo en instrumentos financieros, así como los criterios utilizados para mantener la liquidez de esas inversiones.

Fuentes Secundarias

La información que se trata de consultar en esta fuente se encuentra relacionada con el material bibliográfico que sirva de base para los criterios de evaluación y criterio en el momento de establecer la estrategia de inversión. En esta sección, se realizarán consultas de leyes, reglamentos vigentes para las inversiones de alta liquidez en Costa Rica, manuales

de investigación, información publicada en la web, trabajos de investigación relacionados con la gestión de liquidez.

Objetivo 1: Definir la situación actual de sistema financiero en el que opera el Banco I.M. S.A., y el marco teórico enfocado en la gestión de liquidez de activos de líquidos de alta calidad.

Fuentes primarias y secundarias

Asociación Bancaria Costarricense (ABC), Superintendencia General de Entidades Financieras, Acuerdos Basilea.

Métodos

Revisión y análisis documental e indagación. Se utilizarán como instrumentos para la obtención de la información relacionada al tema en el Acuerdo de SUGEF 17-13, libro sobre fundamentos de finanzas corporativas y de inversiones de Stephen A. Ross y Lawrence J. Gitman.

Objetivo 2: Describir el perfil del Banco I.M. S.A., examinando su estructura estratégica, organizativa y operativa, para comprender su posición en el entorno del mercado costarricense.

Fuentes primarias y secundarias

Institución bancaria del sector financiero costarricense.

Métodos

Observación, entrevistas, indagación, revisión documental. Se utilizarán como instrumentos para la obtención de la información relacionada con el tema los manuales de procedimientos y políticas con las que cuenta la empresa, misión, visión y características generales de la empresa.

Objetivo 3: Analizar el proceso de inversión en instrumentos de corto plazo que integran el portafolio de inversiones de alta calidad del Banco I.M. S.A.

Fuentes primarias y secundarias

Gerencia Financiera y Tesorería del Banco I.M. S.A.

Métodos

Revisión y análisis documental, observación e indagación. Documentación de la tesorería, manual de procedimientos, políticas del banco y análisis de los instrumentos sujetos a inversión.

Objetivo 4: Evaluar y proponer una estrategia que permita la inversión en instrumentos de corto plazo que tengan una calificación de AA- para el portafolio de inversiones de alta calidad ajustados al Acuerdo 17-13 de la SUGEF.

Métodos

Análisis, observación y recomendación de los instrumentos financieros en el mercado internacional que permitan al Banco I.M. S.A. obtener una rentabilidad.

Perspectivas teóricas

A continuación, se presentarán las perspectivas teóricas que serán la base para fundamentar el estudio, de manera que se puedan comprender de una mejor forma los conceptos básicos y técnicos. Dentro de las principales fuentes de información que se han seleccionado como referencia, se encuentran autores reconocidos en finanzas y bolsas de valores, los cuales han escrito sus teorías en importantes libros que son utilizados para la enseñanza universitaria y profesional.

Las definiciones teóricas que se describirán ayudarán al lector a tener una mayor comprensión sobre el desarrollo del estudio y el objetivo que se persigue, de manera tal que los tecnicismos puedan ser asimilados y aplicados por este al final del estudio.

Estrategia financiera

Para entender el concepto de “estrategia financiera” se debe desglosar en dos partes. Por un lado, determinar qué es “estrategia” y por otro, definir la palabra “financiera”. De acuerdo con la Real Academia Española (Real Academia Española, 2015), la estrategia proviene del latín *strategiā* “provincia bajo el mando de un general”, cuya definición para los efectos del presente estudio es “en un proceso regulable, conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento”. Desde ese punto de vista, se puede decir que la estrategia es el proceso seleccionado a través del cual se prevé alcanzar un cierto estado u objetivo futuro.

Ahora bien, la Real Academia Española (Real Academia Española, 2015) también define la palabra “financiera” como “perteneciente o relativo a la hacienda pública, a las cuestiones bancarias y bursátiles o a los grandes negocios mercantiles”. De esta manera, se puede relacionar la palabra financiera, para efectos del estudio, con todo lo relacionado con operaciones de bancos o puestos de bolsa.

Uniendo ambos conceptos, la “estrategia financiera” se puede definir como un proceso seleccionado a través del cual se pueden alcanzar objetivos bancarios, bursátiles o de negocios mercantiles. Para los efectos de esta investigación, se trata de definir una estrategia financiera que alcance un objetivo bursátil mediante el cual se logre una rentabilidad.

Planificación financiera

Una “planificación financiera” consiste en determinar cuál es el campo de acción que incluya las diferentes variables tanto internas como externas, que permitan establecer la misión, es decir, lo que se quiere alcanzar y para qué (Finanzas prácticas , 2015). Luego, se define si esos objetivos se van a plantear a largo o corto plazo, lo cual podrá dar sentido a las actividades financieras que se realicen en el transcurso del proyecto que se desea cumplir.

Ahora bien, el plan debe ser conformado de forma realista con el fin de aprovechar las oportunidades y evitar las amenazas que se presenten en el entorno. Un plan realista también debe contemplar la normativa existente, dado que esta puede dictar normas importantes a seguir por parte del planificador financiero.

En la elaboración del plan financiero, se deben incluir variables como la gestión de liquidez, portafolios de inversión, riesgo, rendimiento, calificadoras de riesgo, activos de calidad, instrumentos financieros, valor razonable de las inversiones y tener claro qué son los mercados de capitales y de dinero, tanto locales como internacionales, en los cuales se pueden hacer negociaciones de mercado primario, secundario, así como sus participantes.

Gestión de liquidez

Una “gestión de liquidez” es realizar adecuadamente la inversión del dinero o efectivo que se mantiene ocioso o que resulta de la operativa diaria de un negocio en marcha. Para el presente estudio, se debe tomar en cuenta que la gestión de liquidez que se realiza es en una entidad bancaria regulada en el mercado local, lo que hace que el principio de gestión de liquidez se convierta en un riesgo importante, dada la crisis financiera que ha impactado al mundo desde el año 2008.

En Costa Rica, el ente encargado de la regulación de la gestión de liquidez es la Superintendencia General de Entidades Financieras (SUGEF), la cual, mediante el Artículo 7 del acta de la sesión 1058-2013 celebrada el 19 de agosto del 2013, publica en el diario oficial La Gaceta N° 166 del 30 de agosto del 2013 el *Reglamento sobre la Administración del Riesgo de Liquidez* (SUGEF, 2013).

Este reglamento está basado en los acuerdos tomados por el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea en su documento *Principios para la Adecuada Gestión y Supervisión del Riesgo de Liquidez* emitido en el 2008 en el cual se indica: “que el gobierno corporativo y las políticas que este establezca en congruencia con su tolerancia al riesgo, la gestión integrada de riesgos, el desarrollo de planes de contingencia y el mantenimiento de un amortiguador suficiente de activos líquidos de calidad para satisfacer necesidades contingentes de liquidez, corresponden a los elementos claves de un marco robusto de administración de riesgo de liquidez” (Basilea, 2009).

Activos líquidos de calidad

Para la determinación de un activo líquido de calidad, primero se debe comprender que el término “liquidez” se refiere a la rapidez con la que se puede disponer de ese activo, así, a nivel contable, los activos se clasifican y ordenan en balance de situación, según la *Norma Internacional de Contabilidad 1* (NIC 1), como activos corrientes (muy líquidos) y no corrientes (menos líquidos).

En primera instancia, los activos corrientes se refieren aquellos que cumplen las siguientes características (Foundation, 2001):

- a) espera realizar el activo, o tiene la intención de venderlo o consumirlo en su ciclo normal de operación;
- b) mantiene el activo principalmente con fines de negociación;
- c) espera realizar el activo dentro de los doce meses siguientes después del período sobre el que se informa;

- d) el activo es efectivo o equivalente al efectivo (como se define en la NIC 7) a menos que éste se encuentre restringido y no pueda ser intercambiado ni utilizado para cancelar un pasivo por un ejercicio mínimo de doce meses después del ejercicio sobre el que se informa.

La *Norma Internacional de Contabilidad 1* lo que permite es identificar que las partidas corrientes son aquellas como el efectivo, cuentas por cobrar, inventarios entre otros, pero para determinar la calidad de un activo. Por otra parte, la definición que brinda la Superintendencia Financiera de Colombia indica que se considerarán activos líquidos aquellos de fácil realización, que forman parte del portafolio de la entidad o aquellos que hayan sido recibidos como colaterales en las operaciones activas del mercado monetario, no hayan sido utilizados posteriormente en operaciones pasivas en el mercado monetario y no tengan ninguna restricción de movilidad. Adicionalmente, resalta que en esta categoría no se deben incluir aquellos activos utilizados como garantías en operaciones pasivas del mercado monetario o sujetos a cualquier tipo de gravamen, medida preventiva o de cualquier naturaleza que impida su libre cesión o transferencia (Colombia, 2014).

Finalmente, la definición de no corrientes que muestra la *Norma Internacional de Contabilidad 1* pág. No.11 indica lo siguiente: “Los demás activos que no son efectivo, cuentas por cobrar e inventarios, se consideran activos no corrientes”.

Portafolio de inversión

El “portafolio de inversión” se puede definir como la selección de documentos que se cotizan en el mercado bursátil y en los que una persona o empresa deciden colocar o invertir su dinero. Generalmente, está compuesto por una combinación de instrumentos de renta fija o renta variable (UNAM, 2010).

El proceso de selección de un portafolio consta de dos etapas:

1) Comienza con la observación y la experiencia, y termina con las expectativas del comportamiento futuro de los valores.

2) Se inicia con las expectativas y finaliza con la selección del portafolio.

Para poder realizar la selección de un portafolio, se deben considerar ciertas características generales del inversionista, ya sea para clientes que desean realizar inversiones de forma individual, o bien, a nivel de empresas. Entre las características que se suelen estudiar se encuentran las siguientes:

- a) Capacidad de ahorro.
- b) Objetivo que se persigue al comienzo de invertir.
- c) Tasa de rendimiento mayor a la inflación pronosticada.
- d) Determinación del plazo en el que se pueda mantener invertido el dinero.
- e) Riesgos por asumir (“Mayor riesgo, mayor rendimiento”).
- f) Diversificación del portafolio (disminuir el riesgo).

También se debe tomar en cuenta que, de acuerdo al perfil de riesgo que cada inversionista obtenga, los portafolios serían clasificados como:

- Conservador: donde su objetivo es preservar el capital y tener máxima seguridad.
- Moderado: una mezcla entre renta y crecimiento, basado en la diversificación de activos financieros para mitigar el riesgo.
- Crecimiento: que busca la apreciación del capital invertido con mayor ponderación hacia las acciones y fondos.
- Crecimiento Agresivo: 100% de renta variable, selecciona acciones de pequeña y mediana capitalización, asume gran volatilidad.
- Portafolio Especulativo: puede hacer cualquier cosa, basado en rumores y datos, hay gran riesgo buscando grandes retornos.

Teoría moderna del portafolio

La “teoría moderna del portafolio” es una teoría de inversión que estudia cómo maximizar el rendimiento y minimizar el riesgo, mediante selección de inversiones que integren el portafolio. Fue originada por Harry Markowitz, autor de un artículo sobre selección de cartera publicado en 1952. La “Teoría moderna de la selección de cartera” (*Modern Portfolio Theory*) propone que el inversor debe abordar la cartera como un todo, es decir, estudiando las características de riesgo y rendimiento de manera global en lugar de escoger instrumentos individuales en virtud del retorno esperado de cada valor en particular (Joehnk, 2009).

En la teoría, se toma en consideración el rendimiento esperado a largo plazo de los títulos que integran una cartera o portafolio, junto con la volatilidad esperada en el corto plazo. La volatilidad se trata como un factor de riesgo, es decir, que existe una correlación que se puede explicar en que si la volatilidad de un título es muy alta, será por consiguiente más riesgosa, pero, si es poco volátil, será menos riesgosa. De esta manera, la cartera se conforma en virtud de la tolerancia al riesgo de cada inversor en particular, tal y como se explicó en la definición de portafolio.

En el modelo desarrollado por Markowitz, se establece que los inversionistas tienen una conducta racional a la hora de seleccionar su cartera de inversión y, por lo tanto, siempre buscan obtener la máxima rentabilidad sin tener que asumir un alto nivel de riesgo.

Para poder integrar un portafolio equilibrado, se debe utilizar la diversificación. Al diversificar las inversiones en diferentes mercados y plazos, se disminuyen las fluctuaciones en la rentabilidad total de la cartera y, por lo tanto, también del riesgo. En los mercados de valores actuales, los precios de las inversiones se encuentran en un cambio constante por lo que un portafolio diversificado produce un efecto de reducción en la variación de los precios de las inversiones seleccionadas, en especial, cuando existen movimientos fuertes ocasionados como en la crisis financiera del 2008.

Rendimiento

Al analizar el rendimiento, debe ser tratado de acuerdo según la inversión, puesto que depende de si esta es en títulos valores, proyectos de corto o a largo plazo, maquinarias de producción, entre otros. Existen muchas definiciones, pero para los efectos del presente estudio se puede entender como “rendimiento” a la ganancia o pérdida total que experimenta el propietario de una inversión durante determinado período y que se expresa como: un porcentaje de cambio en el valor de un activo, en este caso específico de una inversión en títulos valores más cualquier distribución de efectivo durante un período respecto al valor del mismo al inicio del período (Solé, 2011).

El rendimiento de una inversión tiene 2 componentes:

1. De ingreso: retribución directa mientras se posee la inversión (en una acción es el dividendo).
2. De capital: ganancia o pérdida (variación) sobre el valor o precio actual de la inversión respecto de cuando fue adquirida (se realice o no, es decir, se venda o no).

Riesgo

Se puede decir que el “riesgo” es la parte no esperada del rendimiento, es decir, que se deriva de las sorpresas. Esto significa que, si siempre se recibiera con exactitud lo esperado, la inversión sería del todo previsible y, por definición, sin riesgos. Ahora bien, también se puede decir que es la probabilidad de enfrentar una pérdida financiera y, en un concepto ampliado, es la variabilidad de los rendimientos relacionados con un activo específico (incertidumbre) (Solé, 2011).

En este sentido, cuando se realiza un análisis de riesgo, se debe tomar en cuenta que el riesgo se divide de la siguiente forma:

Riesgo sistemático: aquel que influye en muchos activos (riesgo del mercado). Es la primera forma de sorpresa y tiene efecto en todo el mercado como, por ejemplo, la inflación, tasas de interés, PIB, entre otros.

Riesgo no sistemático: aquel que influye en una cantidad pequeña de activos. Es la segunda forma de sorpresa y tiene efecto en un segmento de la economía como, por ejemplo, las huelgas de sindicatos (Jordan, 2010).

Riesgo de liquidez

El “riesgo de liquidez “se produce cuando, a corto plazo, una entidad tiene dificultades para atender a sus compromisos de pago en el tiempo y forma previstos o que, para atenderlos, se tenga que recurrir a la obtención de fondos en condiciones anormales o que deterioren la imagen o reputación de la entidad. A mediano plazo, reduce la idoneidad de la estructura financiera de la sociedad y su evolución, en el marco de la situación económica, de los mercados y de los cambios regulatorios (Banco BBVA España, 2013).

De este modo, los bancos a nivel mundial deben de velar por una correcta gestión de liquidez apegándose a las recomendaciones que ha brindado el Comité de Supervisión Bancaria Basilea III. En Costa Rica, las recomendaciones del Comité han sido adoptadas por la Superintendencia General de Entidades Financieras (SUGEF) en el *Acuerdo 17-13 Reglamento sobre la administración del riesgo de liquidez*.

Instrumentos financieros

Un “instrumento financiero” es una herramienta intangible, un servicio o producto ofrecido por una entidad financiera, intermediario, agente económico o cualquier ente con

autoridad y potestad necesaria para poder ofrecerlo o demandarlo. Su objetivo es satisfacer las necesidades de financiación o inversión de los agentes económicos de una sociedad (familias, empresas o Estado), lo que da circulación al dinero generado en unos sectores y trasladándolo a otros sectores que lo necesitan para generar a su vez riqueza. Además, busca satisfacer las necesidades monetarias que surgen en los agentes, ya sean para financiarse o para invertir, todo ello a cambio de unas condiciones que regirán el precio que se percibirá por el servicio prestado en un momento determinado. Lo anterior quiere decir que dentro del sistema financiero y, más concretamente, dentro de los mercados financieros, las entidades financieras se sirven de instrumentos financieros para satisfacer las necesidades de financiación o inversión de los agentes económicos (familias, empresas y Estado) de la forma más eficiente y óptima posible, distribuyendo los recursos financieros entre los sectores económicos que lo necesitan (Empresariales, 2008).

De acuerdo con esas necesidades, los instrumentos se analizan desde dos puntos de vista:

- El prestamista: es el agente que deja el dinero a otro a cambio de un precio. El prestamista también tiene la figura de un inversor, ya que por el préstamo que está haciendo obtendrá un precio que se traducirá en un beneficio o rendimiento a su favor.
- El prestatario: es quien recibe el dinero del prestamista y, a cambio, tendrá que devolver el dinero que ha recibido más el precio pactado y que supone para él un coste, al contrario que para el prestatario.

Inversiones al valor razonable

Uno de los tantos métodos para determinar el valor razonable de las inversiones en instrumentos financieros se puede obtener de la Norma Internacional de Contabilidad NIC 39, la cual, en su párrafo IN18, indica las siguientes características (IASCF, 2008):

1. El objetivo es establecer qué precio se habría tenido en la fecha de la medición, para una transacción realizada en condiciones de independencia mutua y motivada por las consideraciones normales del negocio.
2. Una técnica de valoración (a) incorporará todos los factores que los **participantes** en el mercado considerarían al establecer un precio, y (b) será coherente con las metodologías económicas aceptadas para la determinación de precios de los instrumentos financieros.
3. Al aplicar técnicas de valoración, se utilizará estimaciones e hipótesis que sean congruentes con la información disponible sobre las estimaciones e hipótesis que los participantes en el mercado utilizarían al establecer un precio para el activo financiero.
4. La mejor estimación en el momento del reconocimiento inicial del valor razonable de un instrumento financiero que no cotiza en un mercado activo, será el precio de transacción, a menos que el valor razonable del instrumento se ponga de manifiesto considerando otras transacciones observables del mercado o esté basado en una técnica de valoración cuyas variables sólo incluyan datos de mercados observables.

Calificadoras de riesgo

Las “sociedades calificadoras de riesgo” son sociedades anónimas que tienen por objeto exclusivo la calificación de riesgo de bancos y otras entidades financieras, compañías de seguros, cooperativas, empresas emisoras de títulos de deudas y títulos accionarios y, en general, todo título valor de oferta pública o privada, representativo de deuda o capital, cuotas de fondos de inversión y cuotas de fondos mutuos.

Estas agencias calificadoras, juegan un papel importante tanto para los inversionistas como para los emisores y entre las más importantes en Estados Unidos se encuentran Standard & Poor’s, Moody’s y Fitch. Entre algunas de sus características se encuentran (Comisión Nacional de Valores de Paraguay, 2011) :

1. Tener una opinión profesional, oportuna e independiente del grado de seguridad de recibir el pago oportuno de intereses y capital de los instrumentos financieros ofrecidos.
2. Poder identificar los factores de riesgo para una adecuada toma de decisiones según su perfil de riesgo.
3. Tener un parámetro de comparación entre diferentes alternativas de inversión.
4. El inversionista debe tener en cuenta que la calificación de riesgo no constituye una sugerencia o recomendación de inversión ni una garantía de emisión, sino un factor complementario que le ayudará a tomar la mejor decisión.
5. Mayor transparencia en la difusión de la información que puede repercutir en menores tasas de financiamiento.
6. Posibilidad de captar fondos de inversionistas institucionales cuyo marco legal requiere la inversión en títulos valores con calificación de riesgo.

Rango de puntuaciones y descripción (*ratings*)

Los *ratings* emitidos por las agencias de calificación vienen expresados en letras, números y signos. Cada una de esas categorías describe una situación diferente en relación con el riesgo de crédito y probabilidad de default. Las de mayor probabilidad de impago se sitúan en el tramo inferior de la escala y se describen como especulativas frente a la categoría superior o de "inversión" (Ruiz, 2007).

Ahora bien, la existencia de diferentes agencias de calificación y su cotidiana utilización por los mercados locales e internacionales, así como por los inversionistas obliga a realizar un "mapeo" o buscar una equivalencia en sus calificaciones. A continuación, se presentarán las equivalencias de escalas de calificaciones de rating a largo plazo entre las agencias Moody's, Standard & Poor's y Fitch.

Cuadro 1: Equivalencias de escalas de calificaciones por agencia calificadoras

Grado	Moody's	Standard & Poor's y Fitch
Grado de inversión	Aaa	AAA
	Aa1	AA+
	Aa2	AA
	Aa3	AA-
	A1	A+
	A2	A
	A3	A-
	Baa1	BBB+
	Baa2	BBB
	Baa3	BBB-
Grado especulativo	Ba1	BB+
	Ba2	BB
	Ba3	BB-
	B1	B+
	B2	B
	B3	B-
	Ca	CCC
	C	CC
		C
		D

Elaboración propia

Capítulo II: Descripción del sector económico y de la empresa

En el presente capítulo, se desarrollará un panorama general del sector económico del sistema bancario costarricense por medio de una descripción sobre la importancia que tiene el sector a nivel nacional, tomando en cuenta los análisis cualitativos y cuantitativos, con lo que se podrá identificar las divisiones de los bancos, que en Costa Rica son comúnmente conocidos como los de capital público o privado, y facilitar la ubicación de Banco I.M. S.A. en la industria de servicios financieros.

En una segunda parte, se le dará al lector una breve reseña sobre la compañía sujeto de análisis en este trabajo de investigación. Adicionalmente, se hará un breve análisis de sus estados financieros con el fin de que se pueda observar en cifras el crecimiento que ha tenido el Banco I.M. S.A. para que haya una base de entendimiento del propósito del negocio.

Sector bancario costarricense

El sistema bancario costarricense está conformado por 17 entidades: 12 privadas, 3 comerciales del Estado y 2 creadas por leyes especiales, todas ellas autorizadas por la Superintendencia General de Entidades Financieras (SUGEF) para captar fondos públicos. A continuación, se detallan los bancos del sector público y bancos del sector privado autorizados por la SUGEF para captar fondos del público.

Cuadro 2: Sistema Bancario Costarricense hasta enero 2016

Tipo de Banco	Nombre de la institución	Nombre de referencia
Bancos Comerciales del Estado	Banco Público A	Banco P.A.
	Banco Público B	Banco P.B.
	Banco Público C	Banco P.C.
Bancos Creados por Ley Especial	Banco Ley Especial A	Banco L.E.A.
	Banco Ley Especial B	Banco L.E.B.
Bancos Privados	Banco Privado A	Banco P.C.A
	Banco Privado B	Banco P.C.B
	Banco Privado C	Banco P.C.C
	Banco Privado D	Banco P.C.D
	Banco Privado E	Banco P.C.E
	Banco Privado F	Banco P.C.F
	Banco Privado G	Banco P.C.G
	Banco Privado I.M. S.A	Banco I.M. S.A.
	Banco Privado H	Banco P.C.H
	Banco Privado I	Banco P.C.I
	Banco Privado J	Banco P.C.J
Banco Privado K	Banco P.C.K	

Fuente: Sugef / Elaboración propia

Participación en la economía costarricense

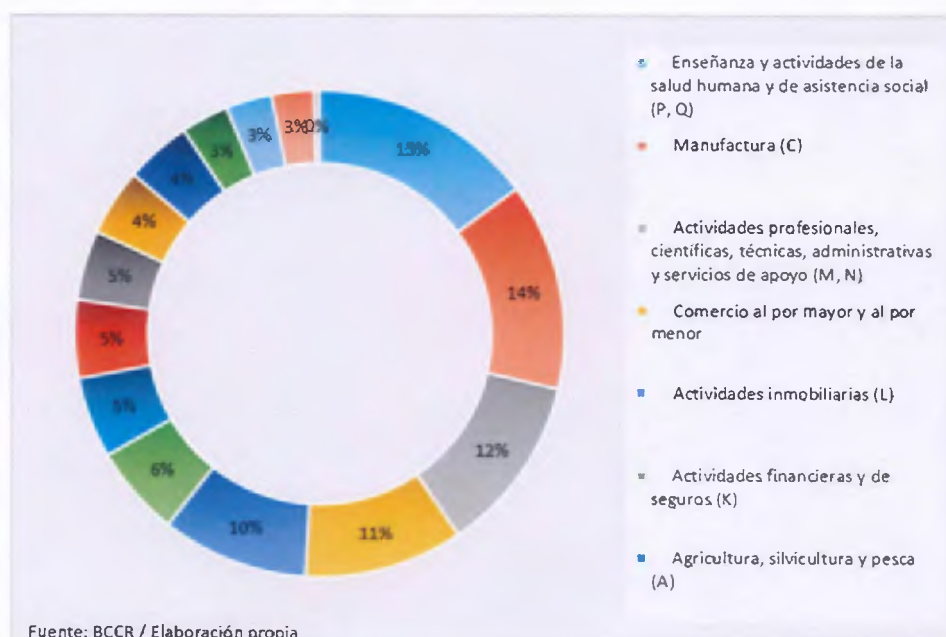
Según los datos del Departamento de Estadística Macroeconómica del Banco Central de Costa Rica, en la composición porcentual del Producto Interno Bruto anual por industria a colones encadenados, los servicios financieros y seguros representaron el 6.02% de la producción en el 2015, proyectando el 6.32% en el 2016 y el 7.01% en el 2017. Dicho sector se encuentra en la sexta posición entre los 12 tipos de industrias identificadas en Costa Rica en el 2015. Adicionalmente, los servicios financieros y seguros contabilizaron ₡1.399.168,7 millones del PIB (Banco Central de Costa Rica, 2016).

Cuadro 3: Composición del Producto Interno Bruto por Industria en colones encadenados del año 2012 al 2017

Composición del PIB	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enseñanza y actividades de la salud humana y de asistencia social (P, Q)	3.242.803,63	3.310.298,80	3.374.228,62	3.446.646,74	3.507.399,85	3.606.799,60
Manufactura (C)	3.155.296,48	3.162.599,79	3.176.142,58	3.188.237,89	3.334.388,04	3.493.206,56
Actividades profesionales, científicas, técnicas, administrativas y servicios de apoyo (M, N)	2.353.838,95	2.516.596,77	2.595.435,89	2.743.858,21	2.947.393,13	3.150.506,61
Comercio al por mayor y al por menor	2.203.235,03	2.272.014,48	2.348.272,32	2.439.577,63	2.542.105,17	2.662.842,01
Actividades inmobiliarias (L)	2.079.035,07	2.121.939,82	2.188.757,67	2.247.896,62	2.310.135,27	2.376.444,73
Actividades financieras y de seguros (K)	1.096.857,11	1.179.364,73	1.272.163,78	1.399.168,79	1.530.044,38	1.627.844,73
Agricultura, silvicultura y pesca (A)	1.264.236,43	1.272.772,05	1.306.357,25	1.255.503,81	1.292.947,32	1.332.331,45
Construcción (F)	1.252.620,80	1.116.225,79	1.133.911,15	1.203.556,46	1.220.225,67	1.283.395,81
Administración pública y planes de seguridad social de afiliación obligatoria (O)	1.014.477,48	1.046.358,23	1.062.524,47	1.068.493,14	1.072.724,94	1.088.722,84
Transporte y almacenamiento (H)	904.190,40	939.198,86	973.608,26	1.037.742,09	1.088.960,80	1.142.866,89
Información y comunicaciones (J)	819.952,54	850.647,65	926.956,69	1.010.530,40	1.108.870,72	1.190.954,41
Otras actividades (R, S, T, U)	659.461,97	668.550,15	703.197,44	734.224,08	765.447,83	797.849,96
Actividades de alojamiento y servicios de comida (I)	617.531,75	660.932,68	684.560,27	703.417,20	733.554,59	763.380,21
Electricidad, agua y servicios de saneamiento (D, E)	650.230,98	564.503,34	585.217,81	649.148,08	686.937,78	706.141,73
Minas y canteras (B)	68.307,93	72.592,89	76.774,64	80.012,09	80.164,08	85.017,79
Total	21.384.088,56	21.756.608,01	22.400.122,84	23.210.028,16	24.223.315,59	25.310.322,33

Fuente: BCCR / Elaboración propia

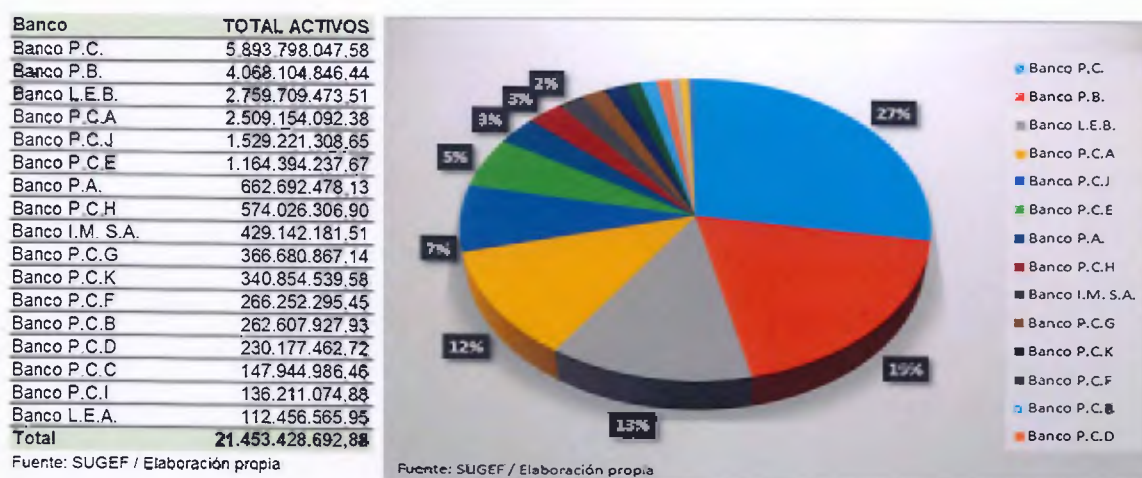
Gráfico 1: Composición relativa del Producto Interno Bruto por Industria del año 2015



Análisis cuantitativo

Los activos totales del Sector Bancario para diciembre del 2015 se concentraron en los cinco bancos principales con un total del 78% (¢16.759.987.768 miles de colones): Banco P.C. (27%), Banco P.B. (19%), Banco L.E.B. (13%), Banco P.C.A. (12%), Banco P.C.J. (7%).

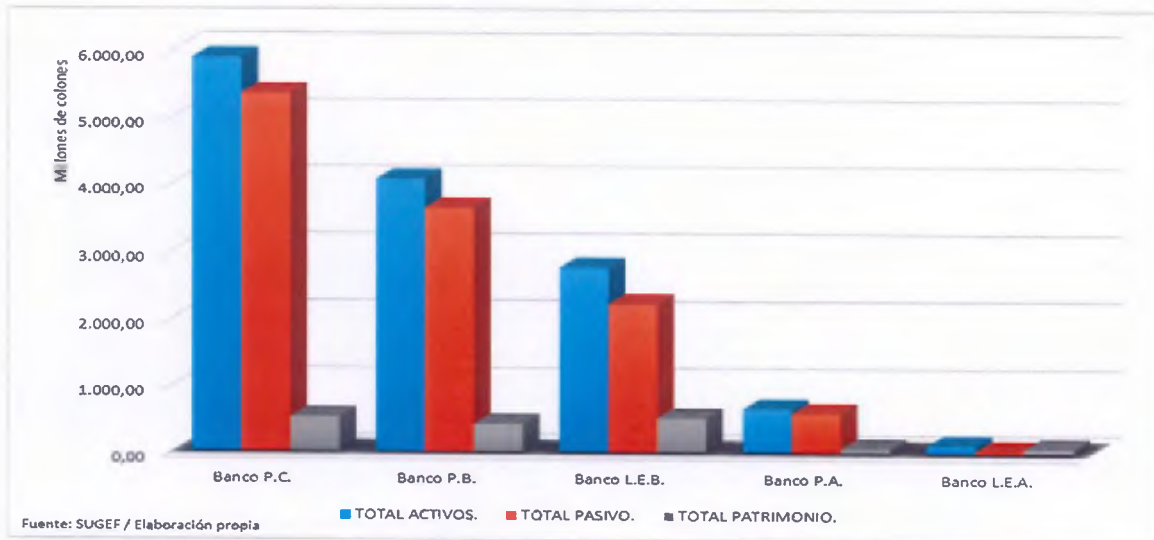
Gráfico 2: Composición relativa y absoluta de activos totales del sector bancario al cierre de diciembre 2015 (en miles de colones)



Al realizar el análisis de la estructura de los activos, pasivos y patrimonio, es importante hacer la separación de los bancos del Estado y los privados, dado que el Banco I.M. S.A. es de capital que no pertenece al Gobierno y, por consiguiente, esta estructura se diferencia de bancos con propósitos específicos como los creados por leyes especiales o bien, con capital del gobierno, ya que los bancos de capital privado buscan la rentabilidad de sus socios, mientras que los otros buscan la satisfacción de la ayuda social, desarrollo económico o específico de un sector.

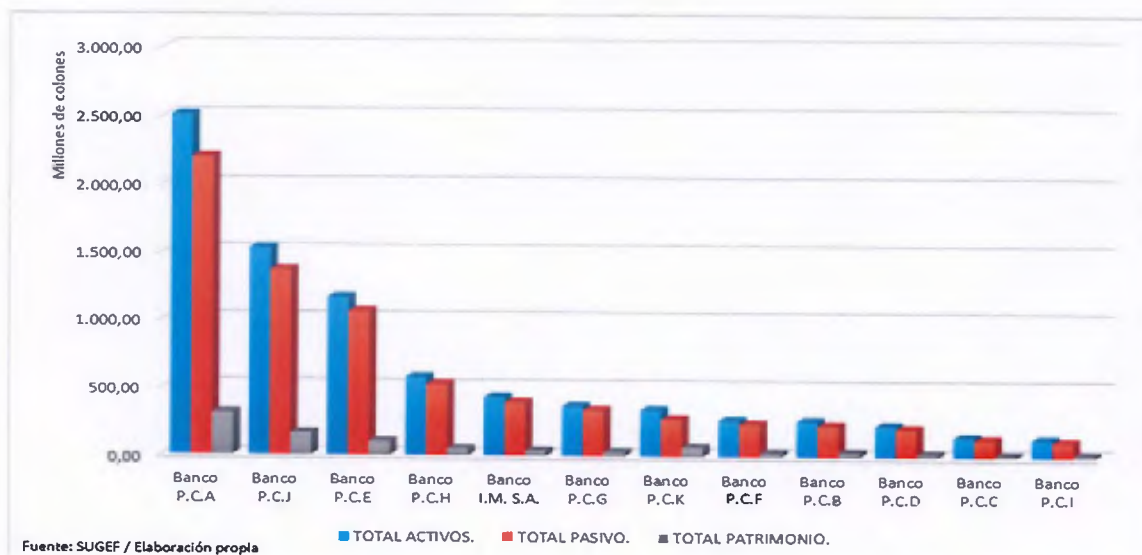
De acuerdo con las cifras que muestra la SUGEF en el cierre del año 2015, entre los bancos del Estado y creados por leyes especiales, el Banco que cuenta con mayor activo, pasivos y patrimonio es el Banco P.C. y en segundo lugar el Banco P.B., aunque este tiene un menor nivel de patrimonio que el Banco L.E.B.

Gráfico 3: Composición de activos, pasivos y patrimonio de bancos del Estados y creados por leyes especiales a diciembre 2015



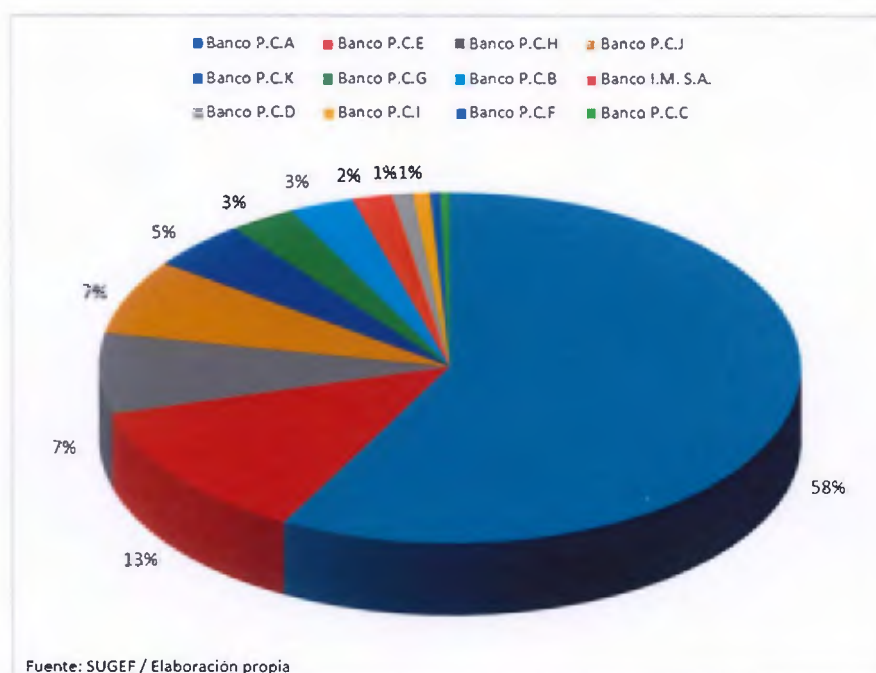
Analizando el sector privado, se puede observar que la composición del balance de situación en términos cuantitativos es alto a nivel de activos, pasivos y patrimonio entre los tres primeros bancos, Banco P.C.A., P.C.J. y P.C.E., lo cual no es un indicativo, como se verá más adelante, de generación de utilidades altas.

Gráfico 4: Composición de activos, pasivos y patrimonio de bancos privados a diciembre 2015



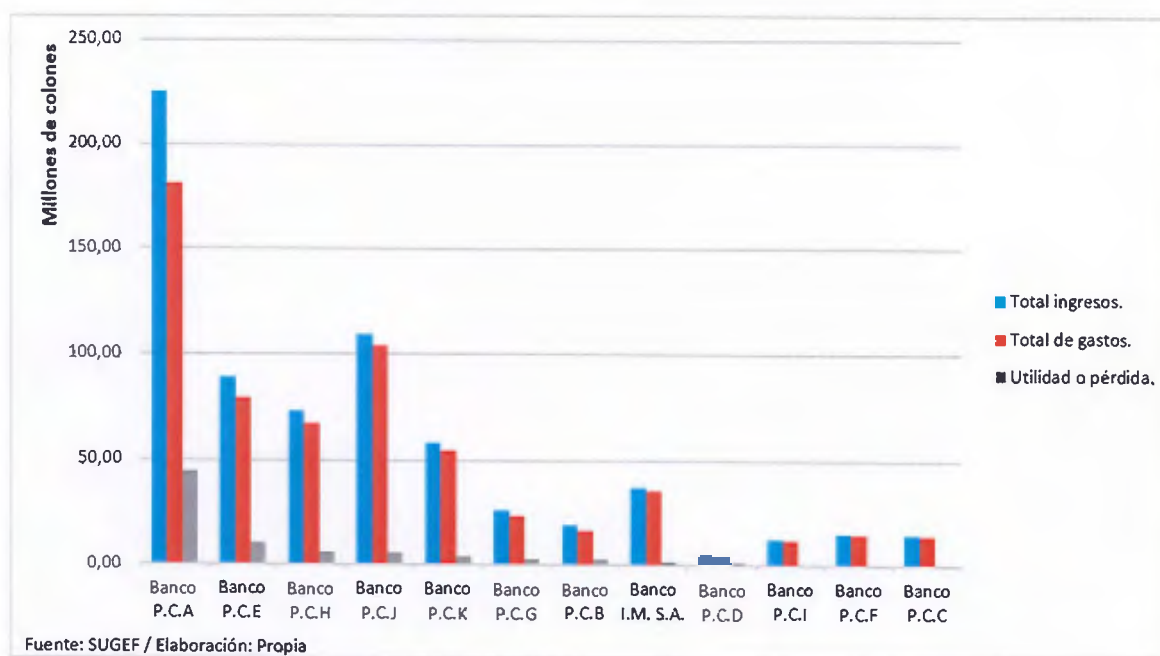
La utilidad neta del sector privado a la fecha de análisis fue de ¢ 76 mil millones y sobre los ingresos financieros representó el 11.21%. Se observa una concentración en las utilidades netas del sector del 85.5% en los cinco bancos más rentables: Banco P.C.A., Banco P.C.E., Banco P.C.H. y Banco P.C.J.

Gráfico 5: Distribución relativa de la utilidad total de los bancos privados durante el año 2015



Se puede deducir también que no necesariamente el banco que más genera ingresos es el que va a producir más utilidades, como lo muestra el Banco P.C.J. Si se realizara un ordenamiento por generación de ingresos, el Banco P.C.J. sería el segundo lugar, sin embargo, la carga operativa que este tiene hace que se convierta en el segundo banco con más gastos, lo que provoca que lo delegue al cuarto lugar en generación de utilidades.

Gráfico 6: Ingresos, gastos y utilidad neta de los bancos privados durante el año 2015



Reseña Histórica Banco I.M. S.A.

El Banco I.M. S.A. es una entidad financiera creada en 1985 para ofrecer servicios financieros en la región centroamericana y del Caribe. La función inicial del banco fue la de servir a las empresas centroamericanas y del Caribe en sus transacciones de monedas extranjeras y en la libre convertibilidad entre las monedas de la región, así como facilitar el acceso de estas empresas a los mercados de capital mediante la creación y comercialización de instrumentos financieros bursátiles y accionarios.

También, en la negociación de la deuda externa de los países latinoamericanos en la década de 1980, el banco ayudó a cancelar y reducir la deuda externa de la mayoría de los países centroamericanos. Adicionalmente, fue uno de los mayores compradores de deuda externa de Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras.

Sumado a lo anterior, el Banco I.M. S.A. fue clave en el desarrollo de los mercados cambiarios cuando dejaron de ser regulados y pasaron a ser mercados libres en toda la región centroamericana. Durante los últimos años, ha jugado un papel importante en el desarrollo de los mercados bursátiles centroamericanos, dado que es un socio fundador en la mayoría de los países de la región.

A partir de 1990, el banco, en su proceso de desarrollo de servicios para satisfacer las necesidades crecientes de las empresas del área, creó la División de Finanzas Corporativas para atender las necesidades de ingeniería financiera de estas empresas que requieren invertir y realizar alianzas estratégicas en mejora de su competitividad como parte del proceso de globalización de los mercados.

Desde su nacimiento, ha tenido un desarrollo ascendente y altamente exitoso hasta colocarse en una posición de liderazgo en el campo de los servicios financieros en las áreas de Banca de Inversión y en convertibilidad de monedas en los mercados emergentes centroamericanos y del Caribe.

Dado el exitoso desarrollo, la Corporación cuenta en la actualidad con representación en todos los países de la región centroamericana, República Dominicana, Venezuela, México y Estados Unidos. Entre los servicios que ofrece están los financieros tanto bursátiles como bancarios. En el caso de Nicaragua y Costa Rica, ofrece también servicios en el campo de los seguros y servicios de almacenaje (Banco I.M. S.A., 2016).

Visión y misión

Visión

Ser el proveedor preeminente de soluciones financieras, reconocido por la calidad e innovación de nuestros productos, la excelencia del capital humano al servicio de los clientes y un alto nivel de responsabilidad social con la comunidad (Banco I.M. S.A., 2016).

Misión

Brindar soluciones financieras integrales que satisfagan las necesidades de nuestros clientes, caracterizándonos por un amplio conocimiento de los mercados, presencia regional, innovación, eficiencia, excelencia en el servicio, creando valor a nuestros clientes y a la comunidad (Banco I.M. S.A., 2016).

Valores

Los valores son los pilares de la empresa y, por tanto, no solo necesitan ser definidos, sino que tienen que estar vivos y en continuo desarrollo, es decir, hay que demostrar que se cuenta con ellos. La propia empresa es la responsable de mantenerlos, promoverlos y divulgarlos día a día. De esta manera, los trabajadores tendrán una mejor oportunidad de saber sus significados y ponerlos en práctica en su actividad laboral.

Los valores del Banco I.M. S.A. son:

Excelencia - La prioridad son nuestros clientes

Es la constante búsqueda y entrega de soluciones que respondan a las necesidades financieras de nuestros clientes, obteniendo el máximo beneficio, lo que se traduce en el logro de excelentes resultados.

Compromiso - Yo soy I.M. S.A.

Es la medida en que estamos motivados a contribuir con el éxito de Banco I.M. S.A., entregando lo mejor de nosotros mismos y trabajando unidos como equipo/familia para cumplir con orgullo las metas de nuestra organización.

Ética e Integridad - La ética e integridad son nuestra consigna

“Es nuestro deber hacer siempre lo correcto, guiados por nuestros principios éticos y trabajando con honestidad y lealtad hacia la organización y dentro del más alto nivel de respeto hacia nosotros mismos, nuestros compañeros y clientes.” (Banco I.M. S.A., 2016)

Innovación - La innovación está en nuestro ADN

Es la capacidad de incorporar cambios y mejoras a productos, procesos y servicios para aumentar la competitividad, optimizar el desempeño y generar valor en un mercado en constante evolución.

Trabajo en Equipo - El trabajo en equipo es la base de nuestro éxito

Es alcanzar los mejores resultados a través de los esfuerzos en conjunto de todos los colaboradores en un ambiente de confianza, comunicación abierta y honesta, inspirados por un objetivo común.

Respeto - El respeto a nuestros colaboradores y clientes es la base de nuestras relaciones

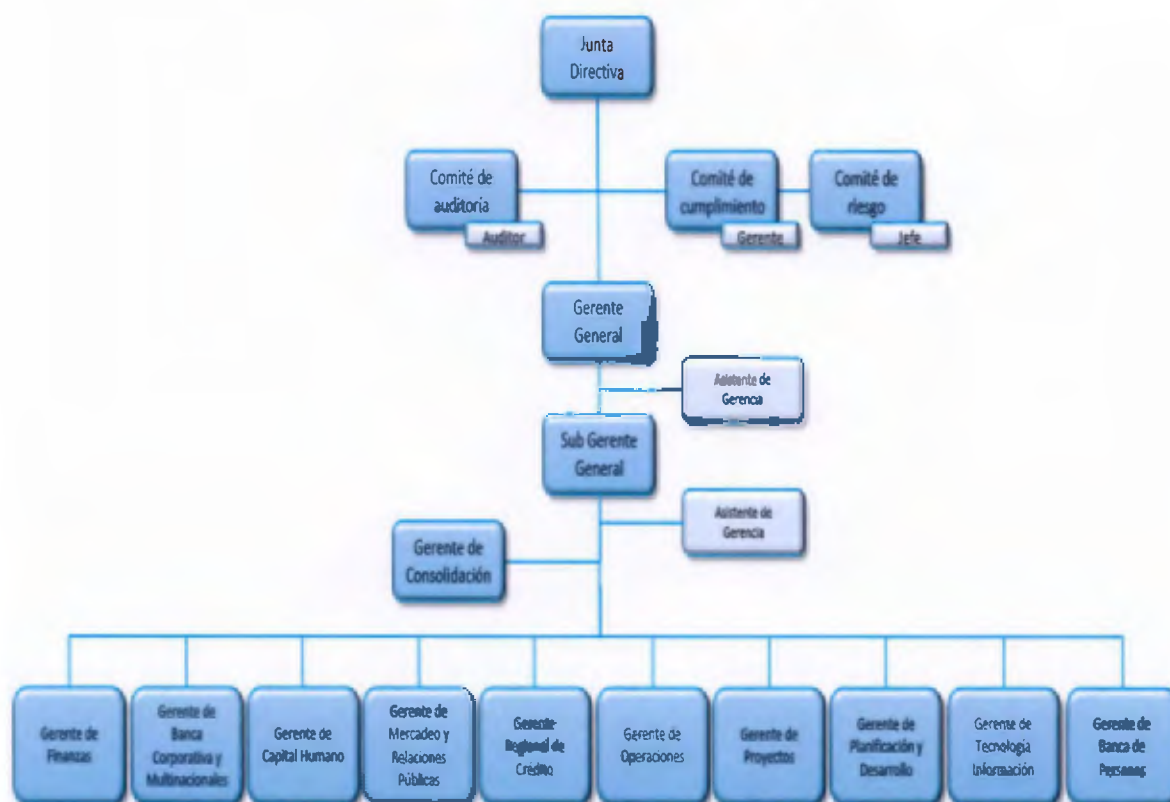
Es reconocer los intereses y necesidades de los demás, aceptando nuestras diferencias y valorando perspectivas diferentes.

Responsabilidad Social - Somos una empresa socialmente responsable

Es una nueva forma de gestión y visión de hacer negocios, en una relación ganar-ganar en conjunto con nuestras partes interesadas, contribuyendo al desarrollo social y económico de las comunidades, preservando el medio ambiente y la sustentabilidad de las generaciones futuras (Banco I.M. S.A., 2016).

Organigrama

Figura 1: Organigrama de Banco I.M. S.A.



Fuente: Pacific Credit Rating / Elaboración propia

Estrategia y Operaciones

Banco I.M. S.A. cuenta con un Plan Estratégico vigente para el período de 2014 – 2016. Este incluye varias dimensiones del negocio dentro de las cuales se incluyen: los actores, las actividades, factores, propuesta de valor, clientes, segmentos, señales de ingresos y factores de costos.

Propuesta de valor y enfoque de estrategia

En la propuesta de valor se estableció cómo responder a las expectativas de los actores o socios clave de la organización, en tanto que, en la selección de enfoque se incorporó la percepción de los colaboradores en dos dimensiones básicas de la gestión:

1. La capacidad y potencial de generar nuevos negocios y fuentes de ingresos para el banco.
2. La condición y oportunidades de mejora en la ejecución y procesos de implementación de la estrategia.

Metas y objetivos estratégicos

Los objetivos estratégicos fueron planteados de manera que los mismos se pudieran adecuar al uso del Cuadros de Mando Integral conocido en inglés como *Balanced Scorecard* (BSC) y que se definieran lineamientos generales en términos de los ejes estratégicos para la organización. Los objetivos estratégicos identificados fueron los siguientes (Pacific Credit Rating, 2016):

1. Financiero: obtener una rentabilidad sobre el patrimonio que satisfaga la expectativa del accionista mediante el uso eficiente de recursos.
2. Clientes: mejorar los tiempos de respuesta y ampliar la oferta de productos para generar volumen, y consolidar la relación con el cliente.
3. Procesos: optimizar y automatizar los procesos operativos de soporte a productos más rentables del banco para reducir costos.
4. Recurso Humano: reconversión productiva del capital humano para desarrollo de competencias y mejorar la eficiencia de la operación.

Activos, pasivos, patrimonio y utilidades

Activos

El 31 de diciembre de 2015, los activos totales de Banco I.M. S.A. sumaron el total de \$429.1 millones, cifra superior en \$52.2 millones (+14.76%) a la registrada en diciembre de 2014. Dicho crecimiento es impulsado por la cartera crediticia que reflejó un alza de \$35.9 millones.

Las disponibilidades e inversiones de la institución mostraron aumentos interanuales de \$11.6 millones (+20.93%) y \$8.5 millones (+19.10%), respectivamente.

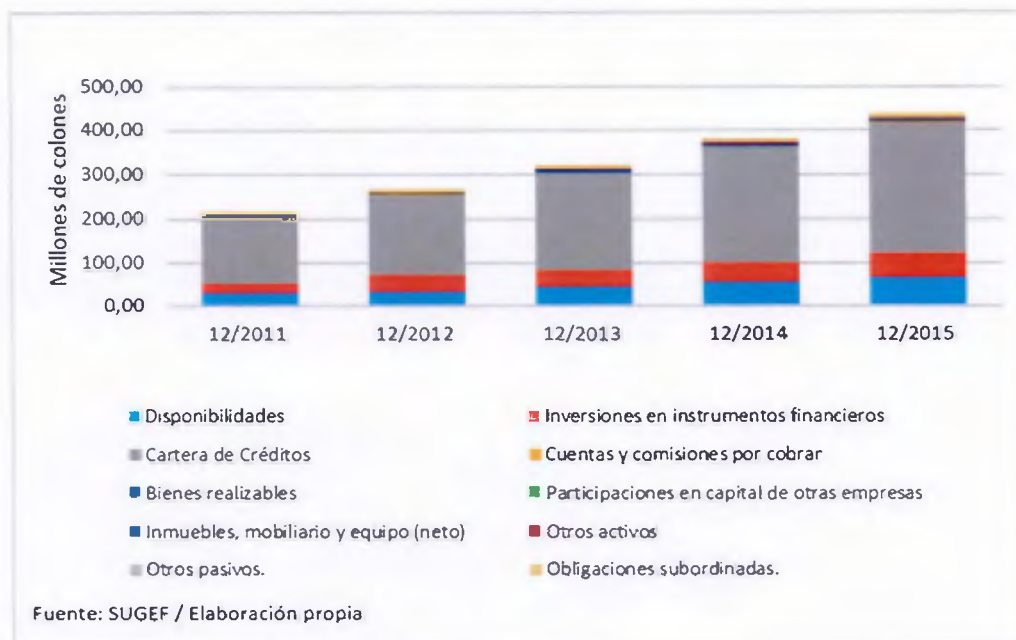
Cuadro 4: Composición de activos de Banco I.M. S.A. de los períodos de diciembre 2011 a diciembre 2015

CUENTA	12/2011	12/2012	12/2013	12/2014	12/2015
Disponibilidades	29.376.717,37	33.926.348,23	44.566.583,73	55.411.261,40	67.087.351,96
Inversiones en instrumentos financieros	23.430.226,13	38.513.703,67	37.368.128,90	44.534.249,59	53.068.785,34
Cartera de Créditos	149.992.033,28	181.501.008,71	221.150.201,44	262.443.648,81	298.310.268,34
Cuentas y comisiones por cobrar	711.786,05	1.820.316,57	520.261,67	513.345,67	245.119,96
Bienes realizables	637.964,70	390.597,57	178.755,91	827.154,13	403.456,71
Participaciones en capital de otras empresas	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00
Inmuebles, mobiliario y equipo (neto)	1.736.220,56	1.989.762,83	5.880.500,29	5.632.875,32	5.261.831,60
Otros activos	1.785.156,11	1.803.780,89	3.751.439,26	4.604.033,02	4.750.367,59
Otros pasivos	531.226,80	663.151,48	768.059,39	1.207.032,22	2.855.778,12
Obligaciones subordinadas	8.026.383,85	7.626.625,45	6.615.235,48	6.991.311,74	6.969.755,97
Total	216.242.714,85	268.250.295,40	320.814.166,07	382.179.911,90	438.967.715,59

Fuente: SUGEF / Elaboración propia

De acuerdo con el cierre de diciembre del 2015, la cartera de créditos se posiciona como el principal rubro del activo total representando el 69.5%, menor proporción a la presentada en 2014 (70.17%). Seguido, se encuentran las disponibilidades en 15.61%, las cuales muestran una participación de 14.81% en diciembre del 2014. Por su parte, las inversiones aumentaron porcentualmente en 0.44%, componiendo el 12.35% a diciembre de 2015.

Gráfico 7: Composición de activos del Banco I.M. S.A. de los períodos concluidos de diciembre 2011 a diciembre 2014



Pasivos

Banco I.M. S.A. para diciembre del 2015 presentó un total de pasivos por ₡392.6 millones, mostrando un incremento interanual de ₡51.1 millones (+14.96%). Como se puede observar, los pasivos totales del banco muestran una tendencia creciente.

El alza registrada para el momento de la fecha del análisis se debe principalmente a las obligaciones con el público, las cuales pasaron de ₡288.9 millones a ₡330 millones en diciembre del 2015, lo que refleja un incremento del 14.22%.

Adicionalmente, las obligaciones con entidades financieras también presentan un aumento al pasar de ₡39.5 millones en diciembre del 2014 a ₡49.3 millones.

Las obligaciones subordinadas se mantienen estables en ₡6.9 millones, lo cual no representa un cambio significativo a nivel de la composición del pasivo total.

Cuadro 5: Composición de los pasivos de Banco I.M. S.A. de diciembre 2011 a diciembre 2015

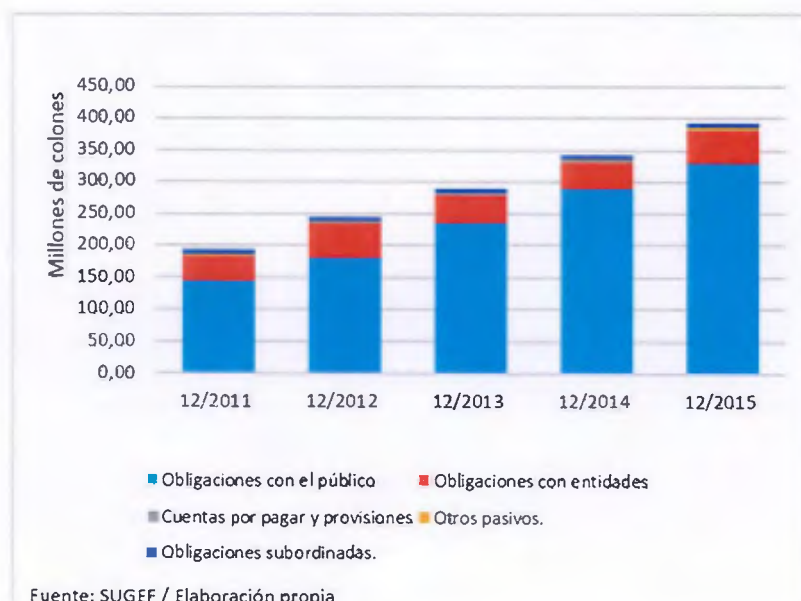
CUENTA	12/2011	12/2012	12/2013	12/2014	12/2015
Obligaciones con el público	143.754.987,23	179.375.717,11	234.943.548,52	288.950.080,62	330.074.207,75
Obligaciones con entidades	38.526.499,74	53.246.300,84	42.956.198,71	39.523.445,00	49.349.076,82
Cuentas por pagar y provisiones	2.126.136,11	2.920.842,36	4.010.813,32	4.872.567,88	3.419.629,42
Otros pasivos.	531.226,80	663.151,48	768.059,39	1.207.032,22	2.855.778,12
Obligaciones subordinadas.	8.026.383,85	7.626.625,45	6.615.235,48	6.991.311,74	6.969.755,97
Total	192.965.233,73	243.832.637,24	289.293.855,42	341.544.437,46	392.668.448,08

Fuente: SUGEF / Elaboración propia

Las obligaciones con el público representan el 84.18%, una leve menor proporción a la mostrada en el período anterior (84.59%). Lo anterior, posiciona a los depósitos del público como principal fuente de fondeo de la institución.

Para diciembre del 2015, las obligaciones con entidades financieras componen el 12.55% del total, 0.98 p.p. mayor a diciembre del 2014. Las demás cuentas forman el 3.27% restante del pasivo total.

Gráfico 8: Composición de los pasivos de Banco I.M. S.A. del período de diciembre 2011 a diciembre 2015



Patrimonio

Al cierre de diciembre del 2015, el Banco I.M. S.A. cuenta con un patrimonio total de ₡36.4 millones, superior en ₡4 millones a diciembre 2014.

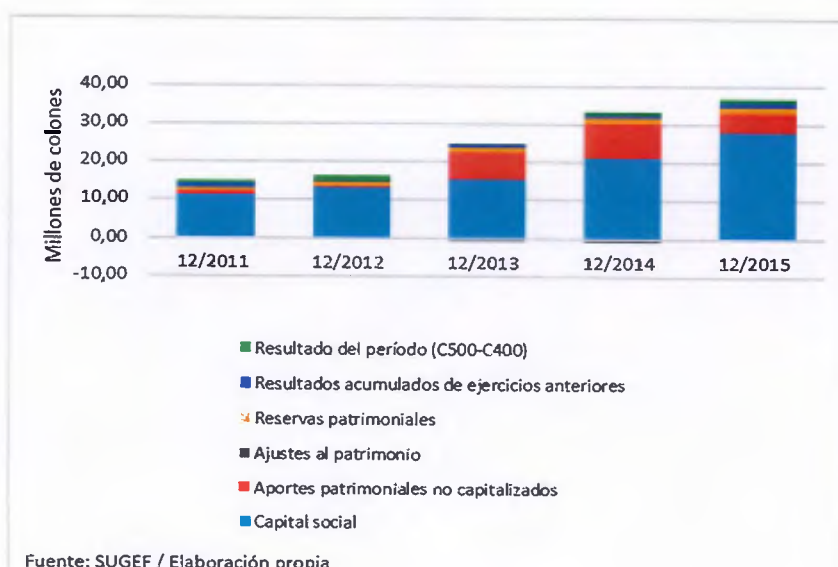
Cuadro 6: Composición del patrimonio de Banco I.M. S.A. de diciembre 2011 a diciembre 2015

CUENTA	12/2011	12/2012	12/2013	12/2014	12/2015
Capital social	11.157.706,34	13.261.358,07	15.505.753,07	21.177.536,37	27.999.726,37
Aportes patrimoniales no capitalizados	1.006.150,00	248.085,00	7.115.598,36	9.059.113,54	5.186.124,58
Ajustes al patrimonio	-220.677,67	-149.425,97	-756.044,41	-945.680,78	-234.180,30
Reservas patrimoniales	861.677,35	989.342,69	1.185.161,29	1.294.491,25	1.426.358,58
Resultados acumulados de ejercicios anteriores	1.239.887,38	541.373,73	772.935,60	1.028.511,01	1.170.134,08
Resultado del periodo (C500-C400)	675.127,05	1.237.147,71	313.611,89	823.159,09	925.570,13
Total	14.719.870,45	16.127.881,23	24.137.015,80	32.437.130,48	36.473.733,44

Fuente: SUGEF / Elaboración propia

Para la fecha del análisis, el capital social representa el rubro principal del patrimonio total (76.64%), los aportes patrimoniales pendientes de capitalizar componen el 14.01% y las reservas patrimoniales 3.90%, siendo las tres de mayor proporción.

Gráfico 9: Composición del patrimonio de Banco I.M. S.A. del período de diciembre 2011 a diciembre 2015



Utilidades

El banco muestra un aumento interanual en su resultado después de impuesto de ₡10.2 millones, al pasar de ₡82.3 millones en diciembre del 2014 a ₡92.5 millones a diciembre del 2015.

Gráfico 10: Utilidades de Banco I.M. S.A. de los períodos de diciembre 2011 a diciembre 2015



El propósito de este capítulo ha sido que el lector tenga un panorama general del sistema financiero costarricense, el cual, como se vio anteriormente, está dividido entre bancos públicos (capital del estado) y privados, quienes ofrecen diferentes productos en el mercado nacional. También, se pudo observar que este sector se encuentra en el sexto lugar del producto interno bruto, lo que ayuda al dinamismo de la economía costarricense. Otro punto rescatable es que no necesariamente el banco que tenga más ingresos es aquel que tendrá una mayor utilidad por lo que la maximización de las utilidades depende de la gestión de los gastos que cada banco realice.

En la segunda parte del capítulo, se valoraron aspectos cualitativos y cuantitativos del Banco I.M. S.A., lo que permitió establecer una serie de conceptos que permitirán al

lector tener un mejor entendimiento sobre la gestión de los activos, lo cual se verá con más detalle en el capítulo número tres.

Capítulo III: Revisión de normativa y política actual de inversión

Este capítulo pretende describir las bases que dan origen a la normativa que le sugiere al sistema bancario costarricense cómo realizar una gestión del riesgo de liquidez adecuada, ya que el papel fundamental que desempeñan los intermediarios financieros en el proceso de transformación de plazos, mediante la captación de recursos de corto plazo y su colocación en créditos o inversiones a más largo plazo, los hace intrínsecamente vulnerables al riesgo de liquidez. Por otra parte, la administración del riesgo de liquidez implica el cálculo, generalmente diario, de los recursos líquidos que la entidad debe mantener disponibles para cumplir a tiempo, con todas sus obligaciones financieras. Para las entidades financieras, contar en todo momento con suficientes recursos disponibles o la capacidad de gestionarlos ante requerimientos inesperados constituye un punto clave de una buena administración del riesgo de liquidez.

La administración eficaz del riesgo de liquidez puede fortalecer la capacidad de cada entidad para hacer frente a sus compromisos u obligaciones de pago, lo cual además es un factor que contribuye con la estabilidad y el eficiente funcionamiento del sistema financiero en su totalidad. Sin embargo, los mercados financieros evolucionan constantemente y se caracterizan por una mayor interrelación entre estos, lo que acrecienta la complejidad del riesgo de liquidez y de su administración.

Con el objeto de promover la mejora de la administración del riesgo de liquidez de las entidades supervisadas, el Comité de Basilea en Supervisión Bancaria, ha recomendado una serie de normas específicas que establezcan lineamientos para la administración del riesgo de liquidez, incluyendo indicadores para asegurar que el ente supervisado cuente con activos líquidos para hacer frente a las situaciones operativas normales y para superar situaciones de tensión de liquidez en el horizonte temporal de 30 días.

Adicionalmente, la Superintendencia de Entidades Financieras (SUGEF) ha emitido el acuerdo 17-13, el cual norma y clasifica los activos para realizar inversiones y mantener

las posiciones de liquidez a corto plazo, lo que conduce a las entidades supervisadas a elaborar políticas y procedimientos que le permitirán invertir en instrumentos financieros con una calificación determinada.

Comité de Supervisión Bancaria Basilea

El Comité de Basilea es la denominación usual con la que se conoce al Comité de Supervisión Bancaria de Basilea BCBS, sigla de *Basel Committee on Banking Supervision* en inglés, y es la organización mundial que reúne a las autoridades de supervisión bancaria cuya función es fortalecer la solidez de los sistemas financieros.

De acuerdo a su página web (Bank for International Settlements, 2016), el Comité fue establecido en 1975 por los presidentes de los bancos centrales de los once países miembros del Grupo de los Diez (G-10) del momento. Normalmente, se reúne en el Banco de Pagos Internacionales en Basilea, Suiza, donde se encuentra su Secretaría permanente de 12 miembros. A sus reuniones plenarias, que se celebran cuatro veces al año, asisten también representantes de la autoridad nacional supervisora cuando esta función no recae en el banco central respectivo.

El Comité de Basilea está constituido actualmente por representantes de las autoridades de supervisión bancaria de los bancos centrales de Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Países Bajos, Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos, además de dos países que no son miembros del G-10: Luxemburgo y España.

Funciones

Sus funciones se dividen en 3 áreas. La primera responde a la idea de establecer un foro apropiado para la discusión de los problemas propios de la supervisión; la segunda

consiste en la coordinación de las responsabilidades de la supervisión entre las autoridades encargadas de dicha función con el fin de asegurar una supervisión efectiva a nivel mundial, y, la tercera, la más importante para el análisis del Banco I.M. S.A., radica en el señalamiento de estándares de supervisión relacionados con la solvencia de las entidades financieras.

Comité Basilea I y II

El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea publicó en 1988 el primer Acuerdo de Capital, conocido también como Basilea I (Bank for International Settlements, 2016). Este acuerdo establecía el capital mínimo que las entidades debían tener en relación con sus activos ponderados por riesgo, incluía una definición de capital, establecía el sistema de ponderación de las exposiciones y fijaba el capital mínimo en un 8%.

En 2004, el Comité publicó una revisión del Acuerdo de 1988. La reforma, conocida como Basilea II (Bank for International Settlements, 2016), desarrollaba de manera mucho más extensa el cálculo de los activos ponderados por riesgo y permitía que las entidades aplicasen calificaciones de riesgo basadas en sus modelos internos, siempre que estuviesen previamente aprobados por el supervisor. Este cambio pretendía fomentar la mejora en la gestión del riesgo de las entidades. El Comité no modificó otros elementos del acuerdo de Basilea I, como el nivel de la ratio y la definición de capital, ya que su objetivo era mantener, en líneas generales, el nivel agregado de los requerimientos de capital del sistema. Sin embargo, la reciente crisis ha puesto de manifiesto que los niveles de capital en el sistema bancario eran insuficientes: la calidad del capital de las entidades se había ido deteriorando y, en muchos países, el sistema bancario estaba excesivamente apalancado. Además, muchas entidades experimentaron problemas de liquidez al no poder refinanciarse en los mercados a corto plazo.

La interconexión existente entre determinadas entidades y el proceso de desapalancamiento que llevó a cabo el sector contribuyeron, una vez comenzada la crisis, a

aumentar sus efectos negativos sobre la estabilidad financiera y la economía en general. Para abordar estas lecciones aprendidas de la crisis y con el objeto de fortalecer la regulación, supervisión y gestión de riesgos del sector bancario, el Comité de Basilea ha desarrollado un conjunto de reformas que se conocen como Basilea III. Estas nuevas medidas se enmarcan dentro de un proceso de reformas más amplio, que se derivan del plan de acción que el G-20 acordó en la cumbre de Washington en noviembre de 2008 — con el fin de dar soluciones globales a la crisis y de mejorar la cooperación internacional— y de los acuerdos posteriores de las cumbres de Londres, Pittsburgh y Toronto.

Comité Basilea III: Coeficiente de cobertura de liquidez

El “coeficiente de cobertura de liquidez” es una de las reformas esenciales del Comité de Basilea para lograr un sector bancario más resistente. Su objetivo es promover la resistencia a corto plazo del perfil de riesgo de liquidez de los bancos. Con este fin, se garantiza que los bancos tengan un fondo adecuado de activos líquidos de alta calidad y libres de cargas que pueden convertirse fácil e inmediatamente en efectivo en los mercados privados con la finalidad de cubrir sus necesidades de liquidez en un escenario de problemas de liquidez de 30 días naturales. El coeficiente de liquidez mejorará la capacidad del sector bancario para absorber perturbaciones procedentes de tensiones financieras o económicas de cualquier tipo, lo que reduce el riesgo de contagio desde el sector financiero hacia la economía real.

Principales puntos de la reforma

La reforma emitida por el Comité de Basilea (Bank for International Statements, 2016) plantea una serie de aspectos que se pueden resumir de la siguiente manera:

- Aumento de la calidad del capital para asegurar su mayor capacidad para absorber pérdidas. En el acuerdo Basilea II, se había mantenido básicamente la definición de capital del Acuerdo de 1988.
- Mejora de la captura de los riesgos. Se modifica el cálculo de los riesgos para determinadas exposiciones que la crisis ha probado que estaban mal capturados. En particular, para las actividades de la cartera de negociación, titulizaciones, exposiciones a vehículos fuera de balance y al riesgo de contraparte que resulta de las exposiciones en derivados. En todo lo demás, se mantiene el tratamiento establecido en Basilea II.
- Constitución de colchones de capital en momentos buenos del ciclo que puedan ser utilizados en períodos de estrés. Se busca contribuir a un sistema bancario más estable, que ayude a amortiguar, en lugar de amplificar, las crisis económicas y financieras.
- Introducción de una ratio de apalancamiento como una medida complementaria a la ratio de solvencia basada en riesgo con el objetivo de contener el apalancamiento excesivo en el sistema bancario.
- Aumento del nivel de los requerimientos de capital para fortalecer la solvencia de las entidades y contribuir a una mayor estabilidad financiera. El nivel de la ratio de solvencia tampoco se había modificado en Basilea II.
- Mejora de las normas del proceso supervisor (pilar 2) y de la disciplina de mercado (pilar 3) y establecimiento de guías adicionales en áreas como gestión del riesgo de liquidez, buenas prácticas para la valoración de instrumentos financieros, ejercicios de estrés, gobierno corporativo y remuneración.
- Introducción de un estándar de liquidez que incluye una ratio de cobertura de liquidez a corto plazo y una ratio de liquidez estructural a largo plazo. El objetivo es asegurar que las entidades tengan colchones de liquidez suficientes para hacer frente a posibles tensiones en los mercados y una estructura de balance que no descansa excesivamente en la financiación a corto plazo.

Estas reformas son sugeridas para los entes reguladores bancarios con el fin de que sean aplicadas en los bancos de cada uno de los países donde estos tienen operación. En Costa Rica, la Superintendencia de Entidades Financieras (SUGEF) ha emitido un reglamento que permite esta regulación de manera que la administración de liquidez se adapte a lo indicado por el Comité de Basilea. A continuación, se describirá el reglamento aprobado por la SUGEF y que aplica en el sector financiero costarricense.

Acuerdo SUGEF 17-13

Este acuerdo nace con la necesidad de implementar el Acuerdo de Basilea III que se comentó en el apartado anterior con el propósito de que el sistema bancario costarricense se ajuste a lo recomendado por la SUGEF. Según lo indica la normativa, este es el *Reglamento sobre la Administración del Riesgo de Liquidez*, cuya aprobación se dio por el Consejo Nacional de Supervisión del Sistema Financiero, mediante Artículo 7, del acta de la sesión 1058-2013, celebrada el 19 de agosto del 2013 y publicado en el diario oficial La Gaceta N° 166 del 30 de agosto del 2013. Rige a partir de su publicación en La Gaceta. Este reglamento se encuentra vigente a partir del 30 de agosto del 2013 (Acuerdo SUGEF 17-13, 2013).

En cuanto al alcance que tiene el reglamento, debe ser aplicado en los intermediarios financieros y otras entidades creadas por Ley Especial supervisadas por la Superintendencia General de Entidades Financieras (SUGEF) y complementa el marco regulatorio general vigente. Su aplicación debe ser congruente con el tamaño de la entidad, el enfoque de negocio, la naturaleza y complejidad de sus operaciones, el entorno macroeconómico y las condiciones del mercado.

Adicionalmente, en este acuerdo No.5, se establecen una serie de responsabilidades para la Junta Directiva o autoridad equivalente entre las que se pueden destacar:

1. Aprobar el grado de tolerancia al riesgo de liquidez que la entidad está dispuesta a asumir en función de su estrategia de negocio y su perfil de riesgo.
2. Aprobar las políticas, objetivos, estrategia y estructura para la administración del riesgo de liquidez, así como las modificaciones que se realicen a éstos.
3. Aprobar el marco para la fijación de límites internos a determinadas exposiciones al riesgo de liquidez.
4. Aprobar los mecanismos de alerta para la implementación de acciones correctivas en caso de que existan desviaciones con respecto a los niveles de tolerancia al riesgo de liquidez asumidos y los límites fijados, así como para cuando se presenten cambios relevantes en el entorno del negocio o del mercado.
5. Analizar y aprobar los informes sobre el riesgo de liquidez asumido por la entidad.

En cuanto a la estructura organizativa de la entidad supervisada, el artículo No.6 sugiere que se debe contar con las características necesarias para que la estrategia de la administración del riesgo de liquidez pueda ser efectivamente implementada. Debe establecer líneas claras de responsabilidad junto con los procedimientos adecuados para cada nivel jerárquico dentro de la entidad supervisada, lo que permite asegurar su eficacia y que sea operacionalmente adecuada. Asimismo, deben evitarse conflictos de interés, separando las áreas operativas de las áreas de control.

También la administración superior debe implementar una estrategia que le permita, al menos:

- a) Contar con las pautas generales y las políticas específicas para administrar el riesgo de liquidez, de acuerdo con el nivel de tolerancia al riesgo de liquidez definido por la Junta Directiva u órgano equivalente.
- b) Proteger la solvencia financiera de la entidad y su capacidad para afrontar situaciones de estrés de liquidez.

- c) Solventar las necesidades de liquidez en situaciones normales, así como las situaciones que se puedan presentar en momentos de crisis.

Políticas y proceso para la administración del riesgo de liquidez

Con base en el artículo No.9 del Acuerdo 17-13 (Acuerdo SUGEF 17-13, 2013), cada entidad supervisada debe contar con políticas y un proceso formal, integral y permanente de administración del riesgo de liquidez. Las políticas para la administración del riesgo de liquidez deben incluir, al menos:

- a) La composición y vencimiento de los activos y pasivos.
- b) La diversidad y estabilidad de las fuentes de financiamiento, considerando al menos el perfil de permanencia de los inversionistas o depositantes que sean considerados por la entidad como mayoristas o minoristas.
- c) El manejo del riesgo de liquidez:
 - I. En diferentes monedas.
 - II. De productos financieros y líneas de negocios.
- d) Los supuestos utilizados respecto de la capacidad para disponer de los activos de la institución financiera y su transformación en activos líquidos, ya sea, por ejemplo, a través de la venta, operación de reporto o entrega en garantía de financiamiento.
- e) Participación activa en los mercados considerados relevantes para su estrategia de financiamiento.
- f) Mantener identificados y disponibles los activos líquidos y aquellos que sirvan de garantía para obtener financiamiento.

Adicionalmente, para un proceso de administración de riesgo de liquidez debe permitirle a la entidad supervisada, al menos:

- a) Identificar el impacto de las operaciones con empresas del grupo o conglomerado financiero sobre el riesgo de liquidez de la entidad.
- b) Considerar las interacciones existentes entre:
 - I. El riesgo de liquidez debido a la escasez de fondos, bajo diferentes escenarios, y el riesgo de liquidez asociado a la profundidad financiera del mercado en el que se negocian los instrumentos financieros.
 - II. El riesgo de liquidez y los otros riesgos a los que está expuesta la entidad (crédito, mercado, operacional, etc.), que pueden influenciar su perfil de riesgo de liquidez.
- c) Valuar los activos de manera prudente de acuerdo con su capacidad para ser convertidos en activos líquidos, debiendo tener en cuenta que su valuación puede deteriorarse en situaciones de estrés y, en particular, al evaluar la factibilidad de las ventas de activos en tales situaciones y la incidencia que puedan tener sobre su posición de liquidez.
- d) Proyectar los flujos de fondos para sus activos, pasivos y operaciones fuera de balance para distintos horizontes temporales, que permitan considerar las vulnerabilidades relacionadas con:
 - I. Las necesidades de liquidez y capacidad de financiamiento diario.
 - II. Las necesidades de liquidez y capacidad de financiamiento para horizontes de 1 hasta 7 días, con una apertura diaria.
 - III. Las necesidades de liquidez y capacidad de financiamiento para horizontes de 8 hasta 30 días, con una apertura semanal. Este horizonte, junto con el período de 1 a 7 días, está asociado a la necesidad de liquidez vinculada con el retiro de depósitos y otras fuentes de financiamiento y la existencia de activos líquidos suficientes para poder afrontarlos.
 - IV. Las necesidades de liquidez a un plazo mayor a los 30 días, con una apertura mensual en los dos meses siguientes, y trimestral hasta completar un año. Dicho horizonte está vinculado a aspectos de liquidez estructural, que tienen que ver

con los planes de negocios de las entidades supervisadas y el impacto en la rentabilidad por un aumento en el costo de captación de fondos.

- V. Los eventos, actividades y estrategias de negocio que puedan presionar significativamente en la capacidad interna de generar ingresos líquidos.

La proyección de flujos de fondos debe establecerse con base en supuestos debidamente fundamentados. Administrar el riesgo de liquidez de sus posiciones provenientes de:

- a) Flujos de fondos futuros, por lo que se debe considerar al menos:
 - I. Establecer un proceso eficaz, viable y consistente que les permita obtener un flujo de fondos proyectado que incluya supuestos factibles sobre los posibles comportamientos y respuestas de las principales contrapartes ante cambios en las condiciones y que sea llevado a cabo con suficiente nivel de detalle.
 - II. Establecer supuestos razonables y apropiados a su situación, los cuales deben estar documentados y aprobados por la Administración Superior.
 - III. Analizar la calidad y disponibilidad de los activos que pueden ser utilizados como garantías, con el fin de evaluar su potencial para proveer fondos en situaciones de estrés.
 - IV. Gestionar la distribución temporal de sus flujos de ingresos en relación con las salidas de fondos.
 - V. Evaluar la estabilidad de los flujos de fondos.
 - VI. Evaluar, en particular para los proveedores de fondos mayoristas, la probabilidad de renovación del financiamiento en situaciones normales y de estrés. En el caso de fondos con vencimiento a corto plazo, las entidades no deben asumir que ese financiamiento se renovará automáticamente.
 - VII. Considerar los factores que pueden incidir en la estabilidad de los depósitos minoristas, tales como su monto, sensibilidad a la tasa de interés, la ubicación

geográfica, así como el canal de captación (puede ser directo, a través de Internet, u otro).

- VIII. Evaluar al menos trimestralmente, la capacidad de la entidad para acceder a líneas de crédito, tanto las que tenga aprobadas, como nuevas que pueda gestionar.
- b) Fuentes de requerimiento de liquidez contingentes y disparadores asociados con posiciones fuera de balance.
 - c) Monedas en las cuales la entidad opera en forma significativa. Las entidades deben evaluar sus necesidades de liquidez en moneda extranjera y establecer límites prudentes a los descalces, contando con una estrategia para cada una de las principales monedas con las que trabaja. Estas estrategias deben considerar las restricciones que puedan surgir en períodos de estrés. Para este efecto, se considera que una moneda es significativa, cuando los pasivos agregados denominados en ella representan un 5% o más de los pasivos totales de la entidad.

El tamaño del descalce de moneda extranjera asumido por la entidad debe tomar en consideración:

- a) La capacidad de la entidad de conseguir fondos en moneda extranjera en los mercados nacionales e internacionales.
- b) La disponibilidad de financiamiento en moneda extranjera en el mercado local.
- c) La posibilidad de transformar moneda local en moneda extranjera o moneda extranjera en moneda local, según las necesidades de liquidez.

Indicador de cobertura de liquidez

En este punto, de acuerdo con el artículo No.15 (Acuerdo SUGEF 17-13, 2013), es donde se definen los límites para los bancos que integran el Sistema Financiero Nacional

con el fin de cumplir con el porcentaje establecido por SUGEF y, por consiguiente, la entidad debe calcular diariamente el indicador de cobertura de liquidez, el cual, para este trabajo de investigación, solamente será mencionado como referencia, pero no se calculará, dado que el objetivo actual es verificar que las inversiones cumplan con las calificaciones estipuladas en los siguientes apartados. El coeficiente de liquidez se define a continuación:

$$ICL = \frac{\text{Fondo de activos líquidos}}{\text{Salidas de Efectivo Totales} - \text{Entradas de Efectivo Totales}}$$

Donde:

ICL = Indicador de cobertura de liquidez.

Fondo de activos líquidos = Fondo de activos líquidos de alta calidad.

Salida de efectivo totales = Salidas de efectivo totales en los próximos 30 días.

Entrada de efectivo totales = Entradas de efectivo totales en los próximos 30 días.

El indicador de cobertura de liquidez no podrá ser inferior a 100% y se debe calcular por separado, al menos en moneda nacional y en moneda extranjera. Con respecto a la moneda extranjera, la entidad deberá calcular el indicador para cada una de sus monedas significativas, en cuyo caso se entiende como tal cuando los pasivos agregados denominados en ella representan un 5% o más de los pasivos totales de la entidad.

Fondo de activos líquidos de alta calidad

Para el cálculo del indicador de cobertura de liquidez, el Fondo de Activos Líquidos debe considerar los siguientes activos no comprometidos y multiplicar el importe total por los factores que se indican:

- a) Activos de Nivel 1, con los siguientes factores:

- i. Factor del 100%: el efectivo y el importe que mantenga la entidad en cuenta corriente en el BCCR. Las reservas por concepto de encaje mínimo legal serán incluidas en la porción que se libera, luego de considerar la salida de fondos asociados a los rubros del pasivo sujetos a encaje mínimo legal.
 - ii. Factor del 100%: instrumentos financieros extranjeros con calificación de riesgo internacional AA- o de menor riesgo, que representan crédito frente a las siguientes contrapartes, o bien se encuentran garantizadas por estas: soberanos, bancos centrales, entidades del sector público no pertenecientes al gobierno central y bancos multilaterales de desarrollo. Estos instrumentos deben negociarse en mercados de contado o repo, amplios, profundos, activos y con bajo nivel de concentración, con historial comprobado de fuente confiable de liquidez en los mercados, incluso en condiciones de tensión (descenso máximo del precio o aumento máximo del descuento no superior al 10% en un período de 30 días durante un episodio relevante de tensiones de liquidez significativas).
 - iii. Factor del 100%: depósitos a la vista en el exterior o depósitos a plazo en el exterior con opción de cancelación anticipada por el acreedor, en entidades financieras con calificación de riesgo internacional AA- o de menor riesgo.
 - iv. Factor del 90%: títulos de deuda emitidos por entes del Gobierno, o el Banco Central de Costa Rica, denominados en moneda nacional y admitidos como garantía en el Mercado Integrado de Liquidez.
 - v. Factor del 80%: títulos de deuda emitidos por entes del Gobierno, o el Banco Central de Costa Rica, denominados en moneda extranjera y admitidos como garantía en el Mercado Integrado de Liquidez.
- b) Activos de Nivel 2, con un factor de 85%:

- i. Instrumentos financieros extranjeros con calificación de riesgo internacional A- o de menor riesgo, que representan crédito frente a las siguientes contrapartes, o bien se encuentran garantizadas por estas: soberanos, bancos centrales, entidades del sector público no pertenecientes al gobierno central y bancos multilaterales de desarrollo. Estos instrumentos deben negociarse en mercados de contado o repo, amplios, profundos, activos y con bajo nivel de concentración, con historial comprobado de fuente confiable de liquidez en los mercados, incluso en condiciones de tensión (descenso máximo del precio o aumento máximo del descuento no superior al 10% en un período de 30 días durante un episodio relevante de tensiones de liquidez significativas).
- ii. Instrumentos financieros no contemplados en el acápite anterior ni en el literal a) acápite ii) y iii) del presente artículo que cuenten con una calificación de riesgo internacional de AA- o menor riesgo.
- iii. Depósitos a la vista o a plazo, en el exterior, con opción de cancelación anticipada por el acreedor, en entidades financieras con calificación de riesgo internacional A- o de menor riesgo.

El total de los activos de Nivel 2 no debe ser mayor a 40% del Fondo de Activos Líquidos.

Salidas de efectivo totales

Los pasivos deberán dividirse en pasivos minoristas, que corresponden a los realizados por personas físicas, y pasivos mayoristas, que corresponden a todos aquellos realizados por sociedades de hecho, de cometido especial o de derecho.

En la fecha de la determinación del indicador se deben considerar las salidas de efectivo en los últimos 30 días de acuerdo con los factores que se indican:

- a) Factor del 0%: depósitos minoristas y depósitos y obligaciones mayoristas a plazo fijo, con vencimiento residual superior a 30 días y sin posibilidad explícita contractual de cancelación anticipada por parte del cliente dentro de los próximos 30 días.
- b) Factor de 10%: pasivos minoristas instrumentados a través de obligaciones a la vista o a plazo fijo con vencimiento residual inferior a 30 días o, teniendo un plazo residual superior a 30 días, el cliente cuenta con la posibilidad explícita contractual de cancelación anticipada dentro de los próximos 30 días.
- c) Obligaciones mayoristas no garantizadas por derechos legales sobre activos identificados propiedad de la entidad, con plazo de vencimiento indeterminado o con un horizonte de vencimiento contractual de 30 días o menos, o que se pueden amortizar anticipadamente dentro de dicho horizonte temporal. Este tipo de obligaciones se describen seguidamente en conjunto con los factores respectivos:
 - i. Factor del 10%: mayoristas que califiquen como MiPyME de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento General a la Ley 8262 de Fortalecimiento a las Pequeñas y Medianas Empresas.
 - ii. Factor del 25%: mayoristas que cuenten con relaciones operativas específicas como relaciones de compensación (transferencia de fondos por vía indirecta a los receptores finales a través de participantes directos en los sistemas de liquidación nacional); custodia o gestión de tesorería por las que el mayorista utiliza la entidad financiera en su papel de intermediario para desarrollar sus actividades durante los siguientes 30 días. Sólo deben contemplarse el saldo afectado a las relaciones operativas citadas,

imputándose el saldo de pasivos excedentes a los acápites siguientes, según corresponda.

- iii. Factor del 75%: mayoristas cuyo giro de negocio es diferente del financiero, y no son soberanos, bancos centrales, empresas del sector público y bancos multilaterales de desarrollo.
 - iv. Factor del 100%: mayoristas no incluidos en las anteriores clasificaciones, incluyendo bancos, sociedades de valores, empresas de seguros, operadores de pensión y entidades del mismo grupo financiero, entre otros.
- d) Obligaciones mayoristas garantizadas por derechos legales sobre activos propiedad de la entidad específicamente designados, con vencimiento de hasta 30 días o menos, excepto operaciones del tipo pacto de recompra a los cuales se les aplicarán los siguientes factores:
- i. Factor del 0%: obligaciones respaldadas por activos que califiquen en Nivel 1, con cualquier contraparte.
 - ii. Factor del 15%: obligaciones respaldadas por activos que califiquen Nivel 2, con cualquier contraparte.
 - iii. Factor del 25%: obligaciones respaldadas por activos no incluidos en el Nivel 1 o Nivel 2, con contrapartes que son soberanos, bancos centrales. Adicionalmente, los instrumentos financieros de deuda emitidos por entidades del sector público con calificación internacional A- o de menor riesgo.
 - iv. Factor del 100%: resto de operaciones de financiación con mayoristas garantizadas. En caso de que los activos garanticen parcialmente las obligaciones, se aplicará lo dispuesto en este inciso, por el monto garantizado, lo que corresponde para el saldo remanente no garantizado la aplicación de los restantes literales, según corresponda.

- e) Obligaciones de reporto y pacto de reporto tripartito según los siguientes factores:
- i. Factor del 0%: garantizados con activos de Nivel 1 y Nivel 2.
 - ii. Factor de 100% garantizados con otros activos diferentes de Nivel 1 y Nivel 2.
- f) Factor del 100%: salidas pendientes de pago procedentes de derivados, determinados como la diferencia entre las obligaciones pendientes de pago y los derechos de cobro, cuando el saldo implica una obligación para la entidad supervisada.
- g) Factor del 100%: dividendos comunes y preferentes e intereses de deuda subordinada, con vencimiento de hasta 30 días o menos.
- h) Disposiciones de facilidades de crédito o de liquidez en las que medie un compromiso contingente para proveer fondos a contrapartes mayoristas o minoristas, con vencimiento de hasta 30 días o menos, netos de las facilidades efectivamente desembolsadas y de los cobros estimados asociados a dichos desembolsos, las cuales se describen a continuación con los factores mínimos correspondientes:
- i. Factor 0%: facilidades crediticias y de liquidez cuya ejecución no debe realizarse contractualmente dentro de los próximos 30 días.
 - ii. Factor del 2.5%: facilidades crediticias y de liquidez cuyo cumplimiento establecido contractualmente en forma explícita por la entidad puede ser directa o unilateralmente revocado.
 - iii. Factor del 5%: facilidades de crédito y liquidez vigentes comprometidas con clientes minoristas o MiPyME, tal como se define en el acápite i, inciso c) anterior. No incluye el saldo no ejecutado de líneas de crédito de utilización automática.

- iv. Factor del 10%: facilidades de crédito comprometidas con sociedades no financieras, el gobierno, bancos centrales, entidades del sector público y bancos multilaterales de desarrollo. No incluye el saldo no ejecutado de líneas de crédito de utilización automática.
 - v. Factor del 20%: saldo no ejecutado de líneas de crédito de utilización automática con minoristas y mayoristas, incluyendo MiPyME.
 - vi. Factor del 100%: cartas de crédito de importación cuyo vencimiento programado opera dentro de los próximos 30 días.
 - vii. Factor del 100%: facilidades de liquidez comprometidas con sociedades no financieras, entidades del sector público y bancos multilaterales y otras entidades como entidades financieras (entes supervisados por alguna entidad dirigida por el CONASSIF) y otras facilidades crediticias o entidades no incluidas en los acápites inmediatos anteriores.
- i) Obligaciones de financiación contingentes, contractuales o no contractuales diferentes de las facilidades crediticias y de liquidez, tales como avales, garantías de cumplimiento, garantías de participación y fianzas, las cuales se describen a continuación con los factores mínimos correspondientes:
- i. Factor del 0%: contingencias cuya ejecución contractual no se realizará dentro de los próximos 30 días o menos.
 - ii. Factor del 5%: otras contingencias, netas de las garantías de Nivel 1 y Nivel 2, aplicando el factor correspondiente.

Entradas de efectivo totales

Únicamente se deben incluir las entradas contractuales de efectivo programadas para los próximos 30 días procedentes de las posiciones vigentes que estén al día en el pago

de sus obligaciones y de las que no se espera un impago durante un horizonte temporal de 30 días o menos.

Para el cálculo del indicador de cobertura de liquidez, las entradas de efectivo no deben ser mayores al 75% de las salidas de efectivo totales, calculados de acuerdo con lo dispuesto en el artículo anterior.

No se deben considerar como entradas de efectivo las facilidades crediticias o de liquidez u otras facilidades de liquidez contingente, así como tampoco se considerarán los depósitos mantenidos en otras entidades financieras con fines operativos. En la fecha de la determinación del indicador y para el período sujeto a determinación, se deben considerar los siguientes conceptos y factores:

- a) Derechos por reporto y pacto de reporto tripartito según los siguientes factores:
 - i. Factor del 0%: garantizadas con activos de Nivel 1.
 - ii. Factor del 15%: garantizados con activos de Nivel 2.
 - iii. 100% garantizados con otros activos diferentes de Nivel 1 y Nivel 2.
- b) Factor del 0%: facilidades crediticias y de liquidez.
- c) Factor del 50% de los flujos de la cartera de crédito directamente relacionada con clientes minoristas y mayoristas, cuya actividad operativa es diferente a la actividad financiera.
- d) Factor del 50% de los flujos de la cartera de inversiones por cobrar en los próximos 30 días correspondientes a instrumentos financieros negociables y disponibles para la venta distintos de los activos de Nivel 1 y Nivel 2.
- e) Factor del 100% de los flujos de efectivo pendientes de cobro procedentes de instituciones financieras cuando el origen de los fondos es diferente a lo dispuesto en los literales anteriores.

- f) Factor del 100% de las entradas procedentes de derivados, determinados como la diferencia entre los derechos de cobro y las obligaciones pendientes de pago cuando el saldo representa un flujo de efectivo a favor de la entidad supervisada, netos de activos de garantía de Nivel 1 y Nivel 2.

Envío de la información a la SUGEF

La entidad debe reportar a la SUGEF en el plazo, por los medios y forma que determine, los resultados del Indicador de Cobertura de Liquidez y otra información que la Superintendencia estime necesaria para fines de monitoreo.

Política de administración de liquidez de Banco I.M. S.A.

El Banco I.M. S.A., bajo el marco regulatorio de la SUGEF y el Acuerdo Basilea III, ha establecido internamente políticas y procedimientos para la administración de liquidez, de manera que le permita realizar la mejor selección de sus inversiones con el fin de minimizar un posible riesgo de iliquidez en ellas. A continuación, se presenta una descripción de sus políticas y procedimientos, gracias a las consultas realizadas al Gerente de Finanzas de Banco I.M. S.A., las cuales servirán como base para el análisis que se realizará en el cuarto capítulo del este proyecto.

Políticas generales

Dentro de las políticas generales que mantiene Banco I.M. S.A. (Políticas y procedimientos gestión de liquidez, 2016) para una adecuada gestión de liquidez, se puede encontrar:

1. El Banco debe validar constantemente la composición y vencimiento de sus activos y pasivos, la diversidad y estabilidad de las fuentes de fondeo, el perfil y permanencia de sus inversionistas y depositantes, sean minoristas o mayoristas.
2. El manejo adecuado de la liquidez debe contemplar la separación por moneda e incluso por productos o líneas de negocio.
3. La capacidad de disponer de activos y transformarlos en activos líquidos puede suponer elementos como la venta de estos, operaciones de reporto y su uso como garantía para la obtención de financiamiento.
4. El Banco valorará la participación activa en los mercados que considera relevantes para su estrategia de financiamiento e identificará aquellos activos que sirvan como garantía para obtener recursos.
5. El proceso de administrar los riesgos de liquidez debe considerar las interacciones con otros riesgos propios del Banco, valorar activos en función de su capacidad para convertirlos en activos líquidos y realizar la proyección de flujos para activos y pasivos u operaciones fuera de balance.
6. El Banco debe administrar el riesgo de liquidez de sus posiciones provenientes de flujos de fondos futuros, considerando los factores que puedan incidir en la estabilidad de los depósitos: monto, sensibilidad a tasas, ubicación geográfica y canales de captación, evaluando al menos trimestralmente la capacidad de acceder a líneas de crédito aprobadas o nuevas.
7. El Banco debe considerar las fuentes de liquidez y las necesidades de recursos, según las monedas en las que opera de forma significativa.
8. El Banco debe evaluar sus necesidades de liquidez en moneda extranjera, definiendo límites prudentes para los descortes que pudiesen darse en función de la capacidad para obtener fondos en esa moneda en el mercado local e internacional, de disponer

de financiamiento en el mercado local y de transformar moneda local en extranjera o viceversa.

9. El Banco debe calcular de forma diaria un indicador de cobertura de liquidez que no podrá ser inferior al 100%. Debe calcularse de forma separada para moneda local y moneda extranjera.
10. De acuerdo a lo establecido en el artículo 23 del acuerdo SUGEF 17-23, el Gerente General o quien lo sustituya en su ausencia deberá informar a la SUGEF sobre cualquier situación excepcional que esté afectando a la entidad en materia de liquidez.

Estrategias para la administración de liquidez

Las estrategias son establecidas por el Banco I.M. S.A. con el fin de tomar planes de acción para prevenir momentos de iliquidez y para lograr un manejo eficiente y estable de las entradas y salidas de fondos, los cuales afectan el coeficiente de liquidez. A continuación, algunas de las estrategias utilizadas (Políticas y procedimientos gestión de liquidez, 2016):

1. Monitorear los aumentos esperados en el ingreso y egreso de fondos, anticipando la ocurrencia de flujos que permitan identificar déficits o excesos. El flujo de caja proyectado constituye la herramienta para realizar este monitoreo.
2. Monitoreo de la posición inicial de liquidez considerando las actividades esperadas en el día y los recursos disponibles (saldos, créditos, garantías disponibles) mediante el flujo de caja diario.
3. La Gerencia de Tesorería es responsable de realizar los acuerdos que corresponda para obtener los fondos suficientes a efectos de evitar incumplimientos en los objetivos de liquidez diarios, así como administrar las garantías necesarias para obtener la liquidez requerida.
4. La Gerencia de Tesorería es responsable de programar los momentos del día en que

ocurren sus egresos de fondos en línea con sus objetivos de liquidez diaria y coordinar con las áreas de negocio las proyecciones diarias de ingreso y salida de fondos.

Diversificación

Para realizar un análisis de diversificación, el Banco I.M. S.A. debe considerar los siguientes aspectos (Políticas y procedimientos gestión de liquidez, 2016):

1. Estrategias de provisión de fondos que aseguren una efectiva diversificación de las fuentes y características del financiamiento, adoptando las previsiones necesarias para mantener un adecuado acceso al mercado de financiamiento y una relación sólida con los proveedores de fondos.
2. Evaluar periódicamente la capacidad de obtener fondos rápidamente de cada fuente e identificar y dar seguimiento a factores que puedan afectar dicha capacidad con el propósito de evitar la materialización de los riesgos no deseados.
3. Las fuentes de financiamiento deben diversificarse tanto por emisor como por plazo, de acuerdo con el presupuesto y el modelo de negocio, considerando las correlaciones que puedan darse entre proveedores de fondos y los mercados en que operan y evitando concentraciones excesivas en un único proveedor.
4. En caso de una dependencia significativa del financiamiento mayorista y dada su volatilidad, se deberán buscar otras alternativas que impulsen mayor diversificación o disponibilidad de recursos.

Financiamiento, inversión y colocación

Las fuentes de fondos de Banco I.M. S.A. provienen principalmente de (Políticas y procedimientos gestión de liquidez, 2016):

1. Recursos patrimoniales.
2. Captaciones a la vista o depósitos en cuenta corriente.
3. Captaciones en cuentas de ahorro o depósitos de ahorro.
4. Captaciones a plazo fijo: depósitos a plazo.
5. Líneas para intermediación de fondos, principalmente de largo plazo.
6. Líneas de Crédito con Bancos del exterior.
7. Líneas de Crédito con Bancos locales.
8. Operaciones de reporto u opciones de corto plazo por Bolsa de Valores.
9. Operaciones Interbancarias
10. Generación de utilidades
11. Colocación de papel comercial y bonos estandarizados tanto en moneda local como extranjera.

Todos los recursos captados del público, tanto en dólares como en colones, están sujetos a las disposiciones emitidas por el Banco Central de Costa Rica en materia de Política Monetaria, fundamentalmente en lo referente a encajes legales.

Los fondos del Banco sólo podrán ser colocados en los siguientes valores, bienes, recursos o cuentas:

1. Disponibilidades en moneda local y externa.
2. Operaciones de crédito.
3. Inversiones en valores mobiliarios.
4. Inversiones en bienes raíces de uso propio, aquellos recibidos en pago de operaciones de crédito y las inversiones en equipo e instalaciones, entre otros, necesarios para el funcionamiento.
5. Cuentas originadas por el movimiento normal de gastos, de pérdidas y de resultados y los demás que provengan de las operaciones previstas por la ley.
6. Tanto la colocación de fondos en operaciones de crédito como en inversiones deberán observar el cumplimiento del límite del 20% del capital y reservas del

Banco, excepto los títulos del sector público de Costa Rica de acuerdo a la normativa vigente.

7. El Comité de Activos y Pasivos y la Gerencia de Tesorería coordinarán con la Gerencia de Crédito y la Gerencia de Banca Corporativa y Multinacionales para monitorear los límites globales, individuales y por moneda de los montos máximos a colocar, de acuerdo con los criterios establecidos en la normativa vigente de la SUGEF y con el nivel de suficiencia patrimonial deseada.
8. Inversión: Las opciones de inversión a ser consideradas serán aquellas que cumplan con los criterios establecidos por las normativas vigentes de la SUGEF y lo indicado en la Política de Inversión del Banco.

Política de inversión de Banco I.M. S.A.

El establecer una política que logre determinar las decisiones de inversión de corto y largo plazo es indispensable para el cumplimiento de la administración de liquidez, ya que tratará en la medida de lo posible lograr un balance entre rentabilidad, riesgo y liquidez, acorde con la estrategia y los objetivos del banco.

De acuerdo con esta filosofía, se establecieron los parámetros a nivel interno, los cuales se pueden dividir en dos secciones: la primera, los instrumentos y entidades autorizadas y, la segunda, las políticas de diversificación y límites. A continuación, se detallarán ambas secciones, según lo presenta el documento llamado “Política de Inversión” (Política de Inversión Banco I.M. S.A., 2016).

Instrumentos y entidades autorizadas

Los tipos de inversiones que se pueden realizar en Banco I.M. S.A., tanto en moneda nacional como extranjera, previa recomendación del órgano que regula los activos y pasivos, son las siguientes:

a) Instrumentos de inversión autorizados:

- I. Instrumentos de deuda a plazo fijo o “títulos de renta fija”, tales como certificados de inversión o depósitos a plazo, papel comercial y bonos.
- II. Inversiones a través de Mercados de Liquidez.
- III. Recompras o reportos, únicamente en aquellos casos en los que los valores que conformen el subyacente tenga una alta bursatilidad y sean emitidos por entidades emisoras autorizadas. Recompras o reportos pasivos: atendiendo las necesidades que se presenten para resolver problemas de liquidez. Recompras o reportos activos: estas operaciones deberán estar respaldadas con títulos emitidos por el Banco Central o el Ministerio de Hacienda, preferiblemente, o por instrumentos de alta bursatilidad.
- IV. Fondos de inversión administrados por entidades autorizadas por la SUGEVAL y debidamente autorizadas por el Comité de Activos y Pasivos.
- V. Fondos de Liquidez “*Short Term Money Market Funds*” cuyas participaciones sean transadas en un mercado organizado, tengan valoración de precios por un proveedor de precios aceptado y una calificación de riesgo otorgada por una calificadora reconocida.

b) Entidades en las que se pueden realizar inversiones:

- I. Gobierno Central de Costa Rica y sus instituciones: BCCR, Ministerio de Hacienda, Bancos Estatales.
- II. Bonos soberanos, cuyas emisiones tengan grado de inversión asignados por agencias calificadoras de riesgo autorizadas por un ente regulador y, al menos, con la misma calificación del banco.
- III. Bancos y emisores privados autorizados por el órgano de activos y pasivos, fondos de liquidez “*Short Term Money Market Funds*”, bonos de deuda

soberana y eurobonos de los países que cuenten con grado de inversión o emisores privados cuyas emisiones tengan grado de inversión asignados por agencias calificadoras de riesgo autorizadas por un ente regulador y, al menos, con la misma calificación del banco o cuando las transacciones implican algún riesgo de contraparte (*i.e., leveraged accounts o margin accounts*, para posiciones apalancadas o de “ventas en corto”, entre otros). La contraparte debe tener al menos calificación A- o superior por parte de Standard & Poor’s o Moody’s y tener una perspectiva (Outlook) estable o positiva.

- IV. Para el establecimiento de una relación con un participante del mercado internacional y si las transacciones son entrega contra pago (*Delivery vs Payment*), la contraparte debe ser de notoria presencia, reconocimiento y prestigio en los mercados internacionales (empresa de renombre).

Políticas de diversificación y límites

Con el fin de obtener una diversificación adecuada de la cartera (por moneda, por plazo, por país, por emisor y otros) y evitar riesgos por concentraciones, se establecen los siguientes límites a la cartera de inversiones:

- a) Se podrá invertir hasta un treinta por ciento (30%) del total de la cartera de inversiones en un solo sector (Privado Local, Privado del exterior, Fondos de Inversión locales, Fondos de Inversión Exterior, Público local y Público del exterior), con excepción de valores del Sector Público local, donde se podrá invertir hasta un cien por ciento (100%). La alerta temprana se dispara en cuanto el límite alcance un 25%.
- b) Se podrá invertir hasta un treinta por ciento (30%) del total de la cartera de inversiones en un solo país. Con excepción de Costa Rica, donde se podrá invertir el

cien por ciento (100%). En el caso de soberanos del exterior, solo se podrá invertir en deuda externa transada en mercados internacionales. La alerta temprana se dispara en cuanto el límite alcance un 20%.

- c) Para inversiones en un solo emisor, se debe considerar lo establecido en la normativa vigente respecto al 20% del patrimonio, de manera que se podrá invertir hasta un noventa y cinco por ciento (95%) de este límite normativo, con excepción de Gobierno, donde se podrá invertir hasta el cien por ciento (100%).
- d) Se podrá invertir hasta un cien por ciento (100%) del total de la cartera de inversiones en colones. Para inversiones en dólares, se podrá invertir hasta un cien por ciento (100%) del total de la cartera de inversiones. En otras monedas, las inversiones no deberán superar un 10%.
- e) Se podrá endeudar hasta un cien por ciento (100%) de la cartera de inversiones, siempre y cuando el endeudamiento tenga por objeto resolver dificultades transitorias de liquidez.
- f) Los montos invertidos en títulos valores no deberán exceder el veinte por ciento (20%) del monto total en circulación de la emisión correspondiente.

Este capítulo ha tratado de explicar el enfoque normativo en el cual se desenvuelve el Banco I.M. S.A., iniciando con los Acuerdos de Basilea I, II y III; luego, la adopción por parte de la Superintendencia General de Entidades Financieras en Costa Rica con el Acuerdo 17-13 y, finalmente, el establecimiento de políticas y lineamientos internos por parte del banco con el fin de cumplir con lo sugerido a nivel del cumplimiento del coeficiente de liquidez, a través de una adecuada administración de la liquidez de los fondos recibidos producto de la intermediación bancaria.

Capítulo IV: Análisis y elección de alternativas de solución

Después de realizar una descripción macro y micro del sector de la economía en el que se desarrolla el Banco I.M. S.A. en el capítulo dos y luego de comprender las bases promulgadas por Basilea III, por medio de las cuales se establecen las reglas y directrices en cuanto a gestión de liquidez, y su adopción en Costa Rica a través de la Superintendencia General de Entidades Financieras, con el fin de que todo el Sistema Bancario Costarricense deba ejecutar una administración adecuada de liquidez visto en el capítulo tres, este capítulo procederá a realizar un análisis de la composición del portafolio actual del banco.

Este análisis comprenderá tres áreas que se pueden considerar sensibles en el establecimiento y cumplimiento de la normativa:

1. La primera se refiere al calce de plazos con el fin de observar las exigencias de liquidez en las que el banco se puede ver sometido a lo largo del tiempo, de acuerdo con las estructuras de activos y pasivos indicados por la normativa.
2. La segunda efectuará una validación del portafolio de inversiones, desde su composición con respecto a la política de inversión del banco, hasta los tipos de calificaciones que tiene cada uno de los instrumentos.
3. La tercera analizará, en el mercado internacional, los instrumentos que permitan al Banco I.M. S.A. ajustar su portafolio de inversión a las directrices nombradas en el Acuerdo de SUGEF 17-13 del Reglamento de Administración de Liquidez.

Calce de liquidez

El calce de plazos es un riesgo frecuente en entidades bancarias principalmente y el descalce consiste en que cuando el banco posee activos a un plazo (por ejemplo a largo plazo) y sus pasivos o deudas se hallan en un plazo diferente (por ejemplo a corto plazo), esto implica que cambios en las tasas de interés podrían afectar positiva o negativamente la gestión de la entidad, según suba o baje la tasa de interés.

El riesgo por descalce de plazos es el riesgo de que la condición económica se vea afectada por cambios adversos en las tasas de interés de mercado. Este riesgo existe cuando la sensibilidad de los activos de una entidad ante cambios en las tasas no coincide con la sensibilidad de sus pasivos.

Por consiguiente, el calce consiste en que el banco o entidad posea niveles similares de activos y pasivos en corto plazo y largo plazo. A continuación, se presenta el cuadro de calce de plazos de Banco I.M. S.A.:

Cuadro 7: Calce de plazos del Banco I.M. S.A. al 31 de marzo de 2016

Banco I.M. S.A. Reporte de Calce Plazos Al 31 de Marzo 2016 En millones de colones										
Descripcion Rubro		A la Vista	De 1 a 30 días	De 31 a 60 días	De 61 a 90 días	De 91 a 180 días	De 181 a 365 días	Mayor a 365 días	Vencido Mayor a 30 días	Total
M a c r o n i c i o n e s a l a l	Disponibilidades	10.950,92	-	-	-	-	-	-	-	10.950,92
	Cuenta de encaje con el BCCR	7.020,61	2.421,75	2.744,26	2.852,22	4.195,41	4.950,25	2.151,34	-	26.335,84
	Inversiones	-	36.733,43	2.194,42	39,37	464,95	2.023,77	8.142,92	-	49.598,85
	Cartera de créditos	28.071,58	9.659,46	2.557,26	14.497,77	9.665,02	11.120,45	37.976,04	8.925,07	122.472,64
	Total recuperación de activos	46.043,11	48.814,63	7.495,94	17.389,36	14.325,37	18.094,48	48.270,30	8.925,07	209.358,25
	Obligaciones con el público	51.566,33	17.787,72	20.156,59	20.949,54	30.815,23	36.359,59	15.801,62	-	193.436,62
	Obligaciones con Entidades Financieras	65,54	-	-	-	-	-	-	-	65,54
	Cargos por pagar	1.647,84	-	-	-	-	-	-	-	1.647,84
	Obligaciones con el BCCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total vencimiento de pasivos	53.279,71	17.787,72	20.156,59	20.949,54	30.815,23	36.359,59	15.801,62	-	195.150,01
DIFERENCIA		(7.236,61)	31.026,90	(12.660,65)	(3.560,18)	(16.489,86)	(18.265,12)	32.468,68	8.925,07	14.208,24
e x m p l a r a	Disponibilidades	12.437,59	-	-	-	-	-	-	-	12.437,59
	Cuenta de encaje con el BCCR	23.281,32	6.460,23	7.106,86	5.320,58	12.929,49	17.927,14	8.975,40	-	82.001,00
	Inversiones	5,42	37.810,09	27,30	2.900,35	250,55	81,90	109,20	-	41.184,81
	Cartera de créditos	7.868,79	12.139,14	11.132,50	28.507,15	37.749,03	19.614,84	333.916,46	8.259,36	459.187,28
	Total recuperación de activos	43.593,11	56.409,45	18.266,67	36.728,08	50.929,07	37.623,87	343.001,06	8.259,36	594.810,67
	Obligaciones con el público	125.772,09	34.899,91	38.393,23	28.743,22	69.848,64	96.847,33	48.487,57	-	442.992,00
	Cargos por pagar	3.330,21	-	-	-	-	-	-	-	3.330,21
	Obligaciones con el BCCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total vencimiento de pasivos	129.102,30	34.899,91	38.393,23	28.743,22	69.848,64	96.847,33	48.487,57	-	446.322,21
	DIFERENCIA		(85.509,19)	21.509,54	(20.126,56)	7.984,86	(18.919,57)	(59.223,45)	294.513,48	8.259,36	148.488,47

Fuente: Banco I.M. S.A. / Elaboración propia

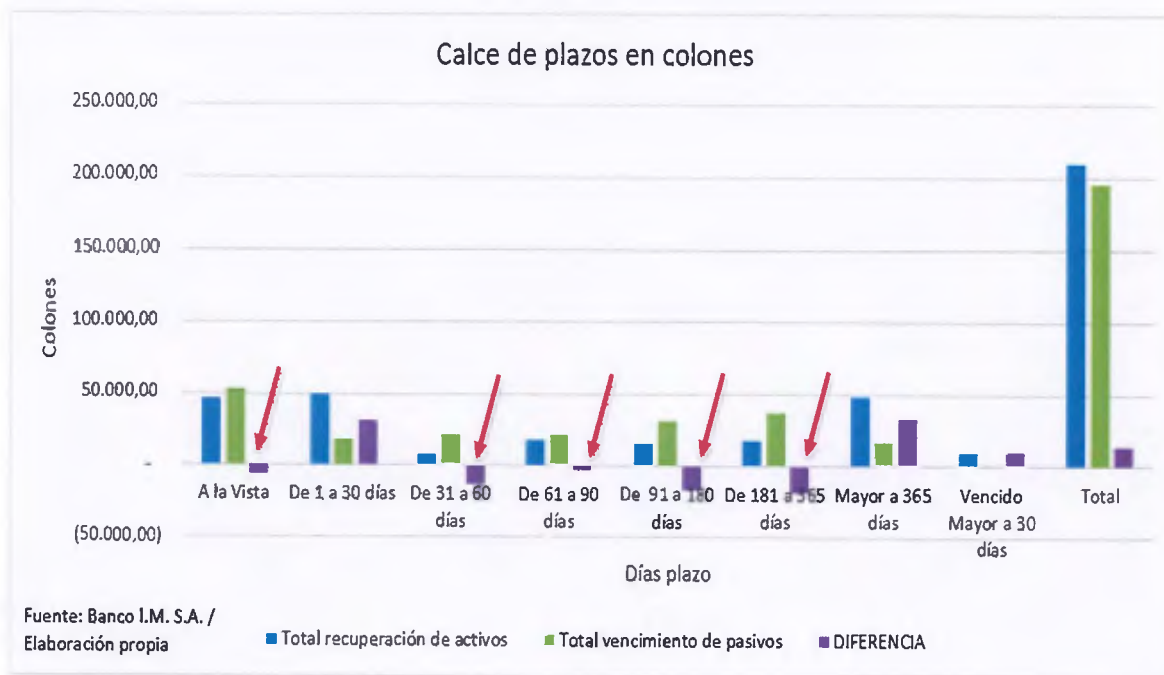
Realizando un análisis de los plazos, tanto en activos como pasivos en ambas monedas, se pueden observar algunos descalces, lo que no necesariamente significa que exista un riesgo de iliquidez por parte del banco; sin embargo, estos descalces hacen que el banco en la actualidad realice verificaciones diarias de sus posiciones.

Si se toman las posiciones por moneda, en forma neta del total de recuperación de activos y vencimiento de pasivos, se puede observar lo siguiente:

- Colones:

1. El calce de plazos a la vista y de 1 a 30 días son los más importantes en cuanto a la exigencia de liquidez, dado que son los activos y pasivos requeridos en el plazo más próximo. Si se complementan ambos se puede observar que el descalce mostrado a la vista se minimiza con el calce de 1 a 30 días.
2. Por otra parte, en los plazos de 61 a 90 días, 91 a 180 días y 181 a 365 días se observa un descalce producido, básicamente, porque la mayoría de los vencimientos de los activos se encuentran a la vista, entre 1 a 30 días y mayores a 365 días.

Gráfico 11: Calce de plazo del Banco I.M. S.A. en colones al 31 de marzo de 2016 (dolarizado)



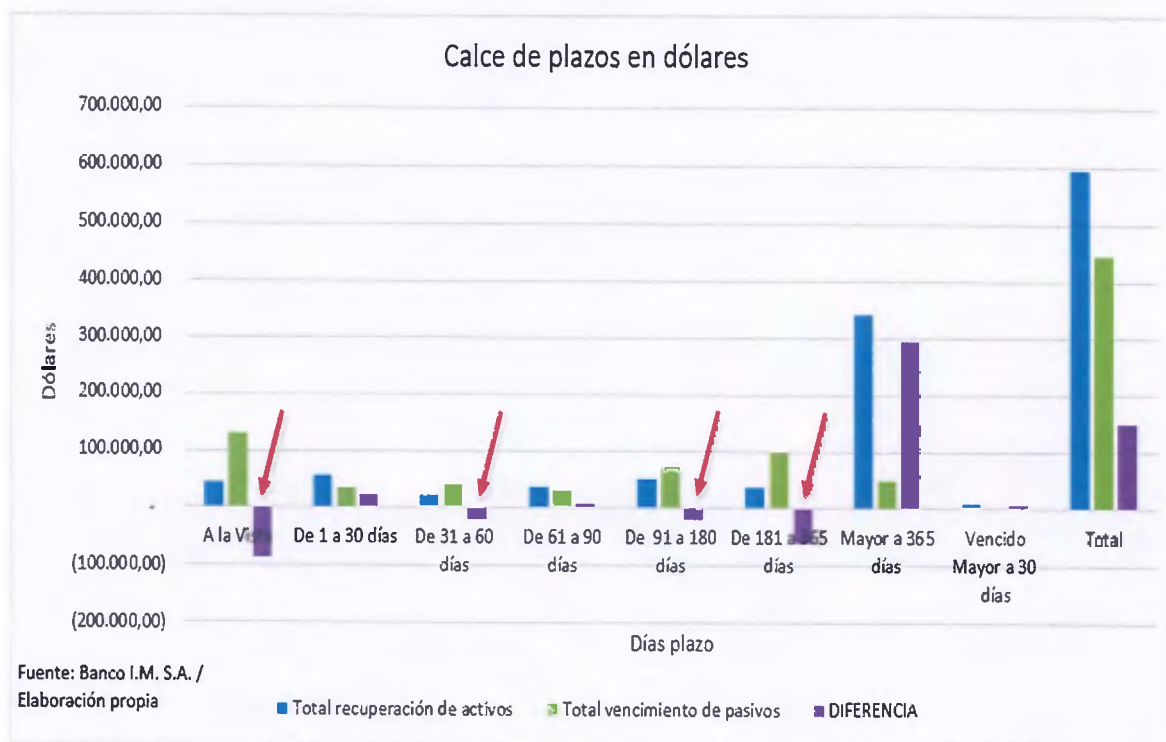
- Dólares:

1. El calce de plazos a la vista muestra un fuerte descalce, el cual no puede ser complementado con el calce que se produce de 1 a 30 días, lo que supone

que el Banco I.M. S.A. deberá realizar liquidaciones de sus inversiones que se encuentran en el largo plazo (más de 365 días), para hacer frente a las exigencias de liquidez.

2. Con respecto a los plazos de la parte media entre 31 y 180 días, los descálces se muestran en un nivel menor que a la vista, pero, en caso de requerir solventar alguna exigencia de liquidez, se deberá, del mismo modo que el punto anterior, liquidar posiciones que se encuentran a más de 365 días.

Gráfico 12: Calce de plazo del Banco I.M S.A. en dólares al 31 de marzo de 2016



Al final del plazo en ambas monedas, se puede observar que no hay un descalce de liquidez, pero, en la distribución por cada uno de los plazos, sobre todo en dólares, se observan concentraciones altas con vencimientos a más de 365 días, lo que supone una liquidación de estas inversiones para solventar las posibles exigencias de liquidez en el corto plazo.

Ahora bien, surge entonces la siguiente interrogante, de estar las inversiones en instrumentos poco líquidos que no se puedan negociar en mercados fácilmente: ¿esto podría aumentar el riesgo de liquidez? En la siguiente sección, se analizará la composición del portafolio de inversión y su cumplimiento con las características mencionadas en el *Acuerdo SUGEF 17-13 del Reglamento de Administración de Liquidez*.

Portafolio de inversiones de Banco I.M. S.A.

Un portafolio de inversiones o cartera de valores es una determinada combinación de activos financieros en los cuales se invierte. Puede estar compuesta por una combinación de algunos instrumentos de renta fija y renta variable.

Los instrumentos de renta variable no aseguran un retorno inicial, pero pueden ofrecer retornos más altos, mientras que los de renta fija normalmente poseen una rentabilidad menor, pero aseguran un retorno fijo.

La renta fija también está sujeta a variaciones de rentabilidad dependiendo de la situación macroeconómica, de los países, de la quiebra o impago, de los plazos a corto, medio o largo plazo, sea estatal o de empresas. Muchas de las opiniones de los gestores de portafolio coinciden en no invertir más de un 20 % o 25% en un solo fondo de inversión, aunque se crea que sea muy bueno; sin embargo, esto también va a depender mucho de la política de inversión de la entidad que se analiza.

Dependiendo del tipo de inversor del que se trate (conservador, de crecimiento, agresivo o sofisticado), la ponderación de los diferentes activos será diferente. En esto influye también en gran medida el plazo temporal. En esta línea, no se recomienda invertir un porcentaje amplio de la cartera en renta variable si no se tiene un plazo temporal superior a 5 años de inversión, tal como se describió en el capítulo No.3 de este estudio, pues la gestión de liquidez busca un horizonte de tiempo de corto plazo.

Por otra parte, los buenos fondos de inversión se han considerado como una forma de ahorro más segura que la adquisición de acciones por los partícipes individuales minoristas, ya que permiten por mucho menos dinero, tener mayor número de acciones en cartera, diversificación de títulos y, además, son gestionadas por profesionales del sector.

Ahora bien, tomando en cuenta que el Banco I.M. S.A. es un inversionista institucional, cuyo plazo de inversión está sometido a un encaje mínimo legal regulado por la Superintendencia General de Entidades Financieras y que cuenta con una política de inversión aprobada por el Órgano de Activos y Pasivos Interno, se evaluará el portafolio de inversión desde dos perspectivas: la primera según el cumplimiento de la política de inversión y la segunda tomando en cuenta los límites establecidos en el *Acuerdo SUGEF 17-13 Reglamento sobre la Administración del Riesgo de Liquidez*.

Análisis de la política de inversión

Este análisis permite determinar si las inversiones se encuentran dentro del marco aprobado por el Órgano Interno del Banco I.M. S.A., además de brindar un panorama sobre los instrumentos que integran el portafolio y sobre las posibles estrategias de inversión.

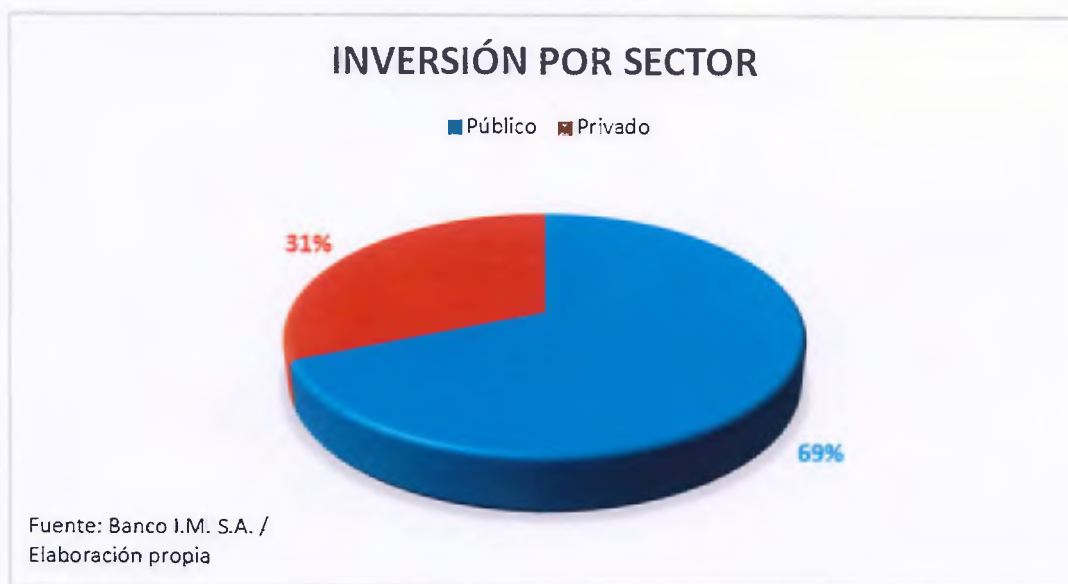
Inversiones por sector público o privado

El sector público costarricense está determinado por todas aquellas emisiones que son realizadas por el Gobierno de Costa Rica o el Ministerio de Hacienda, ya sea por medio de deuda interna o externa. El resto de instrumentos financieros se considerarán de sector privado. De acuerdo con lo anterior, se puede observar que actualmente la composición total del portafolio tiene un 69 % en el sector público con \$114 millones dólares, mientras que en el sector privado con \$52.2 millones de

Sector	Total
Público	114.034.691,12
Privado	52.299.294,69
Grand Total	166.333.985,81

dólares con un 31 %. De acuerdo a la política, se puede invertir hasta un 30 % en el sector privado.

Gráfico 13: Distribución del portafolio según el sector público y privado, datos en dólares al 31 de marzo de 2016



Con el fin de determinar que el 31% del sector privado corresponde a un solo emisor, se toma cada uno de los emisores, determinando que existe una concentración de no más del 31% de todo el sector privado, liderado por el Institutional Cash Series Public Limited Company (31%), luego con Morgan Stanley y JP Morgan con una participación del 27%, Improsa Sociedad de Fondos con un 8% y el resto de emisores se distribuyen el 7%.

Emisor	Total
Institutional Cash Series Public Limited Company	16.000.000,00
Morgan Stanley	14.010.230,26
JP Morgan	14.000.000,00
Improsa Sociedad de Fondos	4.436.869,08
Vista Sociedad de Fondos	996.360,74
Banco de Costa Rica	995.569,02
Instituto Costarricense de Electricidad	723.016,36
Florida Ice & Farm	717.249,23
Citi Bank	370.000,00
Banco Cathay Costa Rica	50.000,00
Total	52.299.294,69

Gráfico 14: Composición del portafolio por emisor, datos en dólares al 31 de marzo de 2016



Inversiones por país

Básicamente, la inversión por país se divide en los países de Costa Rica y Estados Unidos de América. Esta división tan marcada se debe, en primera instancia, a que en Costa Rica se exige a los bancos mantener sumas invertidas en los títulos del Banco Central y, en segundo puesto, por la facilidad de negociación y liquidez que brindan las bolsas de valores de Estados Unidos de América, pues se trabaja con bancos cuyo domicilio se encuentra en ese país.

País	Total
Costa Rica	121.953.755,55
USA	44.380.230,26
Total	166.333.985,81

Gráfico 15: Distribución del portafolio de Banco I.M. S.A. por país, con datos en dólares al 31 de marzo de 2016



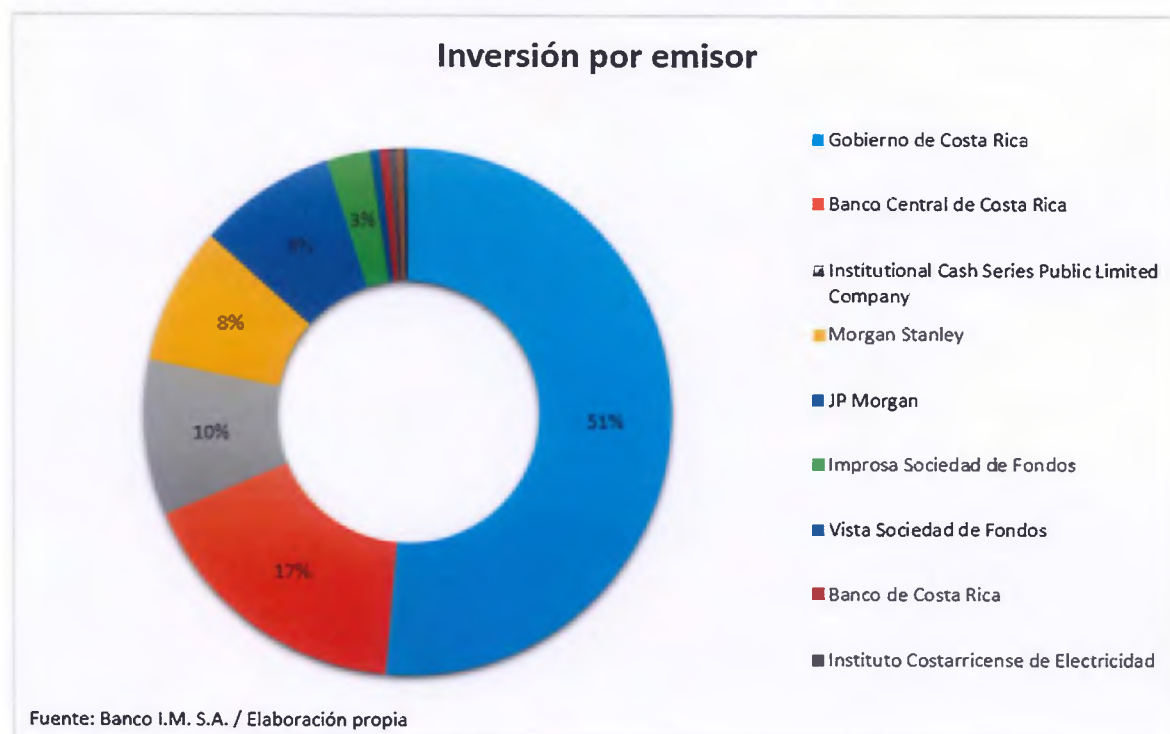
Inversiones por emisor

Otro de los puntos importantes es la concentración por emisor, dado que una concentración mayoritaria en emisor puede conducir a que, ante una situación de impago, retrasos, cambios en la calificación o bien falta de liquidez en el mercado, exista el riesgo de no poder liquidar toda la inversión. De acuerdo con los datos mostrados hasta el 31 de marzo de 2016, todo el portafolio muestra una **concentración** importante en títulos del Gobierno y el Ministerio de Hacienda de Costa Rica por un total de \$114.03 millones de dólares (68%), mientras que el tercer emisor en concentración es Institutional Cash Series Public Limited Company con \$16 millones de dólares (10%), luego Morgan Stanley y JP Morgan poseen un 8% cada uno,

Emisor	Total
Gobierno de Costa Rica	85.474.401,42
Banco Central de Costa Rica	28.560.289,70
Institutional Cash Series Public Limited Company	16.000.000,00
Morgan Stanley	14.010.230,26
JP Morgan	14.000.000,00
Improsa Sociedad de Fondos	4.436.869,08
Vista Sociedad de Fondos	996.360,74
Banco de Costa Rica	995.569,02
Instituto Costarricense de Electricidad	723.016,36
Florida Ice & Farm	717.249,23
Citi Bank	370.000,00
Banco Cathay Costa Rica	50.000,00
Total	166.333.985,81

y, finalmente, los demás siete emisores se dividen un total de \$8.2 millones de dólares, que entre los siete no supera el 6% de la totalidad de la inversión.

Gráfico 16: Distribución del portafolio de Banco I.M. S.A. por emisor, con datos dolarizados al 31 de marzo de 2016.



Inversiones por moneda

La diversificación del portafolio va a depender mucho de la cantidad de activos y pasivos que posea la compañía en un momento dado. Actualmente, el Banco I.M. S.A. presenta ligeramente una inversión mayor en dólares de \$89.5 millones, mientras que en colones dolarizado es de \$76.7 millones. Esto confirma lo mostrado por el cuadro del calce de plazos, ahí se puede apreciar que la recuperación de activos y el vencimiento de pasivos es mayor en dólares que en colones.

Moneda	Total
Dólares	89.581.477,72
Colones	76.752.508,09
Total	166.333.985,81

Gráfico 17: Diversificación del portafolio del Banco I.M. S.A. por moneda, con datos en dólares al 31 de marzo de 2016



Análisis de las calificaciones actuales de las inversiones

El análisis de las calificaciones se basará en los portafolios de inversión que se encuentran en Banco I.M. S.A. en las monedas de colones y dólares, con el fin de verificar que los instrumentos contenidos en cada uno de ellos se encuentren dentro de los parámetros solicitados en el Acuerdo SUGEF 17-13 *Reglamento Sobre la Administración del Riesgo de Liquidez* y el Acuerdo Basilea III estudiados en el capítulo No.3 del presente proyecto.

Cabe resaltar que algunos de estos instrumentos financieros se mantienen dentro del portafolio de inversiones debido a algunos acuerdos bilaterales, que mantiene Banco I.M. S.A. con otras entidades financieras. Estos acuerdos no permiten modificar o cambiar ese instrumento utilizado como garantía. Al realizar el cálculo de cuanto representa esa

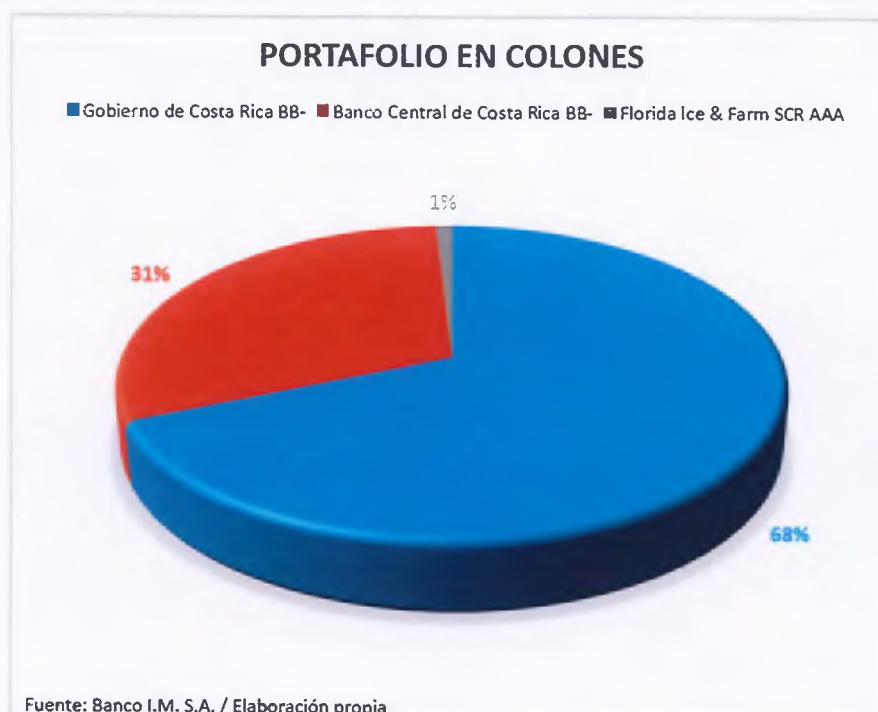
inversión dentro de la totalidad del portafolio, su porcentaje no es representativo con respecto al total de toda la cartera.

Portafolio en colones

El portafolio de inversiones en colones se encuentra constituido por emisiones del Gobierno y el Ministerio de Hacienda de Costa Rica que juntos representan el 99%, así como también de la empresa Florida Ice & Farm con un 1% del total de la inversión.

Nombre emisor	Calificación	Total
Gobierno de Costa Rica	BB-	52.597.707,30
Banco Central de Costa Rica	BB-	23.437.551,56
Florida Ice & Farm	SCR AAA	717.249,23
Grand Total		76.752.508,09

Gráfico 18: Distribución del portafolio de Banco I.M. S.A. por emisor y calificación de riesgo, datos en dólares al 31 de marzo de 2016



- Gobierno y Ministerio de Hacienda: de acuerdo con el portafolio suministrado por el banco hacia el 31 de marzo del 2016, se les tiene asignado una calificación AAA de la calificadora Standard & Poor's. Sin embargo, esta calificación, de acuerdo con las tablas internacionales mostradas en la página www.tradingeconomics.com (Trading Economics, 2016), debe de ser de BB- para esa calificadora de riesgo en todas las emisiones de deuda que realice Costa Rica.
- Florida Ice & Farm: calificada como una compañía AAA en la que según la calificadora Sociedad Calificadora de Riesgo: *“scr AAA: son emisiones con la más alta capacidad de pago del capital e intereses en los términos y plazos acordados. No se vería afectada ante posibles cambios en el emisor, en la industria a la que pertenece o en la economía. Nivel Excelente”* (Sociedad Calificadora de Riesgo, 2016).

De acuerdo a lo anterior, aunque la normativa permite instrumentos con una calificación AA- o de menor riesgo, los títulos emitidos por el Gobierno y el Ministerio de Hacienda son realizados por el Banco Central con miras a que los bancos mantengan sus inversiones en estos instrumentos según el Acuerdo 17-13 *Reglamento Sobre la Administración del Riesgo de Liquidez*, artículo No.16, inciso ii. Pág. 13.

Adicionalmente, a nivel internacional no existen instrumentos en moneda colones emitidos en otros países por lo que la entidad con menos riesgo para invertir es el Banco Central de Costa Rica.

Portafolio en dólares

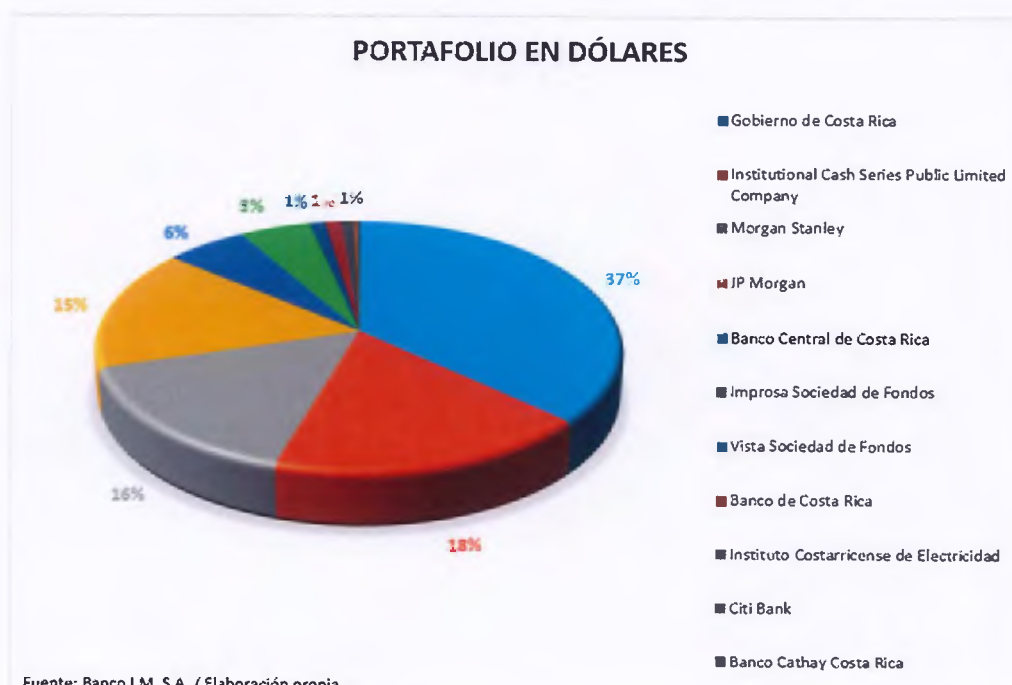
El portafolio de inversiones en dólares posee una mayor diversificación tanto de emisores como de instrumentos financieros. Producto de esa diversificación, un emisor puede tener varias calificaciones como los fondos de inversión, los certificados a plazo o títulos de deuda. De acuerdo con la distribución por emisor, se puede observar que la cartera está constituida por 11 emisores distintos de los cuales un 46%, mientras que el

Institutional Cash Series Public Limited Company tiene una participación de \$16 millones con un 18%. Adicionalmente, se tienen emisores como Morgan Stanley y JP Morgan con \$14 millones cada uno para un 8% del portafolio cada uno. Con una participación menor, pero significativa, se encuentra Improsa Sociedad de Fondos con \$4.4 millones para un 5%.

Nombre emisor	Total
Gobierno de Costa Rica	32.876.694,12
Institutional Cash Series Public Limited Company	16.000.000,00
Morgan Stanley	14.010.230,26
JP Morgan	14.000.000,00
Banco Central de Costa Rica	5.122.738,14
Improsa Sociedad de Fondos	4.436.869,08
Vista Sociedad de Fondos	996.360,74
Banco de Costa Rica	995.569,02
Instituto Costarricense de Electricidad	723.016,36
Citi Bank	370.000,00
Banco Cathay Costa Rica	50.000,00
Total	89.581.477,72

Finalmente, los emisores Vista Sociedad de Fondos, Banco de Costa Rica, Instituto Costarricense de Electricidad, Citi Bank y Banco Cathay cuentan todos juntos con una participación de \$3.1 millones, lo que representa el 3% del portafolio.

Gráfico 19: Distribución del portafolio en dólares del Banco I.M. S.A. por emisor al 31 de marzo de 2016



A continuación, se analizará cada uno de los emisores con sus respectivas calificaciones, dado que como se mencionó anteriormente, no necesariamente un emisor tendrá una calificación de riesgo única. Para este análisis, no se tomarán en cuenta las emisiones del Gobierno y el Ministerio de Hacienda de Costa Rica, puesto que se analizó en el portafolio en colones.

Cuadro 8: Portafolio en dólares del Banco I.M. S.A. por emisor, instrumento y calificación de riesgo al 31 de marzo de 2016

Nombre emisor	Instrumento	Calificación	Total
Gobierno de Costa Rica	tp\$	BB-	32.876.694,12
Institutional Cash Series Public Limited Company	ICSLH	A1+	16.000.000,00
Morgan Stanley	CDP-CI	F1	10.230,26
	MSILF	A1+	14.000.000,00
JP Morgan	JPMUSDL LX	F1+	14.000.000,00
Banco Central de Costa Rica	TripML	BB-	5.122.738,14
Improsa Sociedad de Fondos	cre\$1	FII 3(cri)	822.960,00
	fio1	FII 4(cri)+	333.499,08
	inm\$2	FII 3(cri)+	3.280.410,00
Vista Sociedad de Fondos	inm1\$	AA+(cri)	996.360,74
Banco de Costa Rica	bbc18	Ba1	995.569,02
Instituto Costarricense de Electricidad	BONO	BB+	723.016,36
Citi Bank	CDP-CI	F1	370.000,00
Banco Cathay Costa Rica	CDP-CI	SCR 2-	50.000,00
Total			89.581.477,72

Fuente: Banco I.M. S.A. / Elaboración propia

- Institutional Cash Series Public Limited Company: el objetivo de inversión del Fondo es maximizar los ingresos ordinarios junto con la preservación del capital y la liquidez mediante el mantenimiento de una cartera de instrumentos de corto plazo del *money market* de alta calidad. Adicionalmente, la composición del portafolio según el sitio www.morningstar.com es solo efectivo (Morningstar, 2016), calificado con A1+ de acuerdo con la calificadora de riesgo Standard & Poor's, una obligación a corto plazo con calificación "A-1: tiene una clasificación en la categoría más alta por parte de Standard & Poor's. La capacidad del emisor para cumplir con sus

compromisos financieros de la obligación es fuerte. Dentro de esta categoría, ciertas obligaciones se designan con un signo más (+)" (Standard & Poor's, 2016). Esto indica que la capacidad del emisor para cumplir con sus compromisos financieros de estas obligaciones es extremadamente fuerte. Este instrumento cumple con la calificación solicitada por el Acuerdo 17-13.

- Morgan Stanley:
 - Certificado de depósito a plazo (CDP): el instrumento de certificado de inversión por su objetivo es a un plazo menor de un año, el cual puede ser redimible en cualquier momento. Este CDP, según la agencia calificadora de riesgo Fitch, tiene una calificación de F1 de emisión de corto plazo, de acuerdo con su tabla de equivalencias la calificación de largo plazo equivalente es entre A+ o A- (Fitch Ratings, 2016), por lo que no está cumpliendo con el Acuerdo 17-13.
 - *Money Market*: con respecto a esta inversión, tiene una calificación A1+ de Standard & Poor's, lo que la ubica al igual que el Institutional Cash Series Public Limited Company como una inversión de alta calidad, cumpliendo el Acuerdo 17-13.
- JP Morgan: esta es una inversión en un *money market*, con una calificación de F1+ por parte de Fitch Ratings, lo que significa que según la tabla de equivalencias de largo plazo puede estar situado entre AAA y A+ y, por lo tanto, cumple con el Acuerdo 17-13
- Improsa Sociedad de Fondos: Subsidiaria del Grupo Financiero Improsa, dedicada a administrar fondos de inversión especializados en el área inmobiliaria. Actualmente, administra los fondos de inversión inmobiliarios Gibraltar, Crestones, Dólares, Dólares Dos, Tres y Cuatro (Improsa Sociedad de Fondos, 2016). Los tres fondos que a continuación se analizarán son inmobiliarios, es decir que, su objetivo primordial es invertir en propiedades construidas y en operación con lo cual ofrecen una atractiva diversificación de riesgo que se obtiene con la inversión en inmuebles

comerciales de alto valor (*commercial real estate*) que operan en diferentes sectores de la economía: comercio, oficinas, gobierno, educación, industria y tecnología, entre otros, y que sirven de albergue a una gran cantidad de inquilinos. La diversificación se obtiene también con la inversión en inmuebles ubicados en sitios “*premium*” de distintas áreas geográficas. Adicionalmente, las calificaciones otorgadas son únicamente a nivel nacional por la denominación (cri).

- Fondo inmobiliario los Crestones: posee una calificación de FII 3(cri), la cual significa que los fondos en esta categoría poseen una **buena capacidad** para mantener la generación de flujos en el tiempo con relación a otros fondos en el mercado local en el que operan. Poseen un buen nivel en cuanto a los fundamentales del portafolio inmobiliario evaluados, tales como: características de las propiedades, diversificación, estructura financiera, sensibilidad del portafolio ante eventos de estrés y administración. Esta calificación no está acorde al Acuerdo 17-13 (SUGEVAL Hecho Relevante, 2016).
- Fondo inmobiliario cuatro: posee una calificación de FII 4(cri), la cual significa que los fondos en esta categoría poseen una **aceptable** capacidad para mantener la generación de flujos en el tiempo en relación con otros fondos en el mercado local en el que operan. Poseen un razonable nivel en cuanto a los fundamentales del portafolio inmobiliario evaluados, tales como: características de las propiedades, diversificación, estructura financiera, sensibilidad del portafolio ante eventos de estrés y administración. Esta calificación no está acorde al Acuerdo 17-13 (SUGEVAL Hecho Relevante, 2016).
- Fondo inmobiliario dos: posee una calificación igual a la del fondo inmobiliario crestones de FII 3(cri), la cual no se adecúa al Acuerdo 17-13 (SUGEVAL Hecho Relevante, 2016).

- Vista Sociedad de Fondos: la Subsidiaria del Grupo Financiero Acobo inicialmente se enfocó en la administración de fondos de inversión financieros exclusivamente brindando a sus clientes una gama amplia de opciones para invertir tanto en moneda nacional como extranjera y, a partir del año 2001, incursionan en la administración de fondos de inversión inmobiliarios.
 - Fondo inmobiliario uno: La inversión en el Fondo Inmobiliario Vista está dirigida a inversionistas que desean participar en una cartera diversificada de bienes inmuebles a través de un fondo de inversión. Asimismo, cuentan con algún grado de asesoría sobre inversiones diferentes a las inversiones en activos financieros, de tal forma que son capaces de comprender cómo las técnicas de gestión nacidas en el mercado financiero (la gestión colectiva de la inversión) son aplicadas en este caso a objetos del mercado inmobiliario (ACOBO, 2016). La calificación otorgada por la agencia calificadora de riesgo Fitch Ratings es de AA+(cri), lo que denota expectativas de muy bajo riesgo de incumplimiento en relación con otros emisores u obligaciones en Costa Rica. El riesgo de incumplimiento difiere sólo ligeramente del de los emisores u obligaciones con las más altas calificaciones del país (Fitch Ratings, 2016), lo cual cumple con el Acuerdo 17-13.
- Banco de Costa Rica: banco perteneciente al estado costarricense, pero sus emisiones no se consideran del Gobierno o del Ministerio de Hacienda. Por consiguiente, se asigna como entidad privada. La inversión actual es en el bono de deuda al 2018, cuya calificación es Ba1 de acuerdo con la agencia calificadora de riesgo Moody's (Moody's, 2016), la cual no se ajusta al Acuerdo 17-13.
- Instituto Costarricense de Electricidad: institución perteneciente al estado costarricense, pero que, igual que el Banco de Costa Rica, sus emisiones no se consideran del Gobierno o del Ministerio de Hacienda. Esta inversión corresponde a un bono de deuda con vencimiento en el año 2043. Calificada a nivel internacional como BB+, lo que indica una vulnerabilidad elevada al riesgo de crédito, en particular

en el caso de cambios adversos en las condiciones económicas o de negocios a través del tiempo. Sin embargo, las alternativas financieras o de negocio pueden estar disponibles para permitir que los compromisos financieros que deben cumplirse (Fitch Ratings, 2016). Esta calificación no cumple con el Acuerdo 17-13.

- Citi Bank: nuevamente se cuenta con un certificado de depósito a plazo, según la agencia calificadora de riesgo Fitch, tiene una calificación de F1 de emisión de corto plazo que de acuerdo con su tabla de equivalencias la calificación de largo plazo equivalente es entre A+ o A- (Fitch Ratings, 2016), por lo que no cumple con el Acuerdo 17-13.
- Banco Cathay Costa Rica: entidad financiera de capital privado en Costa Rica, de acuerdo con la Sociedad Calificadora de Riesgo, la calificación SCR 2- es para emisiones de corto plazo, que tienen muy alta capacidad de pago del capital e intereses en los términos y plazos acordados. Sus factores de riesgo no se verían afectados en forma significativa ante eventuales cambios en el emisor, en la industria a la que pertenece o en la economía al corto plazo, con un nivel muy bueno de pago (Sociedad Calificadora de Riesgo, 2016). Esta calificación no se ajusta a lo indicado en el Acuerdo 17-13.

Como conclusión, en el siguiente cuadro se puede resumir que, de un total de \$89.5 millones de dólares del portafolio, existe un monto de \$6.58 millones de dólares (7.35%) que se deben ajustar con calificaciones de AA- o de menor riesgo, con el fin de cumplir con la normativa existente.

Cuadro 9: Inversiones del portafolio en dólares del Banco I.M. S.A. que no se ajustan al Acuerdo 17-13 de SUGEF

Nombre emisor	Instrumento	Calificación	Se ajusta	Total
Morgan Stanley	CDP-CI	F1	No	10.230,26
Improsa Sociedad de Fondos	cre\$1	FII 3(cri)	No	822.960,00
Improsa Sociedad de Fondos	fi01	FII 4(cri)+	No	333.499,08
Improsa Sociedad de Fondos	inm\$2	FII 3(cri)+	No	3.280.410,00
Banco de Costa Rica	bbc18	Ba1	No	995.569,02
Instituto Costarricense de Electricidad	BONO	BB+	No	723.016,36
Citi Bank	CDP-CI	F1	No	370.000,00
Banco Cathay Costa Rica	CDP-CI	SCR 2-	No	50.000,00
Total				6.585.684,72

Fuente: Banco I.M. S.A. / Elaboración propia

Análisis de posibles inversiones con calificación AA- o menor riesgo

Dado que en el análisis del portafolio por monedase determinó que algunas de las inversiones que suman el monto de \$6.5 millones de dólares cumplen con la calificación mínima de AA- o de menor riesgo solicitada por el Acuerdo 17-13, en los mercados internacionales y el local, existen una serie de instrumentos alternativos que el Banco I.M. S.A. no ha incluido en su cartera de inversiones.

Estos instrumentos, podrían reestructurar el portafolio de inversión en cuanto a las calificaciones otorgadas a cada uno de ellos y, de esta manera, asegurar su venta rápida y brindar liquidez en casos de exigencias o descalces, tal y como se observó en la primera parte de este análisis.

En la escogencia de los siguientes instrumentos financieros, se han tomado en cuenta las siguientes características:

1. La calificación de riesgo de la inversión
2. El país de la emisión
3. La moneda
4. La trayectoria de la compañía en el caso de los bonos corporativos

Bonos y notas del tesoro de Estados Unidos

Los valores del Tesoro de los Estados Unidos (tales como letras, pagarés y bonos) son obligaciones de deuda emitidas por el gobierno estadounidense. Debido a que tales obligaciones de deuda están respaldadas por la "entera fe y credibilidad" del gobierno de los Estados Unidos y dada su potestad de recaudar ingresos tributarios y de imprimir moneda, la inversión en Bonos del Tesoro de los Estados Unidos es considerada como la más segura. Se contemplan en el mercado como carentes de "riesgo de crédito", o sea que se da prácticamente por seguro que el interés y el capital se pagarán de manera puntual - los compradores extranjeros de Bonos del Tesoro de los Estados Unidos corren el riesgo de las variaciones en los tipos de cambio de moneda-. Gracias a este grado de seguridad, los tipos de interés son, por lo general, más bajos que los de otra deuda ampliamente negociada, como los bonos corporativos.

De acuerdo con la página de los bonos del tesoro www.treasury.gov, los rendimientos de los bonos a los diferentes plazos de 1 mes a 30 años para el mes de marzo 2016 fueron los siguientes:

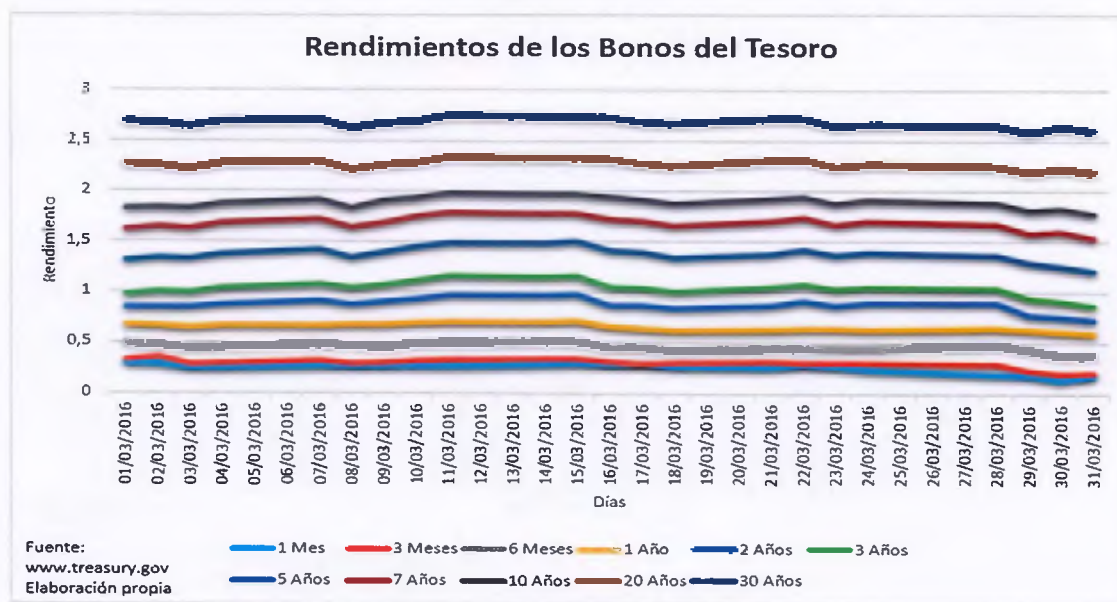
Cuadro 10: Rendimientos al vencimiento de los bonos del tesoro de Estados Unidos en el mes de marzo 2016

Fecha	1 Mes	3 Meses	6 Meses	1 Año	2 Años	3 Años	5 Años	7 Años	10 Años	20 Años	30 Años
01/03/2016	0,29	0,33	0,5	0,68	0,85	0,98	1,31	1,62	1,83	2,28	2,7
02/03/2016	0,28	0,36	0,48	0,67	0,85	1	1,34	1,65	1,84	2,27	2,69
03/03/2016	0,25	0,28	0,46	0,65	0,85	0,99	1,33	1,63	1,83	2,23	2,65
04/03/2016	0,25	0,29	0,47	0,67	0,88	1,04	1,38	1,69	1,88	2,29	2,7
07/03/2016	0,27	0,32	0,49	0,67	0,91	1,08	1,42	1,72	1,91	2,3	2,71
08/03/2016	0,27	0,29	0,48	0,68	0,88	1,04	1,34	1,64	1,83	2,22	2,63
09/03/2016	0,27	0,3	0,47	0,68	0,9	1,07	1,39	1,69	1,9	2,27	2,68
10/03/2016	0,27	0,32	0,5	0,69	0,93	1,11	1,45	1,75	1,93	2,29	2,7
11/03/2016	0,27	0,33	0,51	0,7	0,97	1,16	1,49	1,79	1,98	2,34	2,75
14/03/2016	0,28	0,34	0,52	0,7	0,97	1,15	1,49	1,78	1,97	2,33	2,74
15/03/2016	0,29	0,34	0,52	0,71	0,98	1,16	1,5	1,78	1,97	2,33	2,73
16/03/2016	0,28	0,31	0,47	0,66	0,87	1,05	1,41	1,72	1,94	2,32	2,73
17/03/2016	0,29	0,29	0,47	0,64	0,87	1,04	1,39	1,7	1,91	2,28	2,69
18/03/2016	0,27	0,3	0,44	0,62	0,84	1	1,34	1,66	1,88	2,26	2,68
21/03/2016	0,26	0,31	0,46	0,63	0,87	1,05	1,38	1,7	1,92	2,31	2,72
22/03/2016	0,28	0,3	0,46	0,64	0,91	1,08	1,42	1,74	1,94	2,32	2,72
23/03/2016	0,27	0,3	0,46	0,64	0,87	1,03	1,37	1,67	1,88	2,25	2,65
24/03/2016	0,24	0,3	0,46	0,63	0,89	1,05	1,39	1,7	1,91	2,28	2,67
28/03/2016	0,19	0,24	0,49	0,65	0,89	1,04	1,37	1,68	1,89	2,26	2,66
29/03/2016	0,18	0,23	0,45	0,63	0,78	0,94	1,29	1,59	1,81	2,2	2,6
30/03/2016	0,14	0,2	0,39	0,61	0,76	0,91	1,26	1,6	1,83	2,24	2,65
31/03/2016	0,18	0,21	0,39	0,59	0,73	0,87	1,21	1,54	1,78	2,2	2,61

Fuente: www.treasury.gov / Elaboración propia

Si se realiza un gráfico con todos los rendimientos, se observa que los rendimientos han tenido ligeras modificaciones a lo largo del mes.

Gráfico 20: Rendimientos al vencimiento de los bonos del tesoro de Estados Unidos en el mes de marzo 2016



Bonos soberanos de países calificación AAA

Los bonos de élite, también llamados AAA, son un bono de inversión que actúa como índice de rendimientos de todos los bonos que tienen una calificación triple A por parte de la agencia de calificación Moody's.

Se consideran los de mejor calidad, ya que tienen el riesgo de inversión más bajo y se denominan de primer orden. El pago de sus intereses son periódicos y su nivel de riesgo es relativamente bajo.

Aunque es posible que cambien los distintos elementos de protección, es improbable que estos alteren la fuerte posición de estos bonos en el mercado, puesto que son previsibles.

De acuerdo con las tres calificadoras de riesgo más reconocidas (Standard & Poor's, Moody's y Fitch), son 13 los países con grado de inversión AAA en los cuales se podrían comprar de sus bonos para diversificar el portafolio.

Gráfico 21: Países cuya calificación es AAA al 31 de marzo de 2016

País	S&P	Opinion	Moody's	Opinion	Fitch	Opinion
Dinamarca	AAA	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Alemania	AAA	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Luxemburgo	AAA	Estable	Aaa	Negativa	AAA	Estable
Holanda	AAA	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Suiza	AAA	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Canadá	AAA	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Noruega	AAA	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Suecia	AAA	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Singapore	AAA	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Australia	AAA	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Estados Unidos	AA+	Estable	Aaa	Estable	AAA	Estable
Austria	AA+	Negativa	Aaa	Negativa	AA+	Estable
Finlandia	AA+	Negativa	Aaa	Estable	AA+	Estable

Fuente: www.tradingeconomics.com / Elaboración propia

Con el cuadro anterior, se escogen los países de Canadá, Dinamarca, Alemania, Noruega y Suiza, con el fin de construir la curva soberana de rendimientos en el vencimiento de cada título con fecha de negociación del 28 de abril del 2016.

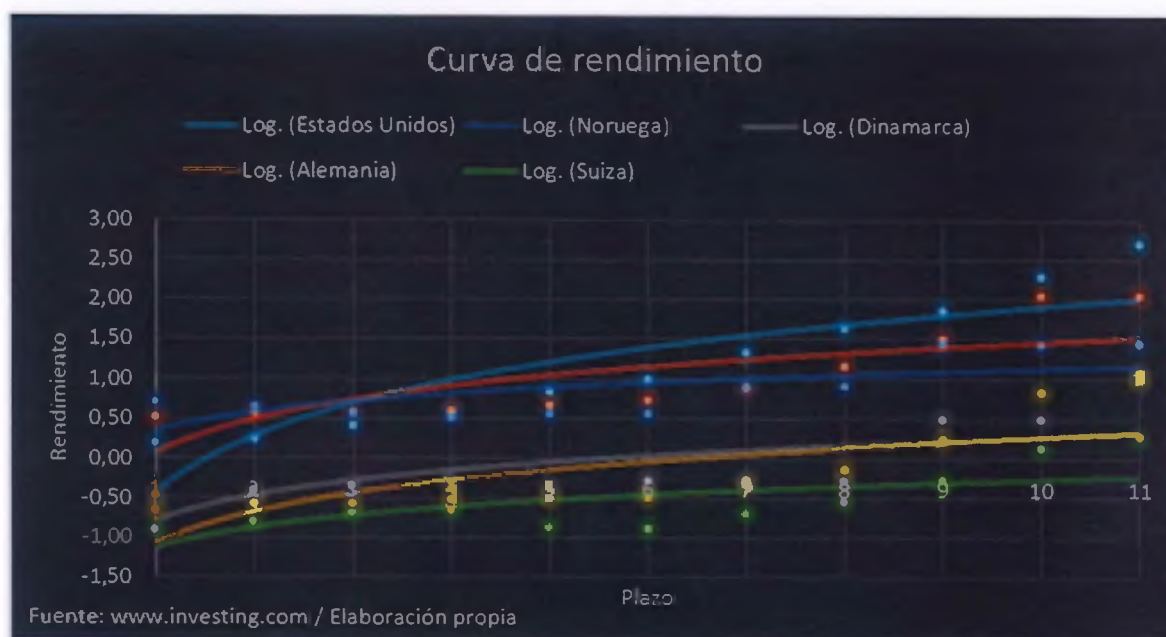
Cuadro 11: Rendimientos de los bonos de países con calificación AAA de 1 mes a 30 años negociado el 28 de abril de 2016

Plazo	Estados Unidos	Canadá	Dinamarca	Alemania	Noruega	Suiza
1 Mes	0,18	0,51	-0,46	-0,66	0,70	-0,90
3 Meses	0,24	0,56	-0,40	-0,58	0,64	-0,80
6 Meses	0,40	0,58	-0,34	-0,56	0,57	-0,70
1 Año	0,58	0,61	-0,29	-0,53	0,51	-0,65
2 Años	0,83	0,66	-0,37	-0,50	0,56	-0,86
3 Años	0,99	0,73	-0,28	-0,48	0,56	-0,88
5 Años	1,33	0,88	-0,28	-0,33	0,91	-0,70
7 Años	1,64	1,17	-0,28	-0,14	0,91	-0,54
10 Años	1,87	1,50	0,49	0,24	1,44	-0,27
20 Años	2,30	2,05	0,49	0,82	1,44	0,12
30 Años	2,71	2,06	1,06	0,99	1,44	0,27

Fuente: www.investing.com / Elaboración propia

Una vez obtenidos los datos, se puede hacer un gráfico que permite visualizar la curva soberana de rendimientos al vencimiento de los países escogidos, mostrando que en este momento existe la posibilidad de inversión de Canadá, dado que sus rendimientos se ajustan mejor al rendimiento de los bonos de Estados Unidos.

Gráfico 22: Curva de rendimiento soberana de los bonos AAA de 1 mes a 30 años según la negociación del 28 de abril de 2016



Bonos corporativos AAA

Los bonos corporativos son obligaciones de deuda o pagarés que emiten las empresas tanto privadas como públicas. Las empresas emiten muchas clases distintas de bonos y utilizan los fondos que obtienen a partir de la venta de los bonos para una variedad de finalidades desde la construcción de nuevas viviendas o la compra de nuevos equipamientos hasta la expansión comercial por medio de adquisiciones financieras. Las

empresas también pueden emitir bonos como sustituto de la financiación bancaria o para incrementarla o porque no pueden conseguir financiación por otros medios.

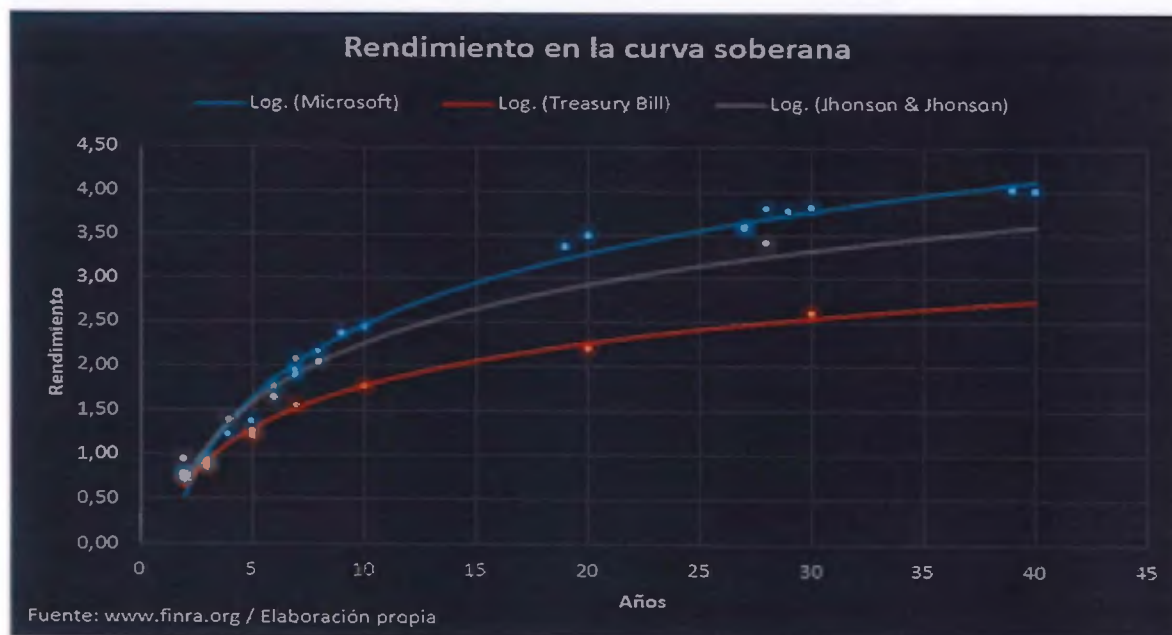
De acuerdo a lo evaluado en este estudio, se tomaron los criterios para la búsqueda de bonos corporativos que cumplieran las siguientes características:

- Una empresa que sea conocida en Costa Rica.
- Una calificación otorgada por Moody's, Standard and Poor's y Fitch que fuese AAA.
- Los bonos que cuenten con un cupón de tasa fija.
- Los rendimientos al vencimiento que se encuentren por encima de la curva de rendimientos del Bono del Tesoro de Estados Unidos.

De los anteriores criterios, en la página www.finra.org se pudo obtener la información de las compañías, de manera que de un total de 1200 bonos mostrados en la selección se selecciona a Microsoft Corporation y Jhonson & Jhonson. En el Anexo A y Anexo B se pueden encontrar las características de los títulos de ambas empresas, que fueron utilizadas para el cálculo de las curvas en el gráfico comparativo.

Según el gráfico de los rendimientos versus la curva soberana, se puede observar que lo mínimo que se puede exigir en emisiones corporativas es que los rendimientos al vencimiento sean mayores a los rendimientos de un bono del tesoro, dados los riesgos de incumplimiento asociados a la inversión. Se puede determinar que la compañía que posee un mayor rendimiento es Microsoft Corporation y, por consiguiente, se le puede adjudicar que sus bonos poseen cierto grado de riesgo.

Gráfico 23: Rendimientos de las empresas Microsoft Corp. y Jhonson & Jhonson versus la curva soberana de Bonos del Tesoro de Estados Unidos al 28 de abril de 2016



Money Market Fund

Un *money market* es un segmento del mercado financiero en el que se negocian instrumentos financieros con alta liquidez y vencimientos muy cortos. El mercado de dinero es utilizado por los participantes como un medio de empréstitos y préstamos a corto plazo, de varios días a un poco menos de un año. Los valores del mercado monetario consisten en certificados de depósito negociables (CD), aceptaciones bancarias, letras del Tesoro de EE.UU., papel comercial, pagarés municipales, fondos federales y acuerdos de recompra (repos).

Al igual que en la inversión del fondo Institutional Cash Series Public Limited Company, a través de la página www.morningstar.com se logra identificar el fondo Shelton Capital Management U.S. Government Securities Fund Direct Shares (CAUSX). El objetivo de inversión del Fondo es la búsqueda de la liquidez, la seguridad de riesgo de crédito y el nivel más alto de ingresos como es coherente con estos objetivos. Cabe destacar que la

composición del fondo es de 100% Bonos del Gobierno de Estados Unidos por lo que es una oportunidad de diversificar el portafolio sin necesidad de comprar un solo Bono del Tesoro.

Ahora bien, para entender un poco el comportamiento del bono, se realiza un análisis técnico, con el fin de determinar ciertos cambios que pueden afectar su compra:

1. Bollinger Bands: se puede observar que los precios actuales se encuentran por encima de la media y cercanos a la banda superior, por lo que se puede definir que están relativamente altos y puede que exista en este momento una sobre compra. Adicionalmente, existe un ligero ensanchamiento de las bandas y, por consiguiente, se puede decir que el valor está volátil.
2. El promedio móvil simple: muestra que el fondo se movió totalmente hacia la pérdida entre los años 2013 e inicios del 2014, pero, como se comentó en el punto anterior, los precios se encuentran por encima del promedio móvil, lo que confirma una posible sobreventa.

Gráfico 24: Análisis técnico del precio del fondo CAUSX al 28 de abril de 2016



Fuente: finance.yahoo.com

A lo largo del capítulo, se ha realizado un análisis sobre la gestión del fondo de liquidez de Banco I.M. S.A., evaluando tres áreas sensibles. La primera mostró que un

descalce de plazos no significa problemas de liquidez, pero, puede significar la venta de inversiones que se encuentran en el largo plazo con tal de cumplir con las exigencias y que, por consiguiente, estas inversiones deben ser lo más líquidas posibles.

Como segunda área, se evaluó la composición de las calificaciones de riesgo de cada uno de los portafolios (colones y dólares). En los colones, se observó que las calificaciones cumplían con el Acuerdo 17-13; sin embargo, en dólares existen inversiones que suman alrededor de \$6 millones que no se encuentran acorde a la normativa.

En la tercera, se dio a la tarea de evaluar en el mercado activo de Estados Unidos, los posibles instrumentos financieros en los que el Banco I.M. S.A. puede invertir, cumpliendo no solo el Acuerdo 17-13, sino también su política de inversión. Se logró identificar a los Bonos del Tesoro de Estados Unidos como la inversión menos riesgosa a nivel mundial, luego los bonos soberanos de países como Canadá, Suiza, Noruega, Alemania, entre otros. También se analizó los bonos corporativos cuya calificación es AAA y cuentan con cierto margen de inversión y de rendimiento comparado con la curva soberana de Estados Unidos. Finalmente, se identifica un fondo en *money market*, cuyo portafolio está constituido por bonos del gobierno de Estados Unidos que, por medio de un análisis técnico, se muestra que el fondo en este momento puede estar sobrevendido, pero que, para el futuro, puede permitir la compra y venta rápida de las inversiones.

En el siguiente capítulo, se presentarán las conclusiones y recomendaciones para el Banco I.M. S.A., lo que puede representar importantes oportunidades de mejora en el portafolio de inversión y la gestión del fondo de liquidez.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se presentarán una serie de conclusiones y recomendaciones, que se han derivado a lo largo del desarrollo de cada uno de los capítulos anteriores del presente estudio, de manera que tanto el lector como el Banco I.M. S.A. puedan coincidir y dialogar acerca de su aplicación a nivel del sector financiero costarricense.

Es importante aclarar que las siguientes conclusiones y recomendaciones no son de carácter obligatorio para ninguna entidad financiera en Costa Rica, pero permitirán mejorar la gestión del riesgo de liquidez con respecto al calce de plazos y de la cartera de inversiones, apeándose a los lineamientos establecidos en el Acuerdo 17-13 SUGEF del *Reglamento sobre la Administración del Riesgo de Liquidez*.

Conclusiones

1. El realizar inversiones en instrumentos financieros requiere de un conocimiento técnico amplio que abarca desde las características asociadas a cada una de las emisiones, análisis de la liquidez que tienen en un mercado como las Bolsas de Valores y futuros, así como los mercados de bonos y monedas (OTC) de Estados Unidos y de Costa Rica, el objetivo de la política de inversión o bien del apetito de riesgo con que cuenta la entidad; contar con información basada en un análisis técnico complementado con un análisis fundamental con el fin de definir los tipos de instrumentos que se desean en la cartera, monitoreo constante de los cambios de los precios y liquidez de las inversiones y finalmente pero no menos importante, tener claro los tipos de calificaciones de riesgo y las respectivas equivalencias otorgadas por las calificadoras de riesgo, dado que existen equivalencias que pueden confundir a un inversionista.
2. Antes de iniciar cualquier estudio sobre una entidad bancaria, es esencial determinar la misión, visión, su estructura organizativa, metas y estrategia de

clientes meta, ya que esto puede determinar el giro de negocio porque la captación de recursos puede provenir de préstamos que le brindan entidades externas, ahorrantes, el aporte de los socios, cancelación de los créditos que poseen los clientes, entre otros. Estos recursos son los utilizados por la entidad para realizar sus inversiones en instrumentos financieros, que en caso de requerimientos de liquidez, deben de ejecutarlos para los desembolsos respectivos.

3. Al analizar la normativa asociada con los activos de calidad y la gestión del fondo de liquidez, se observa que el Acuerdo Basilea III y el Acuerdo SUGEF 17-13 del *Reglamento sobre la Administración del Riesgo de Liquidez* fueron establecidos precisamente para mantener la liquidez de las inversiones que efectúa una entidad financiera, es decir, no se puede especular con inversiones de instrumentos que puedan llegar a tener baja bursatilidad en un mercado de valores, ya que si se presentan exigencias de recursos se necesita vender las posiciones lo más rápido posible y, en épocas de crisis como la del 2008, son pocos los que desean comprar inversiones.
4. Los acuerdos de Basilea III y SUGEF indican en qué se deben realizar inversiones en instrumentos que tengan una calificación AA- o de menor riesgo. No obstante, esta calificación puede variar entre todas las calificadoras de riesgo, incluso si se observan las tres principales como lo son Moody's, Standard and Poor's y Fitch, se debe buscar las tablas de equivalencias entre todas para tener claro cuál es la calificación que tiene un título en específico. Incluso cuando se evalúan inversiones de corto plazo, existen otro tipo de calificaciones, tanto para certificados de depósito a plazo como para fondos de inversión, por lo que nuevamente debe de utilizarse una tabla de equivalencias para escoger el instrumento que se adecue a la normativa.
5. Para el caso de Costa Rica, las emisiones del Banco Central de acuerdo con Moody's, la calificación otorgada es de Ba1. Esta calificación es considerada como de bonos

sin grado de inversión, o bien, como se conoce en el argot bursátil, bono basura “*junk bonds*”; sin embargo, en la cultura de inversionistas costarricenses se considera como una de las inversiones más seguras, por lo que los portafolios de Banco I.M. S.A. poseen una concentración alta en esos instrumentos. Adicionalmente, al mantener esas inversiones en el Banco Central, se permite el utilizar el ponderador a un 100% aunque tenga una calificación inferior a la exigida para otros instrumentos.

6. Dado que el Banco I.M. S.A. debe realizar una gestión del riesgo de liquidez, la teoría indica que entre menos riesgo, menos tasa de interés se recibirá por la inversión. Esta tasa está asociada al riesgo sistemático y no sistemático. Por esto, al buscar inversiones que mantengan una calificación de AA- o de menor riesgo, el rendimiento del portafolio estará ligado a los rendimientos de títulos como los Bonos del Tesoro de Estados Unidos de América, bonos soberanos con calificaciones AAA, bonos corporativos y fondos de *money market*.
7. La normativa no es clara sobre si la calificación de riesgo debe ser para emisiones dentro de un país específico, o bien, de grado internacional. Esto se presenta para el ejemplo visto de los fondos inmobiliarios, cuya calificación se encuentra asociada al país como tal y no a nivel internacional, donde ambas calificaciones serían muy diferentes y, por lo tanto, se puede inducir a error al inversionista, en el sentido que se invierta en un fondo cuya calificación sea AAA pero únicamente dentro de Costa Rica y no en el exterior.
8. Existe la posibilidad, en el futuro, de que el efectivo y las inversiones de los bancos en Costa Rica se trasladen a mercados que cuentan con una variedad amplia de instrumentos cuya calificación es AA- o de menor riesgo, estableciendo una fuga de capital importante, ya que como se mencionada anteriormente, en Costa Rica son muy pocos los instrumentos calificados con AA- o de menor riesgo.

Recomendaciones

1. Establecer dentro de la política de gestión del riesgo de liquidez de Banco I.M. S.A. una tabla que permita visualizar las equivalencias de las calificaciones de corto y largo plazo, otorgadas al menos por las tres calificadoras de riesgo -Moody's, Standard and Poor's y Fitch- con el propósito de determinar si una posible inversión se encuentra con una calificación de AA- o de menor riesgo.
2. Considerar por parte del Banco I.M. S.A. el establecimiento de la figura de gestor de portafolio, el cual permitirá evaluar nuevos instrumentos, monitorear y dar seguimiento a las actuales inversiones que integran la cartera, de manera que estos activos de calidad se mantengan con calificaciones de AA- o de menor riesgo.
3. Mantener un monitoreo diario de los calces de plazo, dado que tanto en colones como en dólares se observan algunos descalces, que pueden ser solventados efectivamente con inversiones que se encuentran a más de 365 días, pero que al realizar el análisis de inversiones con calificación AA- o de riesgo menor existen \$6.5 millones de dólares que no se encuentran de acuerdo con la normativa.
4. Analizar la posibilidad de realizar inversiones en Bonos del Tesoro de Estados Unidos, puesto que son considerados como una de las inversiones más seguras, su tasa es considerada como de libre riesgo y es de los bonos más líquidos que se pueden adicionar a una cartera de inversiones con el fin de brindarle un equilibrio entre inversiones de menor y alto riesgo.
5. Evaluar los bonos soberanos calificados como AAA por todas las calificadoras de riesgo, ya que pertenecen a países cuyas economías son consideradas muy estables y de una muy alta probabilidad de pago. Adicionalmente, al ser bonos de tasa fija, se asegura el pago de cupones semestrales y, en caso de requerir su venta, son de muy fácil liquidación en el mercado internacional.

6. Estudiar la posibilidad de inversión en bonos de deuda de empresas que sean calificadas como AAA por las tres calificadoras de riesgo reconocidas a nivel internacional, como el ejemplo de Microsoft Corporation y Jhonson & Jhonson, los cuales tienen un rendimiento más alto de acuerdo con la curva soberana de Bonos del Tesoro de Estados Unidos, que son de renta fija, con cupón pagadero cada seis meses y que permiten subir el rendimiento de un portafolio.
7. Eliminar de forma paulatina aquellas inversiones que integran el portafolio cuya calificación no se ajusta al AA- o de menor riesgo, en especial aquellas que no se encuentran en certificados de inversión a plazo CDP, como lo son las inversiones en los fondos inmobiliarios de Improsa Sociedad Fondos de Inversión, el bono de Banco de Costa Rica y el Instituto Costarricense de Electricidad que, aunque poseen rendimientos atractivos para el portafolio, no cumplen con lo establecido en los Acuerdos de Basilea III ni SUGEF 17-13.
8. Analizar las múltiples alternativas disponibles y realizar inversiones en los fondos de *money market* y fondos de liquidez, ya que son fondos en su mayoría de una muy alta liquidez y sus portafolios están garantizados con Bonos del Tesoro de Estados Unidos, mientras que en la práctica actual, las inversiones se realizan en fondos cuyo rendimiento es mayor que el de un fondo de *money market* con el fin de maximizar el rendimiento de la cartera, pero que no cuentan con una calificación de riesgo apropiada de acuerdo con la normativa.
9. Solicitar para cada una de las posibles compras futuras, el prospecto y un análisis técnico junto con un análisis fundamental de la inversión, con el fin de comprender el objetivo con el cual está hecho el instrumento y determinar si se ajusta al horizonte de inversión de acuerdo con la normativa vigente, la política de gestión de riesgo de liquidez y la política de inversión del Banco I.M. S.A.

Bibliografía

Documentos

Basilea, C. d. (2009). *Principios para la adecuada gestión y supervisión del riesgo de liquidez*. Basilea (Suiza): Banco de pagos internacionales.

Colombia, S. F. (Abril de 2014). Reglas Relativas al Sistema de Administración del Riesgo de Liquidez.

Libros

Joehnk, G. &. (2009). *Fundamentos de Inversiones*. México: Pearson Educación de México.

Jordan, R. W. (2010). *Fundamentos de Finanzas Corporativas*. México: McGraw Hill Educación.

Referencias electrónicas

Banco I.M. S.A. (12 de abril de 2016). *Política de Inversión Banco I.M. S.A.* Obtenido de <http://www.bancoimsa.com>

Banco I.M. S.A. (11 de abril de 2016). *Políticas y procedimientos gestión de liquidez*. Obtenido de <http://www.bancoimsa.com>

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. (2008). <http://www.epes.es>. Obtenido de http://www.epes.es/visita/formacion/CONTABILIDAD/TEMARIO%20UNED_PGC_PYMES_2008/3_capitulo-instrumentos%20financieros.pdf

Foundation, I. (Abril de 2001). *Banco Central del Uruguay*. Obtenido de http://www.bcu.gub.uy/Acerca-de-BCU/Concursos/NIC_01.pdf

IASCF. (17 de Enero de 2008). NIC 39. México DF, México. Obtenido de http://nicniif.org/files/u1/NIC_39.pdf

Solé, R. (28 de Octubre de 2011). *Curso Finanzas Avanzadas*. Obtenido de <http://finanzaslpucr-sole.blogspot.com/>

SUGEF. (30 de 08 de 2013). Acuerdo SUGEF 17-13 Reglamento sobre la Administración de Liquidez. San José, San José, Costa Rica. Obtenido de [http://www.sugef.fi.cr/normativa/normativa_vigente/documentos/SUGEF%2017-13%20\(v2%20mayo%202014\).pdf](http://www.sugef.fi.cr/normativa/normativa_vigente/documentos/SUGEF%2017-13%20(v2%20mayo%202014).pdf)

Superintendencia General de Entidades Financieras. (30 de agosto de 2013). *Acuerdo 17-13 SUGEF*. Obtenido de http://www.sugef.fi.cr/normativa/normativa_vigente/

Sitios web

Banco BBVA España. (Diciembre de 2013). Obtenido de <http://accionistaseinversores.bbva.com/TLBB/micros/bbvain2013/es/G/e3.html>

Banco Central de Costa Rica. (15 de marzo de 2016). Obtenido de <http://indicadoreseconomicos.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%202986>

Banco I.M. S.A. (02 de marzo de 2016). Obtenido de <http://www.bancoimsa.com/InformacionCorporativa/Informacion.aspx>

Bank for International Statements. (11 de abril de 2016). Obtenido de <https://www.bis.org/about/orggov.htm?m=1%7C2>

Comisión Nacional de Valores de Paraguay. (Noviembre de 2011). Obtenido de http://www.cnv.gov.py/publicaciones/folletos/calificadoras_py.pdf

Finanzas prácticas. (20 de setiembre de 2015). Obtenido de <http://www.finanzaspracticadas.com.co/finanzaspersonales/presupuestar/personales/administracion.php>

Pacific Credit Rating. (16 de febrero de 2016). Obtenido de <http://www.ratingspcr.com>

Real Academia Española. (30 de noviembre de 2015). Obtenido de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=GxPofZ8>

SUGEF. (30 de agosto de 2013). Acuerdo SUGEF 17-13 Reglamento sobre la Administración de Liquidez. San José, San José, Costa Rica.

Anexos

Anexo A: Características de los Bonos Corporativos de Microsoft Corporation al 28 de abril de 2016

Microsoft Corporation									
Isin	Call	Tipo	Tasa	Vencimiento	Moody's	S&P	Fitch	Precio	Rendimiento
MSFT3926357	Yes	Corporate Bond	0,875	15/11/2017	Aaa	AAA	AA+	100.155	0,77
MSFT3926358	Yes	Corporate Bond	2125	15/11/2022	Aaa	AAA	AA+	101.465	1,89
MSFT3926369	Yes	Corporate Bond	3500	15/11/2042	Aaa	AAA	AA+	98.700	3,58
MSFT4000842	Yes	Corporate Bond	1000	01/05/2018	Aaa	AAA	AA+	100.439	0,78
MSFT4000844	Yes	Corporate Bond	2375	01/05/2023	Aaa	AAA	AA+	101.874	2,08
MSFT4000847	Yes	Corporate Bond	3750	01/05/2043	Aaa	AAA	AA+	102.452	3,61
MSFT4077803	Yes	Corporate Bond	1625	06/12/2018	Aaa	AAA	AA+	101.886	0,89
MSFT4077805	Yes	Corporate Bond	3625	15/12/2023	Aaa	AAA	AA+	109.893	2,17
MSFT4077804	Yes	Corporate Bond	4875	15/12/2043	Aaa	AAA	AA+	117.979	3,81
MSFT4211179	Yes	Corporate Bond	1850	12/02/2020	Aaa	AAA	AA+	102.223	1,23
MSFT4211183	Yes	Corporate Bond	2375	12/02/2022	Aaa	AAA	AA+	103.256	1,77
MSFT4211185	Yes	Corporate Bond	2700	12/02/2025	Aaa	AAA	AA+	102.520	2,37
MSFT4211189	Yes	Corporate Bond	3500	12/02/2035	Aaa	AAA	AA+	101.750	3,37
MSFT4211190	Yes	Corporate Bond	3750	12/02/2045	Aaa	AAA	AA+	99.370	3,79
MSFT4211192	Yes	Corporate Bond	4000	12/02/2055	Aaa	AAA	AA+	99.293	4,04
MSFT4307003	Yes	Corporate Bond	1300	03/11/2018	Aaa	AAA	AA+	100.878	0,94
MSFT4307005	Yes	Corporate Bond	2000	03/11/2020	Aaa	AAA	AA+	102.670	1,38
MSFT4307007	Yes	Corporate Bond	2650	03/11/2022	Aaa	AAA	AA+	104.180	1,95
MSFT4307010	Yes	Corporate Bond	3125	03/11/2025	Aaa	AAA	AA+	105.541	2,45
MSFT4307004	Yes	Corporate Bond	4200	03/11/2035	Aaa	AAA	AA+	109.641	3,50
MSFT4307006	Yes	Corporate Bond	4450	03/11/2045	Aaa	AAA	AA+	110.988	3,82
MSFT4307011	Yes	Corporate Bond	4750	03/11/2055	Aaa	AAA	AA+	114.292	4,02

Fuente: www.finra.org / Elaboración propia

Anexo B: Características de los Bonos Corporativos de Jhonson & Jhonson al 28 de abril de 2016

Jhonson & Jhonson									
Isin	Call	Tipo	Tasa	Vencimiento	Moody's	S&P	Fitch	Precio	Rendimiento
JNJ.GH	No	Corporate Bond	6,73	15/11/2023	Aaa	AAA	AAA	132.820	2,04
JNJ.GM	No	Corporate Bond	4,95	15/05/2033	Aaa	AAA	AAA	122.418	3,23
JNJ.GO	Yes	Corporate Bond	5,55	15/08/2017	Aaa	AAA	AAA	106.126	0,74
JNJ.GP	Yes	Corporate Bond	5,95	15/08/2037	Aaa	AAA	AAA	138.191	3,41
JNJ.GQ	Yes	Corporate Bond	5,15	15/07/2018	Aaa	AAA	AAA	109.134	0,94
JNJ.GR	Yes	Corporate Bond	5,85	15/07/2038	Aaa	AAA	AAA	138.584	3,37
JNJ.GT	Yes	Corporate Bond	4,5	01/09/2040	Aaa	AAA	AAA	117.279	3,45
JNJ.G5	Yes	Corporate Bond	2,95	01/09/2020	Aaa	AAA	AAA	106.490	1,40
JNJ.GX	Yes	Corporate Bond	4,85	15/05/2041	Aaa	AAA	AAA	126.783	3,28
JNJ.GZ	Yes	Corporate Bond	3,55	15/05/2021	Aaa	AAA	AAA	111.076	1,27
JNJ.GW	Yes	Corporate Bond	2,15	15/05/2016	Aaa	AAA	AAA	100.065	0,84
JNJ4077469	Yes	Corporate Bond	4,5	05/12/2043	Aaa	AAA	AAA	119.059	3,42
JNJ4077468	Yes	Corporate Bond	4,375	05/12/2033	Aaa	AAA	AAA	115.403	3,20
JNJ4077466	Yes	Corporate Bond	3,375	05/12/2023	Aaa	AAA	AAA	110.113	1,94
JNJ4077464	Yes	Corporate Bond	1,65	05/12/2018	Aaa	AAA	AAA	101.852	0,92
JNJ4077463	Yes	Corporate Bond	0,7	28/11/2016	Aaa	AAA	AAA	100.126	0,48
JNJ4186048	Yes	Corporate Bond	1,125	28/11/2017	Aaa	AAA	AAA	100.530	0,78
JNJ4186056	Yes	Corporate Bond	1,875	05/12/2019	Aaa	AAA	AAA	102.761	1,09
JNJ4186057	Yes	Corporate Bond	2,45	05/12/2021	Aaa	AAA	AAA	104.284	1,65

Fuente: www.finra.org / Elaboración propia