Detecció de frau comptable

Model predictiu amb senyals d'alerta qualitatives i quantitatives en base a IA (Random Forest)

Ramon Oller Piqué

Núria Arimany Serrat i

Pilar Lloret Millán

ACCID
Associació Catalana de Comptabilitat i Direcció

Col·lecció ESTUDIS

Ajut a la recerca ACCID
XXI Edició dels Ajuts
Convocatòria 2023-2024
www.accid.org

Detecció de frau comptable

Model predictiu amb senyals d'alerta qualitatius i quantitatius en base a IA (Random Forest)

Ramon Oller Piqué
Núria Arimany Serrat
(Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya)
Pilar Lloret Millán
(Universitat Oberta de Catalunya)

Índex

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ 4

1.1. La informació financera en la presa de decisions 4

1.2. Problemes derivats de l´engany comptable 6

1.3. Impacte econòmic i social del frau comptable 7

1.4. Justificació científica i pràctica de l'estudi 9

1.5. Objectiu general i específics 11

CAPÍTOL 2. REVISIÓ DE LA LITERATURA 12

2.1. Concepte de manipulació comptable 12

2.2. Relació entre la manipulació comptable i el frau 13

2.3. Factors que propicien el frau comptable 14

2.4. Casos emblemàtics de frau comptable 17

2.5. L'interès acadèmic envers el maquillatge comptable 20

2.5.1. Evolució de l'interès acadèmic 21

2.5.2. Perspectives temàtiques i metodològiques 24

2.6. Ètica empresarial i sostenibilitat com a resposta 27

2.7. Relació amb els ODS, la responsabilitat social i maquillatge comptable 29

2.8. Conclusions 30

CAPÍTOL 3. MANIPULACIÓ COMPTABLE I SENYALS D´ALERTA DE FRAU COMPTABLE 34

3.1. El procés de maquillatge comptable i frau comptable 34

3.2. Senyals d´alerta de frau comptable en empreses 39

3.2.1. Estructura del model integral d´alerta d´engany comptable 39

3.2.2. Tipologia de senyals d'alerta segons el model integral 40

3.3. Conclusions 45

CAPÍTOL 4. IDENTIFICACIÓ DE LES VARIABLES MÉS PREDICTIVES DE FRAU COMPTABLE MITJANÇANT RANDOM FOREST 46

4.1. *Random Forest* i frau comptable 47

4.1.1. Fonaments conceptuals del Random Forest 47

4.1.2. Aplicacions pràctiques en entorns comptables i financers 49

4.1.3. Limitacions metodològiques i perspectives d'interpretabilitat 50

4.2. Metodologia 51

4.2.1. Mostra i criteris de selecció 51

4.2.2. Variables analitzades 53

4.2.3. Modelització estadística: Random Forest 59

4.3. Conclusions 61

CAPÍTOL 5. RESULTATS I DISCUSSIÓ DELS RESULTATS 62

5.1. Precisió predictiva i ajustament del model de classificació 62

5.2. Identificació de les variables explicatives clau 64

5.3. Anàlisi combinada de predictores clau en el *Random Forest* 69

5.4. Arbre resum 71

5.5. Conclusions 73

CAPÍTOL 6. MODEL PREDICTIU DE FRAU COMPTABLE: METODOLOGIA I APLICACIÓ PRÀCTICA 75

6.1. Objectiu del model predictiu 75

6.2. Construcció dels models predictius 76

6.2.1. De Random Forest a regressió logística 76

6.2.2. Construcció sistemàtica de 145 models 77

6.3. Implementació en Excel: estructura del model 79

6.3.1. Full "Predicció" 79

6.3.2. Full "Models" 80

6.4. Guia pràctica per a l'usuari 81

6.4.1. Dades (variables) a introduir 81

6.4.2. Passos operatius 82

6.5. Conclusions i perspectives 85

6.6. Casos pràctics 86

6.6.1. Cas pràctic: empresa d'energia renovable amb creixement accelerat 86

6.6.2. Cas pràctic: empresa de distribució amb risc baix de maquillatge comptable 89

6.7. Conclusions 91

CAPÍTOL 7. CONCLUSIONS 92

7.1. Aportacions rellevants de la investigació 93

7.2. Implicacions per a la pràctica acadèmica i professional 95

7.3. Limitacions de la investigació 96

7.4. Futures línies d'investigació 98

7.5. Cap a una nova cultura de transparència i anàlisi preventiva 100

BIBLIOGRAFIA 105

CAPÍTOL 1
INTRODUCCIÓ

1.1. La informació financera en la presa de decisions

La informació comptable transparent és fonamental per prendre decisions econòmiques fidedignes en qualsevol empresa, organització o institució amb l'objectiu d'aconseguir els objectius plantejats (Michulek *et al*., 2024). Però sovint es posen de manifest enganys comptables en la informació econòmica financera que no permeten conèixer la realitat de l'empresa i prendre les decisions adequades (Abed *et al*., 2022; Prasetiyo *et al*., 2023; Vega *et al*. 2021; Svabova *et al*., 2020). Així doncs, cal utilitzar alternatives comptables per millorar la informació financera, quan no és real (Vartiak i Garbarova, 2024; Jarah *et al*., 2022), doncs l'engany comptable es nodreix d'ajustos inadequats, manipulació de xifres o presentació no fidel de la informació financera, entre altres.

El maquillatge comptable és, en essència, un engany. Consisteix a presentar la informació econòmica d'una manera que no reflecteix fidelment la realitat de l'empresa, amb l'objectiu de generar una imatge més favorable. Aquest engany pot ser legal o il·legal. Quan la manipulació infringeix la llei o vulnera les normes comptables vigents, parlem de frau comptable. Tanmateix, en tots els casos, el maquillatge comptable suposa una alteració intencionada de la veritat i, per tant, posa en risc la transparència i la confiança que han de guiar la informació financera.

Cal tenir present que l'engany comptable es realitza a través de canvis en els criteris de valoració o alterant els comptes anuals, amb canvis en ingressos, despeses, actius, passius i patrimoni net per distorsionar la realitat. D'altra banda, també es poden manipular els comptes anuals a través d'anticipar o retardar operacions o senzillament amb operacions sense justificació econòmica raonable, tot amb voluntat d'alterar el resultat. Són pràctiques allunyades de la legalitat que distorsionen les decisions econòmiques (Amat, 2017; Hýblová *et al*., 2022; Gudev, 2023; Rahman *et al.,* 2023; Abdumannonovna, 2024). Per tant, quan es manipula la informació comptable s'ataca la confiança dels inversors, creditors i altres parts interessades (Drábková *et al*., 2022), i, es posa en relleu la important tasca dels auditors externs a les empreses (Ozcelik, 2020; Alshanti *et al*., 2024).

Així doncs, l'engany comptable a banda de l'impacte negatiu que produeix en la confiança d'inversors, creditors, treballadors i parts interessades, quan és públic té conseqüències molt negatives per a les empreses (Carnes *et al*., 2023).

Val a dir que quan es produeix l'engany comptable, els usuaris de la informació financera solen prendre decisions errònies amb conseqüències negatives (pèrdues econòmiques, d'imatge, de prestigi i falta de confiança, entre altres) (Beasley *et al*., 2010; Rezzoagli, 2020), que poden comportar la desaparició de l'empresa, la pèrdua de llocs de treball, sancions econòmiques o, fins i tot, delictes penals amb conseqüències com la presó. A més a més, afecta als auditors, amb importants sancions per no fer correctament el seu treball professional (Rezzoagli, 2020).

Altres conseqüències negatives dels escàndols comptables són la pèrdua de confiança dels usuaris i de tot l'ecosistema comptable d'actors que intervenen en la gestió d'informació i en la presa de decisions econòmiques oportunes. També impacta en els mercats financers i en l'estabilitat econòmica de manera negativa (Zahra *et al*., 2005; Karpoff *et al*., 2008; Cornejo i Guíñez, 2016; Hernández-Gil *et al*., 2019). En aquest context, es fa evident la necessitat de reforçar l'ètica empresarial i la governança corporativa (Gargouri *et al*., 2010; Kreismann i Talaulicar, 2020), per tal de detectar i controlar el frau comptable amb els indicadors pertinents i un model de predicció adequat (Rezzoagli, 2020).

1.2. Problemes derivats de l´engany comptable

L'engany comptable té rellevància científica i és objecte d'una àmplia recerca acadèmica, per la seva repercussió econòmica i social (Akpanuko i Umoren, 2018; Bermeo-Giraldo *et al*., 2021; Matei *et al*., 2023; Soltani *et al*., 2023; Aivaz *et al*., 2024), així com per la seva incidència en mercats, empreses i inversors (Miller, 2006; Firth *et al*., 2011; Chen *et al*., 2011; Campa *et al*., 2023; Michulek *et al*., 2024).

És un problema econòmic, però també social i de governança, doncs, la seva repercussió afecta al compliment dels Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) establerts per les Nacions Unides, en l'Agenda 2030 (Correa García, 2019; Muñoz-Ruiz *et al*., 2020; Lashitew, 2021; Medina, 2022). En concret, la manipulació comptable, com a manipulació intencionada de la informació financera per oferir una imatge distorsionada de la realitat econòmica, afecta la confiança en les institucions i els mercats, compromet el desenvolupament sostenible i vulnera diversos ODS, especialment en els ODS 5, 8, 9, 10, 12 i 16.

En primer lloc, l'ODS 5 sobre *igualtat de gènere* es veu compromès per la manca de transparència en la informació financera que amaga desigualtats salarials o de promoció en les organitzacions, que dificulta polítiques d'equitat.

Respecte l'ODS 8 sobre *Treball digne i creixement econòmic*, la manipulació comptable pot provocar una gestió empresarial ineficient i decisions laborals no adequades, així com manca d'inversions. En concret, la manipulació comptable posa en risc l'assoliment de l'ODS 8 per minar l'estabilitat i la integritat del sistema econòmic i financer, per la pèrdua d'ocupacions, ja que la millora de la competitivitat d'una empresa tant en els mercats nacionals com internacionals requereix d'una informació economicofinancera precisa i fiable (Travezaño, 2021; Hýblová *et al*., 2022).

Així mateix, l'ODS 9, que *promou la indústria, la innovació i les infraestructures*, es veu afectat per la manipulació comptable que distorsiona les inversions en projectes innovadors i sostenibles, desviant recursos que haurien de fomentar la competitivitat responsable. En concret, la desinformació financera sol conduir a una mala assignació

de recursos, afectant negativament la inversió en infraestructures i el desenvolupament tecnològic. També, pot bloquejar la inversió i la innovació en les empreses (Agbedahin *et al*., 2019; Chebbi *et al*., 2024; Amarna *et al*., 2024).

Pel que fa a l'ODS 10, de *reducció de les desigualtats*, la falta de rendició de comptes i la manipulació d'informació financera agreugen les asimetries en recursos financers afectant els més vulnerables. A més a més, la manipulació comptable falseja els comptes i pot beneficiar interessos individuals, que generin desigualtats, amb privilegis injustos i desequilibris socials.

En relació a l'ODS 12, de *producció i consum responsables*, la manipulació comptable oculta pràctiques empresarials insostenibles i pot donar una falsa imatge de compromís ambiental, social i de govern, ja que l'inversor i el consumidor prenen decisions amb informació errònia que afecta la producció, el consum i la gestió de manera determinant.

Finalment, l'ODS 16, centrat en la *pau, justícia i institucions sòlides*, resulta especialment compromès perquè la corrupció i la manca de transparència en la gestió financera erosionen la confiança ciutadana i posen en risc la solidesa de les institucions públiques i privades. Així doncs, aquesta falta de transparència afecta també la rendició de comptes de les institucions financeres i governamentals i se'n perd la confiança pública (Transparency International, 2020; Zhao *et al*., 2023).

En conjunt, aquestes pràctiques vulneren principis bàsics de sostenibilitat i justícia, minvant l'assoliment dels ODS i perpetuant dinàmiques de desigualtat i manca de responsabilitat, sense un desenvolupament sostenible per a la societat. Així doncs, la manipulació comptable afecta l'ètica, la legalitat, i suposa un obstacle per al desenvolupament sostenible just. Per això, la detecció i la prevenció són essencials per garantir una governança responsable i coherent amb l'Agenda 2030.

1.3. Impacte econòmic i social del frau comptable

Exposada la transcendència de la problemàtica del engany i frau comptable, cal posar en relleu el seu impacte econòmic i social. Segons Gupta *et al*. 2020, el maquillatge

comptable pot arribar a convertir-se en un delicte que perjudiqui l'economia en el seu conjunt. Per això, cal adoptar pràctiques econòmicament sostenibles, amb l'oportuna transparència en les divulgacions ambientals, socials i de governança (ESG), per tal d'estabilitzar el mercat i els preus, i garantir una comptabilitat fidel i ètica que eviti distorsions en la realitat financera de les empreses. Tot això requereix una supervisió adequada, mitjançant auditories externes, assegurant la integritat i la sostenibilitat a llarg termini de les organitzacions. De manera que un model que aproximi indicadors de frau o senyals d'alerta ha de formar part dels processos comptables que cal portar a terme.

Tot i que no s'hi ha aprofundit en aquest estudi, és important tenir present la fiscalitat, atès que presenta diferències significatives entre els diversos estats membres de la Unió Europea, fins i tot dins de cada país. En el marc de la Unió Europea, aquesta heterogeneïtat fiscal suposa un repte rellevant, si es pretén avançar cap a una integració real (De Grauwe, 2018). En aquest sentit, cal una major harmonització dels sistemes fiscals i establir mecanismes eficaços de supervisió conjunta (European Comissions, 2020). Igualment, seria desitjable la implementació d'un sistema de control extern sobre la destinació dels recursos tributaris, amb la finalitat de garantir la transparència i la rendició de comptes davant de totes les parts implicades (OECD, 2022; Heinemann *et al*., 2019).

Seguint amb la manipulació comptable Chebbi *et al*., 2024, assenyala que l'adopció de pràctiques sostenibles i la transparència en les divulgacions ambientals, socials i de governança (ESG) afavoreixen l'estabilitat dels preus de les accions i més confiança en el mercat, de manera que, la comptabilitat integrada rigorosa i ètica sense maquillatges comptables econòmics i socials permet veure la imatge fidel d'una empresa. Tot i la importància d'una supervisió adequada mitjançant auditories, els models predictius de frau comptable poden ajudar, i molt, a aconseguir controlar els impactes negatius econòmics, socials i de confiança que es generen a les empreses.

1.4. Justificació científica i pràctica de l'estudi

La detecció del maquillatge comptable representa un repte persistent tant per als òrgans de supervisió com per als professionals de la comptabilitat i l'auditoria. L'evolució de les tècniques de manipulació financera, sovint subtils i emparades per la normativa vigent, exigeix nous enfocaments capaços de capturar patrons complexos i no evidents. És en aquest context que l'estudi es fonamenta, tant des d'una perspectiva científica com pràctica, amb l'objectiu de contribuir a una millor identificació de conductes fraudulentes mitjançant metodologies d'anàlisi avançades.

Des d'un punt de vista científic, l'estudi es basa en l'aplicació d'un model d'aprenentatge automàtic —*Random Forest*— per tal de determinar quines variables comptables i extra-comptables presenten un major poder predictiu en la detecció de pràctiques fraudulentes. L'ús d'aquest model permet superar les limitacions de les tècniques estadístiques clàssiques, que sovint assumeixen relacions lineals i independents entre variables. En canvi, l'ús de la metodologia *Random Forest*, basada en arbres de decisió, permet capturar interaccions no lineals, tractar amb dades amb valors perduts i oferir mesures robustes d'importància de cada variable.

Aquesta metodologia ha estat àmpliament validada en àmbits com la medicina, la bioinformàtica o les ciències socials, però la seva aplicació en l'àmbit de la comptabilitat i la detecció del frau continua sent un camp emergent. Per tant, aquest estudi aporta valor afegit no només pel seu objecte d'anàlisi (el frau comptable), sinó també per la innovació metodològica que representa dins del corpus acadèmic existent. Així mateix, l'estudi contribueix al debat sobre la combinació entre enfocaments quantitatius i qualitatius, i destaca la importància del judici expert en la presa de decisions.

La selecció de les variables que alimenten el model també respon a criteris teòrics sòlids. Les 12 variables escollides com a més rellevants es distribueixen en tres grans eixos conceptuals: pràctiques comptables, sistemes de control intern i govern corporatiu. Aquesta estructura no només reflecteix els fonaments de la literatura sobre frau comptable, sinó que permet una lectura interpretativa dels resultats, més enllà de

la pura eficàcia predictiva. Així, el model no és una "caixa negra", sinó una eina que combina capacitat analítica i comprensió conceptual.

Finalment, cal destacar que, durant la fase de validació, es van detectar dues variables amb una capacitat predictiva tan elevada que van ser excloses del model per evitar biaixos. Aquesta decisió, presa des d'un criteri metodològic rigorós, no resta importància a aquestes variables, sinó que convida a considerar-les com a indicadors complementaris d'alt risc. Aquest fet reforça la necessitat d'integrar dades qualitatives i fonts d'informació externa en qualsevol anàlisi exhaustiva del frau.

Des d'una perspectiva pràctica, els resultats de l'estudi tenen múltiples aplicacions en l'àmbit empresarial, auditor, regulador i fins i tot educatiu. En primer lloc, permeten dissenyar sistemes d'alerta precoç basats en les variables identificades, fet que facilita la focalització dels esforços de supervisió en aquelles empreses que presenten perfils de risc elevat. Això representa una millora substancial en l'eficiència dels processos de control i auditoria, especialment en entorns amb recursos limitats.

En segon lloc, l'estudi ofereix eines útils per a la formació de professionals de la comptabilitat, el control intern i la gestió del risc. La classificació de les variables segons els tres grans àmbits facilita la seva incorporació en materials didàctics, cursos de postgrau i programes de capacitació per a auditors interns i externs. A més, posa de relleu la importància de combinar coneixements tècnics amb una visió global dels mecanismes de governança corporativa.

En l'àmbit regulador, aquest treball pot contribuir al desenvolupament de marcs normatius més eficaços, que incorporin criteris objectius per a la identificació d'indicis de frau. Les dades empíriques obtingudes poden ser utilitzades com a base per a estudis d'impacte normatiu, orientacions sectorials o revisions dels estàndards de divulgació financera. De manera indirecta, el treball promou una cultura de compliment normatiu i reforça la confiança en la informació financera per part dels inversors i altres parts d'interessades.

Finalment, cal assenyalar que l'estudi no pretén substituir el judici professional ni els procediments d'auditoria establerts, sinó complementar-los amb una eina d'anàlisi addicional, basada en l'evidència empírica i el potencial de la intel·ligència artificial. Així, s'ofereix un enfocament integrador que conjuga innovació tecnològica i

responsabilitat ètica, i contribueix a una millora global dels sistemes de detecció del frau comptable.

En síntesi, la justificació de l'estudi és doble: científica, per la seva aportació metodològica i empírica al coneixement existent sobre maquillatge i frau comptable; i pràctica, per la seva capacitat d'orientar l'actuació d'auditors, reguladors i professionals de la comptabilitat. La identificació de variables amb un alt poder discriminatori mitjançant *Random Forest* obre noves vies per a la detecció eficient del frau, alhora que convida a repensar els models tradicionals d'anàlisi del risc.

Aquesta doble mirada —analítica i aplicada— situa l'estudi com una contribució rellevant en un context econòmic on la transparència, la rendició de comptes i la confiança en la informació financera són més necessàries que mai.

1.5. Objectiu general i específics

Tenint en compte les negatives conseqüències dels enganys comptables, i que el frau comptable és una pràctica comuna a escala internacional (Patel *et al*., 2019; Bao *et al*., 2020) en sectors econòmics i en empreses petites i grans (Craja *et al*., 2020) i que és difícil detectar-lo (Xu *et al*., 2023), té interès investigar sobre models de prevenció d'enganys comptables. Entre aquestes mesures de prevenció hi ha la utilització de senyals d'alerta en la informació comptable que, mitjançant un model de detecció de frau, pot anticipar i predir si l'empresa s'acosta o està realitzant frau comptable (Ugrin i Odom, 2010; Patel *et al*., 2019; Hlawiczka *et al*., 2021; Sekar, 2022 i Xu *et al*., 2023). Per tant, aquest estudi té com a *objectiu identificar els senyals d'alerta qualitatius i quantitatius amb major poder predictiu per detectar aquelles empreses que han comès frau comptable o que són susceptibles de cometre'n.*

L'estudi es centra en la identificació d'aquests senyals d'alerta i també proporciona una *contribució metodològica important per a la detecció del frau comptable*, amb l'objectiu de millorar la transparència i fiabilitat de la informació financera.

CAPÍTOL 2
REVISIÓ DE LA LITERATURA

2.1. Concepte de manipulació comptable

La manipulació comptable, també coneguda com a maquillatge comptable, és un concepte que pot rebre diverses denominacions segons el context geogràfic o la tradició acadèmica. Així, mentre que en l'àmbit nord-americà es fa referència habitualment a la "gestió de beneficis" (*earnings management*), al Regne Unit preval el terme "comptabilitat creativa" (*creative accounting*) (Breton i Stolowy, 2001).

Segons la definició proposada per Gisbert *et al*. (2005), la gestió de beneficis consisteix en qualsevol acció deliberada per part dels responsables d'una empresa amb la intenció d'ajustar els resultats comptables per assolir determinats objectius, ja siguin de naturalesa informativa o oportunista. Aquest tipus de manipulació no suposa necessàriament una infracció legal, ja que sovint es basa en l'aplicació flexible de la normativa vigent. Tot i això, la finalitat subjacent és influir en la percepció de la realitat econòmica de l'empresa.

Els mètodes emprats per a dur a terme aquestes pràctiques poden incloure, d'una banda, anotacions comptables que aprofiten la subjectivitat existent en certs criteris de valoració o la manca de concreció de les normes; i, de l'altra, operacions reals amb efectes econòmics que alteren els resultats presentats (Amat, 2017). Aquestes actuacions poden ser legals si s'emparen en la normativa existent, o il·legals si

vulneren expressament les disposicions vigents, donant lloc a delictes de falsedat comptable (Elvira *et al*., 2008).

Així mateix, Škoda *et al*. (2017) posen de manifest que, en ocasions, el maquillatge comptable aprofita buits legals o ambigüitats normatives que permeten presentar una imatge distorsionada de la situació financera de l'empresa sense infringir formalment la llei.

2.2. Relació entre la manipulació comptable i el frau

La distinció entre l'error comptable, el maquillatge comptable i el frau resulta clau per a l'anàlisi d'aquestes pràctiques. Mentre que l'error comptable respon a incorreccions no intencionades en la informació financera, el maquillatge i el frau impliquen, en diferent grau, una voluntat d'alterar la imatge dels estats financers. Segons la Norma Internacional d'Auditoria 240 (ICJCE, 2015), el frau es defineix com *un acte voluntari per part d'una o diverses persones de l'organització (direcció, empleats o tercers), per obtenir un benefici il·legítim*. Aquesta mateixa norma assenyala que els factors de risc associats al frau inclouen incentius, pressions i oportunitats que poden portar a cometre'l.

Per la seva banda, l'Associació d'Examinadors de Frau Certificats (ACFE, 2024) defineix el frau com *qualsevol conducta delictiva que persegueixi una finalitat de guany mitjançant l'engany*. L'ACFE estableix tres grans categories de frau empresarial: apropiació indeguda d'actius, corrupció i frau financer. D'aquestes, el frau financer és el menys comú, tot i ser el que genera les pèrdues més elevades. Segons dades de l'ACFE (2024), representa el 5% dels casos, mentre que el robatori d'actius i la corrupció tenen una incidència del 89% i 48% respectivament.

Entre les modalitats de frau financer descrites per la NIA 240 destaquen:

- Alteració o manipulació intencionada dels registres comptables.
- Omissió deliberada d'informació rellevant en els estats financers.
- Aplicació incorrecta i voluntària dels principis comptables.

No hi ha una tipologia d'empresa específica més procliu al frau. Tal com afirmen Zayas (2016) i l'ACFE (2024), aquesta problemàtica pot aparèixer en qualsevol sector, país o grandària d'empresa.

La durada mitjana d'un frau empresarial abans de ser detectat s'estima en 12 mesos (ACFE 2024). Si bé els informes no especifiquen directament la durada mitjana per tipus de frau, estudis complementaris i edicions anteriors d´aquests informes indiquen que els fraus relatius a manipulació comptable són els que solen durar més abans de ser descoberts, amb casos que poden estendre's fins a 20-24 mesos (ACFE 2020). Aquesta prolongació és atribuïble a la seva naturalesa més sofisticada i dificultats de detecció, en comparació amb els fraus per apropiació d'actius o corrupció.

Aquestes dades posen de manifest la necessitat de sistemes de control robustos i de mecanismes de detecció precoç per a prevenir i mitigar els efectes d'aquestes pràctiques nocives.

2.3. Factors que propicien el frau comptable

L'existència del frau comptable no és resultat exclusiu d'una acció deliberada aïllada, sinó més aviat la conseqüència d'un conjunt de circumstàncies que, en interacció, creen un entorn propici perquè ocorri.

Un dels models més coneguts per analitzar aquestes condicions és el "triangle del frau", proposat per Donald Cressey (1986), que identifica tres elements clau: *la motivació, l'oportunitat i la racionalització*. Segons aquest autor, quan aquestes tres variables convergeixen, augmenta considerablement la probabilitat que un individu decideixi cometre frau.

Quant a la *motivació*, fa referència a situacions personals o professionals que generen una necessitat de recórrer al frau per mantenir una determinada posició o assolir objectius. Pot tractar-se, per exemple, de pressions per assolir resultats financers, expectatives d'inversors, amenaces de pèrdua de lloc de treball, deutes personals, etc.

L´oportunitat fa referencia a la percepció que l'acte fraudulent pot ser comès sense ser detectat. Aquesta oportunitat apareix habitualment en organitzacions amb sistemes de control interns febles, manca de supervisió, rotació de funcions inexistent, o confiança excessiva en determinats empleats o directius.

Per últim, com a *racionalització* s'entén la justificació interna que l'individu utilitza per conciliar el seu comportament fraudulent amb la pròpia consciència. Expressions com "només ho faig una vegada", "tothom ho fa" o "l'empresa m'ho deu" són exemples típics de racionalitzacions.

Aquest model va ser ampliat en estudis posteriors, com els treballs d'Amat (2017), qui introdueix un quart factor: el *perfil de les persones* que cometen els fraus, els quals tenen unes habilitats que faciliten que el frau es pugui cometre: capacitat (nivell d'estudis, coneixements d'informàtica, enginyeria financera, experiència, xarxa de contactes...), arrogància (orgull excessiu d'una persona en relació amb si mateixa i que la porta a creure i exigir més privilegis dels que hi té dret).

En treballs més recents, diversos autors han suggerit l'ampliació del model clàssic cap al *"hexàgon del frau"* (Sorunke, 2016; Lou i Wang, 2019; Vousinas, 2019), afegint-hi tres factors més a banda dels proposats per Cressey i els quals es poden anticipar amb el model de la porta del frau d'Amat.

El quart factor és la *capacitat*, que fa referència a l'habilitat tècnica i posicional de l'individu per executar el frau. Una persona pot tenir la motivació, l'oportunitat i una justificació, però si no té la capacitat (coneixement, accés, influència jeràrquica), és menys probable que ho dugui a terme.

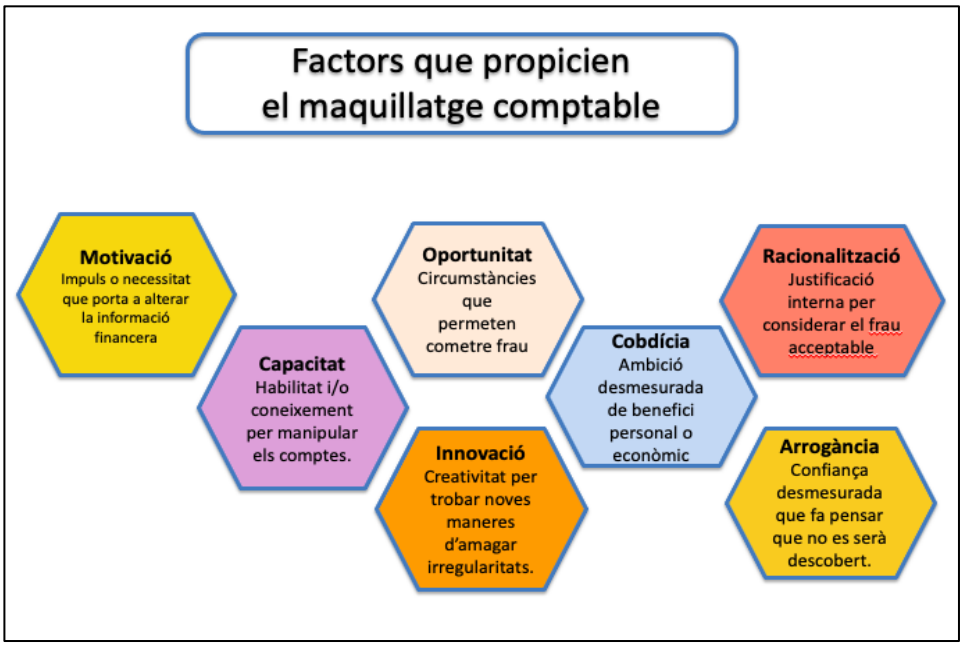
El cinquè factor és la *cobdícia.* Aquest element reflecteix el desig d'enriquiment com a motor intrínsec, especialment en entorns on l'èxit es mesura exclusivament en termes econòmics.

Per últim, el sisè factor es l´*arrogància,* que fa al·lusió a la percepció d'impunitat. Alguns responsables creuen que mai seran descoberts, ja sigui per la seva posició, influència o control de la informació.

Aquests factors addicionals són especialment rellevants per entendre els grans escàndols financers que impliquen alts directius, ja que combinen coneixement expert, accés privilegiat i una cultura d'organització que tolera o encobreix les pràctiques fraudulentes.

Recerques recents, com la d'Hernández *et al.* (2020), proposen afegir un setè element: la *innovació.* Aquesta esdevé un factor integrador, ja que en un món en constant canvi, la capacitat creativa pot ser utilitzada tant per generar valor com per perfeccionar mecanismes fraudulents.

Els defraudadors, aprofitant aquest entorn dinàmic, fan ús de la innovació per adaptar-se, esquivar controls i desenvolupar nous esquemes il·lícits. Així doncs, la innovació s'afegeix com un nou component a considerar, ja que pot actuar com a catalitzador del frau quan es combina amb la resta d'elements del model.



Font: Elaboració pròpia a partir del model Cressey, l´hexàgon del frau i la innovació.
Figura 1. Factors que propicien el maquillatge comptable.

2.4. Casos emblemàtics de frau comptable

Els fraus comptables poden afectar tota mena d'organitzacions, independentment del seu sector, dimensió o país d'origen. En les darreres dècades, diversos casos de gran impacte han posat de manifest com la combinació de motivacions personals, febleses estructurals i entorns permissius pot derivar en escàndols de gran abast.

A continuació, s'exposen alguns dels casos més emblemàtics, interpretats tenint en compte els factors identificats en l'anterior apartat i que propicien el maquillatge comptable i que van acabar sent grans fraus comptables.

L'any 2001, esclata el cas *Enron* als Estats Units, considerat el paradigma del frau comptable modern. L'empresa, dedicada inicialment a la distribució d'energia, es va convertir en un referent d'innovació financera, especialment pel seu ús d'instruments derivats. El frau es basava en l'ús de societats instrumentals (SPEs) per amagar deutes i en l'aplicació del *mark-to-market Accounting* per inflar beneficis. Aquest sistema va permetre projectar una imatge de rendibilitat inexistent durant, com a mínim, quatre anys. Les pressions per mantenir una cotització elevada, la manca de transparència, i la complicitat d'Arthur Andersen, la seva auditora, van fer possible un frau massiu amb conseqüències globals. El cas Enron va motivar la promulgació de la Llei Sarbanes-Oxley (2002), que reforçà les obligacions de control intern i responsabilitat directiva.

Només un any després, *Wordcom,* també als Estats Units, protagonitzava un altre escàndol majúscul. L'empresa va reclassificar despeses operatives com a inversions, augmentant artificialment els beneficis en més d'11.000 milions de dòlars. En aquest cas, la pressió per mantenir el creixement en un mercat estancat, la concentració de poder en el seu CEO Bernard Ebbers i la debilitat dels controls interns van ser factors decisius. La justificació dels directius, que afirmaven que es tractava de mesures temporals, reflecteix el mecanisme de racionalització sovint present en aquests fraus.

El cas *Gowex,* descobert l'any 2014 a Espanya, mostra que el frau comptable també pot afectar empreses emergents. L'empresa, que operava al Mercat Alternatiu Borsari (MAB) i afirmava oferir serveis de Wi-Fi gratuït en col·laboració amb ciutats de tot el

món, va falsejar durant almenys quatre anys el 90% dels ingressos declarats. L'absència de controls rigorosos en el MAB, una auditoria poc exigent i una cultura empresarial centrada exclusivament en la figura del fundador van crear un entorn de frau permanent. El cas posa en evidència com els mercats menys regulats poden esdevenir especialment vulnerables a la manipulació.

A Alemanya, l'any 2020, el cas *Wirecard* va sacsejar el continent europeu. Aquesta empresa de serveis financers digitals, percebuda com una joia del sector tecnològic alemany, va mantenir durant sis anys una falsificació comptable basada en fons inexistents declarats com a dipositats en comptes bancaris estrangers. El frau —valorat en prop de 1.900 milions d'euros— va passar desapercebut per les auditories i pel regulador financer alemany. Una estructura opaca, la complicitat d'agents externs i un lideratge centralitzat van afavorir l'arrogància i la sensació d'impunitat.

Finalment, el cas *FTX,* destapat el 2022, representa un punt d'inflexió en el sector de les criptomonedes. Aquesta plataforma d'intercanvi digital, creada el 2019, va gestionar de manera fraudulenta més de 8.000 milions de dòlars dels seus usuaris, transferint-los a una empresa germana per cobrir pèrdues. Durant dos anys, l'empresa va operar amb total manca de controls, en un entorn regulador pràcticament inexistent. El lideratge carismàtic i centralitzat del seu fundador, Sam Bankman-Fried, i la manca de separació entre funcions financeres i operatives, van obrir la porta a un frau sistèmic en una època que es caracteritza, teòricament, per l'eficiència dels sistemes de control.

Tots aquests casos tenen en comú la confluència de pressions externes i incentius interns, la presència d'oportunitats derivades d'una supervisió deficient, i una racionalització interna que justifica l'engany.

A més, tal com proposa la teoria de la Porta del frau d'Amat (2017), tots ells operaven en contextos on existia una absència de control, bé per la cultura de l'organització, o per la idolatria dels seus líders.

A continuació (Taula 1) es resumeixen les principals característiques i motivacions d´alguns dels escàndols comptables més emblemàtics de les últimes dècades.

Escàndol comptable	Any de descoberta	Durada estimada del frau	Tipus de frau	Motivacions principals (Cressey)	Condicions Porta del frau (Amat)
Enron	2001	4 anys	Ocultació de deutes i inflació de beneficis mitjançant SPEs	Pressió per mantenir creixement i cotització borsària	Lideratge centralitzat, connivència amb auditors, cultura del risc i del guany immediat
Worldcom	2002	3-4 anys	Reclassificació de despeses operatives com a inversions	Expectatives del mercat, pèrdua de rendibilitat real	Absència de controls interns, poder concentrat en el CEO, cultura orientada a resultats financers
Gowex	2014	≥4 anys	Falsificació total d'ingressos	Necessitat de mostrar èxit per captar inversió	MAB amb regulació feble, auditoria ineficaç, dependència del fundador, manca de verificació de dades
Wirecard	2020	≥6 anys	Declaració de fons ficticis en comptes internacionals	Pressió per créixer i consolidar-se com a	Estructura opaca, falles d'auditoria, arrogància

				referent tecnològic	directiva, escassa supervisió reguladora
FTX	2022	≥2 anys	Ús indegut de fons de clients a través d'entitats vinculades	Mantenir aparença de solvència, captar capital nou	Cap governança real, lideratge unipersonal, mercat no regulat, absència total de controls i separació de funcions

Font: Elaboració pròpia.

Taula 1. Casos emblemàtics de frau comptable: síntesi de contextos, motivacions i durada.

Aquests escàndols ens recorden que cap empresa, sector ni país està exempt del risc de frau. La seva anàlisi permet entendre millor els mecanismes que el fan possible i reforçar els sistemes de prevenció. En aquest sentit, la transició del triangle cap a l'hexàgon del frau, afegint-hi variables com la capacitat, l'arrogància o la cobdícia, representa un pas endavant en la comprensió d'un fenomen complex i multi causal. Com veurem en els següents capítols, cal traçar línies vermelles clares que delimitin l'espai entre la llibertat de gestió i l'engany comptable sistemàtic.

2.5. L'interès acadèmic envers el maquillatge comptable

El maquillatge comptable, entès com el conjunt de pràctiques que busquen alterar la imatge real de la situació econòmica i financera d'una entitat, ha esdevingut en les darreres dècades un dels objectes d'estudi més rellevants dins la recerca en

comptabilitat i finances. Aquest interès no és casual, ja que les implicacions del maquillatge comptable transcendeixen les pèrdues econòmiques puntuals i afecten la confiança dels mercats, la transparència de les institucions i, en definitiva, el bon funcionament del sistema econòmic.

Aquestes pràctiques tenen repercussions socials, ètiques i institucionals, i és per això que comprendre-les ha esdevingut una prioritat dins la comunitat acadèmica (Uribe-Toril *et al*., 2019; Macías *et al.,* 2021). A més, el maquillatge comptable planteja desafiaments conceptuals i tècnics que han estimulat el desenvolupament de nous enfocaments metodològics i teòrics per part dels investigadors.

2.5.1. Evolució de l'interès acadèmic

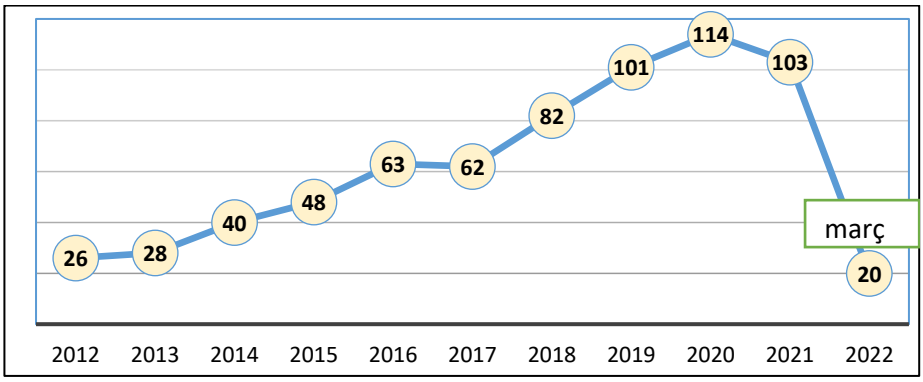
L'estudi del maquillatge comptable ha passat de ser una temàtica marginal a una línia de recerca consolidada. Aquest desenvolupament s'ha produït en paral·lel a l'augment de casos de frau financer i a la creixent exigència dels reguladors i inversors per una major transparència i qualitat de la informació financera. La literatura ha reflectit aquest canvi mitjançant un increment sostingut en el nombre de publicacions acadèmiques i en l'amplitud de temes tractats.

Diferents estudis bibliomètrics han mostrat una tendència ascendent en la producció científica sobre maquillatge comptable, amb una participació significativa de països com el Regne Unit, Estats Units, la Xina, Corea del Sud i Malàisia (Gálvez-Sánchez *et al*., 2021). Aquestes dades reflecteixen l'interès internacional i multidisciplinari de la temàtica. L'idioma predominant de publicació és l'anglès, amb una presència molt significativa que supera el 90% del total d'articles publicats.

En un estudi anterior, hem analitzat la literatura científica sobre maquillatge comptable i frau financer publicada en el període 2012–2022, identificant un total de 688 articles rellevants mitjançant una cerca a la base de dades Scopus.

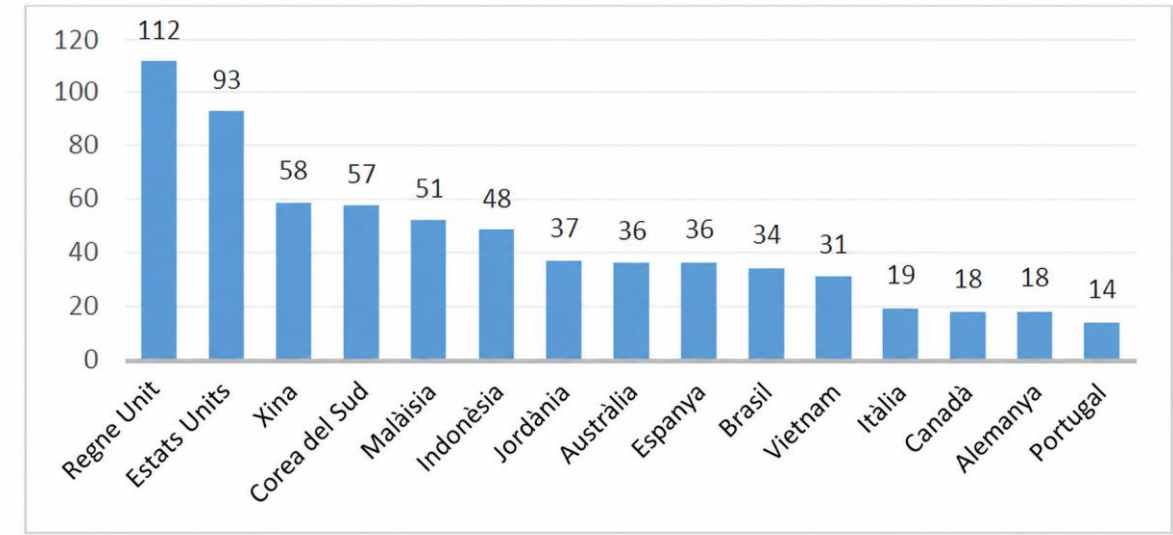
L'estudi, realitzat a través d'una metodologia bibliomètrica, va aplicar criteris d'inclusió específics com l'accés obert, l'àrea temàtica (negoci, finances, comptabilitat i ciències socials) i el tipus de document (articles acadèmics revisats per parells).

Aquesta anàlisi va posar de manifest l'evolució creixent de la recerca, amb un pic de publicacions l'any 2020, i una mitjana de 62,5 articles per any.



Font: Elaboració pròpia.
Figura 2. Evolució anual del nombre d'articles sobre maquillatge comptable (2012–2022).

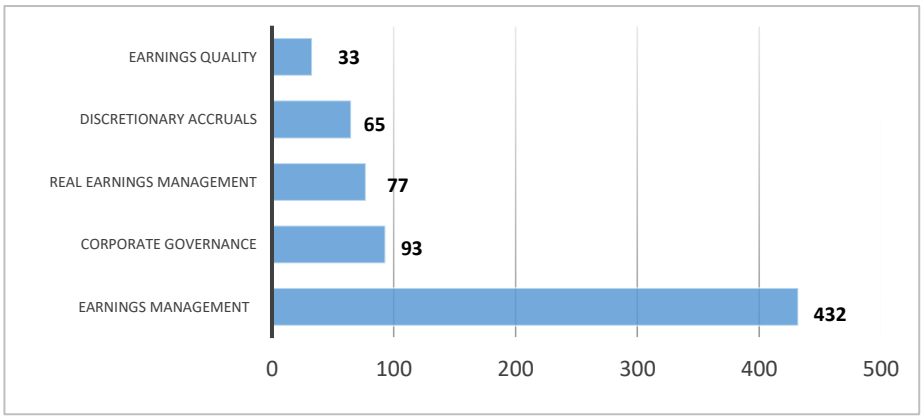
A més, es va constatar la dominància de la llengua anglesa (96%) i la presència destacada d'autors i institucions asiàtiques i europees.



Font: Elaboració pròpia.
Figura 3. Nombre de publicacions per país en maquillatge comptable (2012–2022).

Quant a les paraules clau més recurrents, l'anàlisi de les 160 paraules clau extretes de la base de dades Scopus revela que els termes més recurrents en la literatura són

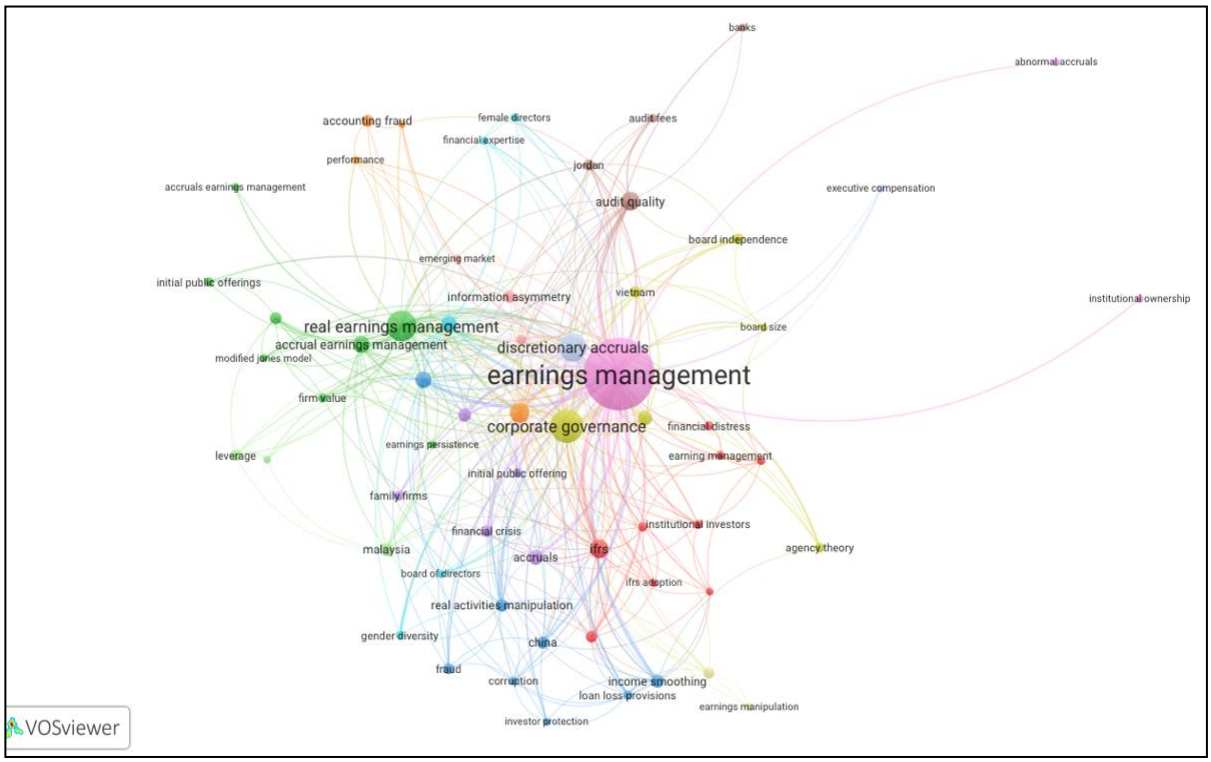
earnings management (present en 430 articles), *corporate governance* (93 mencions) i *real earnings management* (77 mencions), tal com s'il·lustra a la Figura 4.



Font: Elaboració pròpia.

Figura 4. Paraules clau més utilitzades en estudis sobre maquillatge comptable.

Aquesta diversitat d'enfocaments ha enriquit la recerca i ha aportat perspectives complementàries que han permès entendre el maquillatge comptable no només com una pràctica tècnica, sinó com un fenomen complex amb profundes implicacions institucionals.



Font: Elaboració pròpia.

Figura 5. Mapa de coocurrència de paraules clau en estudis sobre maquillatge comptable.

La Figura 5 mostra un mapa de coocurrència elaborat amb l'eina VOSviewer a partir de paraules clau extretes dels articles analitzats. El terme central del gràfic és *earnings management*, al voltant del qual giren altres conceptes com *discretionary accruals*, *real earnings management* i *corporate governance*. Aquesta visualització revela la interconnexió entre gestió de beneficis i govern corporatiu, i apunta a noves línies d'estudi com la sostenibilitat o la informació mediambiental.

Aquests termes es distribueixen en clústers diferenciats per colors, els quals indiquen àrees temàtiques relacionades.

Per exemple, el clúster verd agrupa termes vinculats a pràctiques específiques de gestió real dels guanys; el blau està relacionat amb la supervisió i el govern corporatiu; i el vermell es concentra en tècniques d'ajust comptable com els *discretionary accruals*. Les línies entre termes reflecteixen la seva relació, essent més gruixudes en cas de concurrències més freqüents.

2.5.2 Perspectives temàtiques i metodològiques

L'anàlisi del contingut dels estudis publicats entre 2012 i 2022 revela una sèrie de línies temàtiques recurrents en la literatura científica sobre maquillatge i frau comptable.

Com es pot veure a la Taula 2, el tema més freqüent és la relació entre governança corporativa i pràctiques de manipulació comptable, amb una especial atenció a la composició del consell d'administració i el seu impacte en la qualitat de la informació financera. Destaquen els estudis que analitzen la presència femenina, la independència i el coneixement tècnic dels membres del consell com a factors preventius davant el maquillatge comptable (Arun *et al*., 2015; Lakhal *et al*., 2015; Luo *et al*., 2017).

Temàtica	**%**
1 Govern corporatiu i maquillatge comptable	*20,35%*
2 Aspectes ètics del maquillatge comptable	*10,66%*
3 Relació entre auditoria i maquillatge comptable	*9,69%*
4 Incidència de la regulació en la qualitat dels comptes	*7,75%*
5 Tècniques de maquillatge	*6,78%*
6 Incidència dels perfils dels directius en el maquillatge comptable	4,17%
7 Tècniques de detecció de maquillatge comptable	3,88%
8 Relació entre els inversors institucionals i la qualitat dels comptes	3,78%
9 Relació entre comitè d'auditoria i maquillatge comptable	3,39%
10 Oferta Pública d'Adquisició d'accions i maquillatge comptable	2,91%
11 Maquillatge amb transaccions reals	2,71%
12 Incidència de la religió en el maquillatge comptable	2,42%
13 Característiques del país i qualitat dels comptes	2,03%
14 Empreses sense ànim de lucre i maquillatge comptable	1,94%
15 Relacions entre pressupostos i maquillatge comptable	1,84%
16 Incidència dels incentius en el maquillatge comptable	1,80%
17 Qualitat de la informació financera	1,72%
18 Instruments financers i maquillatge comptable	1,45%
19 Influència del sector econòmic en el maquillatge comptable	1,43%
20 Incidència de l'idioma en la qualitat dels comptes	1,41%
21 Relacions entre política i maquillatge comptable	1,21%
22 Entorn competitiu i maquillatge comptable	1,16%
23 Dividends i maquillatge comptable	1,11%
24 Transparència informativa	1,05%
25 Ús d'informació privilegiada i maquillatge comptable	1,02%
26 Política governamental i qualitat dels comptes	0,97%
27 Tipologia de l'empresa i maquillatge comptable	0,78%
28 Incidència de la fiscalitat en el maquillatge comptable	0,58%
Total	**100,00%**

Font: Elaboració pròpia.

Taula 2. Distribució temàtica dels articles sobre maquillatge i frau comptable (2012–2022).

La Taula 2 també mostra que altres àmbits rellevants inclouen els aspectes ètics associats a la informació financera, la qualitat de l'auditoria i el marc regulador. En particular, la literatura constata que una auditoria de qualitat i una estructura de control sòlida redueixen la propensió a la manipulació dels resultats (Huguet i Gandia, 2016; Skinner i Srinivasan, 2012; Al-Haddad *et al*., 2019). A més, la regulació comptable —com ara l'adopció de les NIIF— es vincula habitualment amb una millora en la transparència i fiabilitat dels estats financers (Mongrut *et al*., 2019; Tsipouridou i Spatis, 2012).

També es posa en relleu la incidència d'aspectes institucionals, socials i sectorials, com ara les característiques del país, la presència d'inversors institucionals, o el marc fiscal i legal. En paral·lel, diversos treballs examinen com els incentius interns o les estratègies polítiques poden influir en les pràctiques comptables (Grougiou *et al*., 2014; Racko, 2019; Agrawal i Chadha, 2005).

Pel que fa a la responsabilitat social corporativa (RSC), els resultats són matisats: mentre alguns estudis afirmen que les empreses amb polítiques de sostenibilitat sòlides presenten menys tendència a la manipulació comptable (Martínez-Ferrero *et al*., 2013; Kim *et al*., 2012), altres sostenen que l'RSC pot ser instrumentalitzada per ocultar males pràctiques (Prior *et al*., 2008).

Finalment, una part significativa de la recerca es focalitza en la classificació i detecció de les tècniques de maquillatge comptable. Les pràctiques habituals inclouen la manipulació d'ingressos, la reclassificació de despeses, l'ús d'intangibles, provisions, o ajustaments per periodificació. Les eines de detecció més comunes combinen estadística (regressions, tests de tendència, proves de Grubbs) amb anàlisi de fluxos de caixa i indicadors financers clau (Sloan, 1996; Vladu *et al*., 2017).

En conjunt, aquestes línies mostren la multidimensionalitat del fenomen del maquillatge comptable i la necessitat d'abordar-lo des de múltiples angles: governança, regulació, ètica, auditoria i tecnologies de detecció.

2.6. Ètica empresarial i sostenibilitat com a resposta

L'ètica empresarial és un element clau en la configuració de la qualitat de la informació financera i en la prevenció del maquillatge comptable. Quan les organitzacions manipulen els resultats, vulneren els principis fonamentals de la transparència, la responsabilitat i la justícia, ja no disposen del pacte de confiança amb inversors, creditors, reguladors i la societat en general. Tal com assenyalen Huguet i Gandia (2016), la manca d'integritat en la informació financera té implicacions que van més enllà de la sanció legal, ja que afecta a la legitimitat corporativa i té greus costos reputacionals i de pèrdua de valor per als accionistes.

En aquest marc, la sostenibilitat empresarial i la responsabilitat social corporativa (RSC) apareixen com a instruments potencials per reforçar la cultura ètica i reduir els incentius a la manipulació. Empreses amb estratègies sòlides de sostenibilitat tendeixen a integrar criteris ambientals, socials i de governança (ESG) en les seves pràctiques, fet que afavoreix una gestió més transparent a llarg termini (Martínez-Ferrero *et al*., 2013; Kim *et al*., 2012). No obstant la literatura contempla casos en què companyies utilitzen l'RSC de manera oportunista per ocultar males pràctiques o resultats financers adversos com assenyala Prior *et al*. (2008).

Hi ha distinció entre una RSC genuïna i una RSC instrumental, és a dir, quan la sostenibilitat funciona com a fre a la manipulació comptable, enfortint els sistemes de control intern i promovent una cultura organitzativa ètica i, quan l'RSC ajuda al "*greenwashing*" o "*social washing*", que genera una imatge positiva cap a l'exterior mentre s'amaguen pràctiques irregulars a l'interior. De manera que cal una clara relació entre ètica, sostenibilitat i maquillatge en sintonia amb el context institucional i regulador. La qualitat de l'auditoria i el marc normatiu —com l'adopció de les Normes Internacionals d'Informació Financera (NIIF)— contribueixen a reduir la discrecionalitat directiva i a millorar la fiabilitat dels estats financers (Mongrut *et al*., 2019). Igualment, les directives europees sobre informació no financera i sobre informes de sostenibilitat obliguen les empreses a proporcionar dades verificables i comparables, cosa que limita els instruments d'ocultació.

El paper dels auditors i dels inversors institucionals també és fonamental en aquest debat. Diversos estudis indiquen que una auditoria de qualitat redueix la probabilitat de maquillatge comptable. D'altra banda, la pressió d'inversors institucionals, especialment aquells amb estratègies d'inversió socialment responsables (ISR), poden disciplinar i promoure una informació més íntegra i alineada amb criteris ètics i de sostenibilitat (Grougiou *et al*., 2014).

Els comitès d'ètica i, de manera particular, els comitès d'auditoria constitueixen instruments essencials dins els mecanismes de governança corporativa. La seva funció no es limita a la revisió formal dels codis ètics, sinó que contribueix doctrinalment a institucionalitzar una cultura d'integritat, supervisant de manera activa la coherència entre discurs i pràctica i actuant com a mecanisme preventiu davant el maquillatge comptable. En concret, l'evidència empírica de mercats emergents mostra com la independència i l'experiència financera en els comitès d'auditoria tenen un efecte significatiu en la reducció de pràctiques de maquillatge amb les corresponents reformes reguladores (Khan & Kamal, 2024). Incloure directors financers experts i independents en els comitès d'auditoria contribueix a la integritat dels informes financers i redueix les desviacions en els resultats reportats. D'aquesta manera, els comitès d'ètica —especialment en la modalitat de comitès d'auditoria— operen com a barrera efectiva contra el maquillatge comptable, mentre reforcen la credibilitat i la resiliència corporativa en entorns cada vegada més regulats i exigents (Khan & Kamal, 2024).

A Espanya, les pràctiques de governança corporativa —i particularment les capacitats i estructura dels comitès d'auditoria— juguen un paper essencial en la mitigació del risc de maquillatge comptable. El Codi de Bon Govern de la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV) recomana que aquests comitès estiguin integrats per membres independents amb experiència en àrees financeres i de risc, i que disposin de canals per comunicar irregularitats de manera confidencial. De fet, l'estudi de Zarza-Herranz *et al.* (2022) demostra que la presència d'experts en auditoria dins aquests comitès s'associa amb una reducció significativa de les pràctiques de manipulació dels resultats financers, especialment en comitès més petits o actius

(Zarza-Herranz *et al.*, 2020). A més, en el context espanyol, on la concentració accionarial és elevada, els consellers institucionals exerceixen un efecte més fort sobre la informació financera que els consellers independents, ja que actuen com a representants d'interessos de control, estabilitat i supervisió rigorosa (Zarza-Herranz *et al*., 2018). Finalment, aquesta tendència es constata també en l'àmbit de les pimes: els estudis indiquen que tant les auditories obligatòries com les voluntàries contribueixen a reduir l'acumulació discrecional, un dels principals indicis de maquillatge comptable (Huguet, Gandía, 2016).

2.7. Relació amb els ODS, la responsabilitat social i maquillatge comptable

Els ODS estan relacionats amb la Responsabilitat Social Corporativa, en concret, l'Agenda 2030 i els seus 17 Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) constitueixen un marc estratègic global que impulsa les empreses a adoptar pràctiques responsables i transparents. A Espanya, les empreses es van alineant progressivament amb els ODS mitjançant informes de sostenibilitat i estructures internes adaptades. En concret, s'entén que una empresa compromesa amb els ODS evita la manipulació dels resultats financers, el maquillatge comptable, ja que hi ha una estreta relació entre l'RSC i els rendiments financers i de sostenibilitat, cosa que incideix en l'ètica i la qualitat de la informació financera (Palacios-Manzano *et al.*, 2021).

Així doncs, els ODS, l'RSC i la qualitat informativa determinen com ha de ser la informació financera i de sostenibilitat. Les empreses que divulguen informació relacionada amb els ODS reforcen la seva transparència i el suport teòric i empíric avala que aquesta divulgació no només projecta la responsabilitat corporativa, sinó que també reflecteix una millor qualitat dels resultats financers, en la mesura que augmenta la pressió de supervisió externa i interna (Aguado-Correa *et al*., 2023).

Tot i així hi ha risc de "*SDG-washing*" i cal ressaltar la importància de l'autenticitat, per tant, l'adopció dels ODS no pot ser simbòlica. La literatura alerta del fenomen de "*SDG-washing*", és a dir, una adhesió superficial als ODS sense impacte efectiu, pot ampliar les oportunitats de maquillatge comptable si es percep com una cobertura d'imatge (Aguado-Correa *et al*., 2023). Per això, la relació entre ODS, RSC i informació financera ha de ser real i per això calen mecanismes sòlids de governança. L'impacte dels ODS és més fort quan s'acompanya d'una auditoria d'alta qualitat, comitès interns i la divulgació integrada de la informació. Aquestes sinergies faciliten la coherència entre el compromís públic i les pràctiques comptables reals, la qual cosa contribueix a la veracitat i fiabilitat dels estats financers.

2.8. Conclusions

El fenomen del maquillatge comptable, tal com s'ha exposat al llarg del capítol, representa una realitat complexa i persistent dins del món empresarial. Lluny de ser un fenomen marginal, es tracta d'una pràctica amb implicacions que transcendeixen la comptabilitat que afecten àmbits com la governança corporativa, l'auditoria, la regulació financera, l'ètica empresarial i la confiança dels mercats. A partir de la revisió de la literatura i dels estudis empírics més recents, podem extreure diverses conclusions que sintetitzen l'estat actual del coneixement en aquesta matèria.

En primer lloc, la manipulació comptable es presenta sovint sota formes legalment ambigües. Les pràctiques de gestió de beneficis no sempre impliquen una vulneració explícita de la norma, sinó que es poden emparar en la flexibilitat de determinats criteris comptables. Això crea un espai gris que, si bé no sempre infringeix la llei, sí que pot minar la transparència i la fiabilitat de la informació financera. Aquesta ambivalència normativa en facilita la proliferació i en dificulta la detecció i la sanció.

En segon lloc, la distinció entre maquillatge comptable i frau és fonamental, però sovint difusa. El maquillatge pot esdevenir frau quan es falseja intencionadament la realitat econòmica amb finalitats il·lícites. La NIA 240 i l'ACFE estableixen criteris per a

identificar aquest pas, però en la pràctica, la línia que els separa pot ser difusa. Els fraus financers representen només un 5% dels casos detectats, però són els que generen les pèrdues més elevades i tenen una durada mitjana superior, sovint fins als 20-24 mesos abans de ser descoberts, segons l'ACFE (2020, 2024).

Tercer, l'anàlisi dels factors que propicien aquestes pràctiques ens porta a models explicatius com el triangle del frau i l'hexàgon del frau. La interacció de motivació, oportunitat, racionalització, capacitat, avarícia i arrogància ajuda a entendre per què, fins i tot en entorns amb normes estrictes, continuen apareixent casos de manipulació comptable. Aquests models posen en relleu la importància dels factors humans i culturals, a més dels institucionals.

Els casos emblemàtics com Enron, Wordcom, Gowex, Wirecard i FTX mostren com la combinació d'incentius personals, lideratge centralitzat, sistemes de control dèbils i una cultura organitzativa permissiva poden desembocar en fraus de grans dimensions. Tots aquests casos comparteixen característiques com la falta de transparència, l'ús de tècniques comptables sofisticades per ocultar la realitat, i una racionalització interna del comportament fraudulent. A més, evidencien que cap sector ni país està exempt del risc de frau comptable.

En quart lloc, la recerca acadèmica sobre aquest fenomen ha experimentat un creixement notable, especialment durant l'última dècada. L'anàlisi bibliomètrica mostra un augment sostingut de les publicacions sobre maquillatge comptable, amb una elevada presència d'estudis provinents d'Àsia, Europa i Amèrica del Nord. Els termes més utilitzats —*earnings management*, *corporate governance*, *real earnings management*— reflecteixen una preocupació constant per la qualitat de la informació financera i els mecanismes de supervisió.

Els estudis publicats entre 2012 i 2022 revelen cinc grans blocs temàtics: la governança corporativa, els aspectes ètics, la qualitat de l'auditoria, l'impacte regulador i les tècniques de manipulació. El 40% de la recerca es concentra en els tres primers àmbits, fet que indica la rellevància de les estructures de supervisió i del comportament institucional en la prevenció del maquillatge comptable. També es detecta un interès creixent per temes com la responsabilitat social corporativa, la

influència política, les característiques dels directius, i l'ús de tècniques de detecció avançades.

Finalment, cal destacar que el maquillatge comptable s'està veient afectat per nous reptes que marcaran l'agenda futura de la recerca i la regulació: la digitalització dels processos financers, l'ús de la intel·ligència artificial en l'auditoria, la pressió per mostrar rendibilitat a curt termini en entorns altament competitius, i la incorporació de criteris de sostenibilitat en els informes financers. Tots aquests factors poden generar noves formes de maquillatge o dificultar-ne la detecció si no s'adapten a les metodologies i els marcs normatius actuals.

L'anàlisi de la relació entre ètica empresarial, sostenibilitat i maquillatge comptable permet constatar que la qualitat de la informació financera depèn no sols dels marcs normatius i dels mecanismes d'auditoria, sinó també de la integritat organitzativa i de la cultura corporativa. La manca d'ètica en la informació financera no només genera riscos legals, sinó que erosiona la confiança dels inversors i compromet la legitimitat empresarial a llarg termini.

En aquest context, la responsabilitat social corporativa (RSC) i la sostenibilitat emergeixen com a instruments clau per reforçar la transparència, especialment quan es vincula a criteris ambientals, socials i de governança (ESG). Tanmateix, la literatura evidencia el risc de pràctiques oportunistes de *greenwashing* o *SDG-washing*, que poden convertir la sostenibilitat en un recurs cosmètic per amagar irregularitats, com el maquillatge comptable. Per això, és fonamental distingir entre una RSC autèntica, que actua com a fre pel maquillatge comptable, i una RSC instrumental, orientada només a millorar la imatge externa.

Els mecanismes de governança corporativa (com comitès d'auditoria amb membres independents i experts), i la qualitat de l'auditoria externa, suposen barreres pel maquillatge comptable. Igualment, la pressió d'inversors institucionals amb estratègies socialment responsables pot disciplinar les empreses i alinear-les amb pràctiques ètiques i transparents.

Finalment, l'alineament amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) reforça la interconnexió entre sostenibilitat i qualitat informativa, sempre que s'implementin de manera real i no simbòlica. La incorporació dels ODS en la gestió

empresarial, acompanyada de divulgació verificable i d'una supervisió efectiva, contribueix a reduir els incentius al maquillatge comptable i a enfortir la credibilitat corporativa en mercats cada vegada més regulats i exigents. Per tant, només una articulació coherent entre ètica, sostenibilitat, ODS i governança corporativa pot assegurar una informació financera fiable, evitar pràctiques de manipulació i garantir el paper de l'empresa com a actor responsable dins l'economia i la societat.

En conclusió, el maquillatge comptable és un fenomen multidimensional que requereix una resposta també multidimensional. Des del món acadèmic, cal aprofundir en l'estudi dels factors que el propicien, les tècniques que s'utilitzen i els mecanismes de control que poden prevenir-lo. Des del món professional i institucional, es necessiten regulacions més clares, auditories més eficients i una cultura d'ètica i responsabilitat que desincentivi la manipulació. Només així es podrà garantir una informació financera fiable, transparent i útil per als usuaris dels estats financers.

CAPÍTOL 3
MANIPULACIÓ COMPTABLE I SENYALS D´ALERTA DE FRAU COMPTABLE

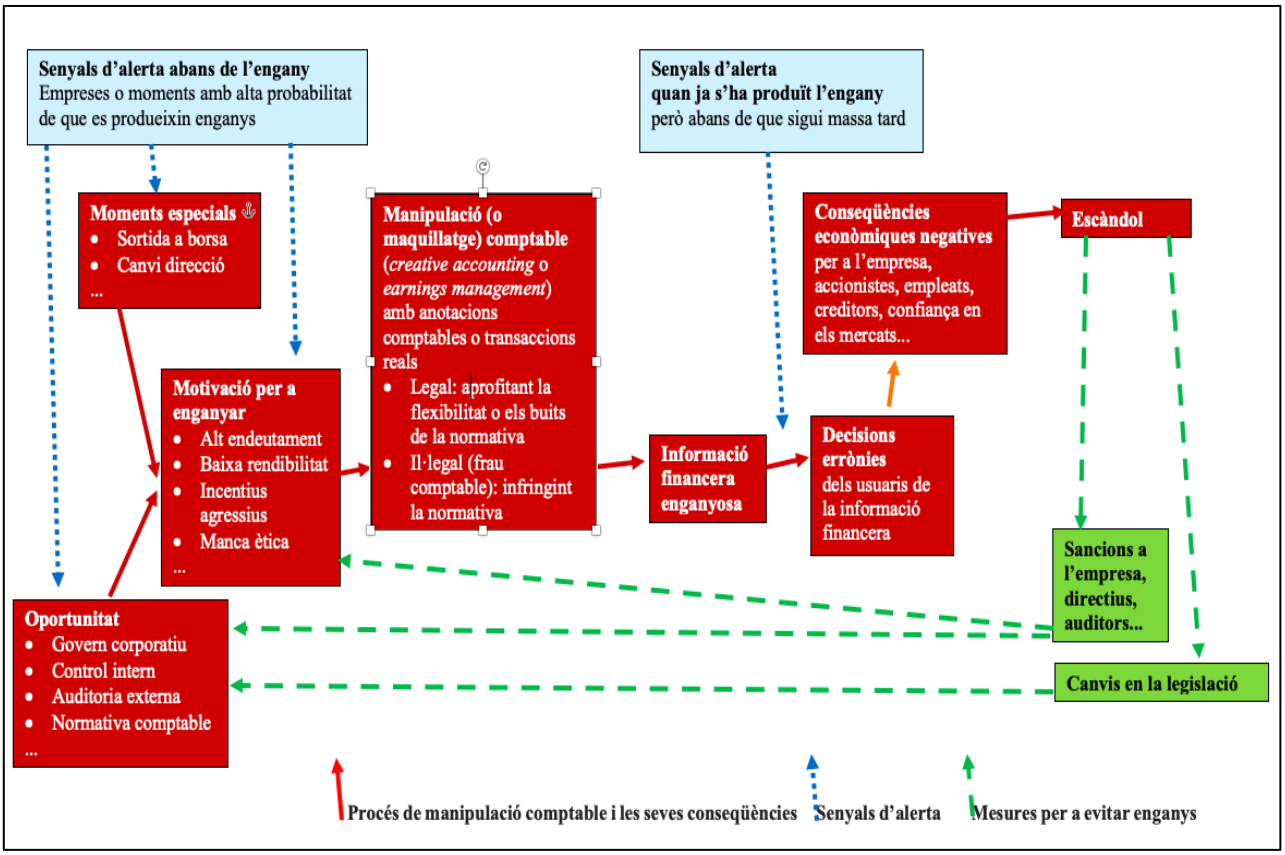
3.1. El procés de maquillatge comptable i frau comptable

La manipulació comptable constitueix un procés progressiu i multifactorial que reflecteix la interacció de diversos elements dins l'estructura i el funcionament de les organitzacions.

Lluny de ser un acte puntual o fortuït, aquesta pràctica emergeix com a resposta a una combinació de pressions internes i externes, oportunitats estructurals i justificacions personals.

Aquest epígraf desenvolupa amb detall el procés, els factors que l'alimenten i les seves conseqüències, i aporta una visió integral del fenomen des d'una perspectiva acadèmica.

La Figura 6 mostra un esquema del procés de manipulació comptable des de l'elaboració d´informació financera enganyosa fins les seves conseqüències.



Font: Elaboració pròpia.

Figura 6. Procés d'elaboració d'informació financera enganyosa, escàndol, mesures correctores i senyals d'alerta.

Com mostra la Figura 6, el punt de partida sol produir-se en moments coneguts com a "crítics" o "especials", que eleven la tensió informativa i la necessitat de presentar uns comptes favorables. Entre aquests contextos trobem la preparació d'una sortida a borsa, fusions o adquisicions, canvis en la direcció, o fins i tot, l'avaluació per part de potencials inversors o creditors. Aquestes circumstàncies poden alterar els equilibris interns i incentivar pràctiques de maquillatge comptable orientades a embellir la situació financera de l'empresa.

En aquest escenari, emergeixen les motivacions per manipular els comptes. Segons la teoria del triangle del frau proposada per Cressey (1953), aquestes motivacions —o pressions— constitueixen un dels tres pilars bàsics del frau, juntament amb l'oportunitat i la racionalització. Les motivacions poden ser de caràcter econòmic (evitar incompliments contractuals, accedir a finançament, assolir bonificacions), institucional (conservar la confiança d'inversors o accionistes) o fins i tot psicològic

(preservar l'autoimatge del directiu). Amat (2017), en la seva "porta del frau", amplia aquesta visió incorporant el perfil del subjecte com a factor clau: la seva formació, ètica, arrogància o coneixement tècnic poden ser determinants.

Tot i això, la motivació per si sola no pot donar lloc a la manipulació si no s'acompanya de l'oportunitat. Aquesta oportunitat sorgeix sovint de mancances en el sistema de control intern de l'organització, com ara una supervisió feble, absència d'auditories rigoroses o un entorn normatiu amb massa opcions interpretatives. En entorns on les normes són flexibles o ambigües, els responsables poden aprofitar aquesta ambigüitat per justificar pràctiques que, sense ser formalment il·legals, distorsionen la realitat econòmica de l'empresa.

La tercera peça del triangle és la racionalització, és a dir, la justificació interna que permet a l'individu conciliar la manipulació amb la seva pròpia consciència. Expressions com "tothom ho fa", "només serà una vegada", o "l'empresa m'ho deu" exemplifiquen aquest mecanisme cognitiu que permet blanquejar l'acció. Aquesta racionalització és essencial per entendre per què persones amb coneixements tècnics, formació ètica i càrrecs de responsabilitat poden acabar incorrent en conductes fraudulentes.

Quan aquestes tres condicions conflueixen, el pas següent és l'execució de la manipulació. Aquesta pot adoptar dues grans formes: l'anotació comptable i la transacció real. La primera inclou pràctiques com l'ús discrecional dels ajustaments per periodificació, l'activació indeguda de despeses o l'omissió de passius; mentre que la segona implica operacions econòmiques reals orientades a modificar la realitat comptable, com la venda anticipada de productes o el retard en el reconeixement d'ingressos o despeses.

Aquestes pràctiques poden ser legals, si es mantenen dins del marc normatiu, però també poden creuar la línia de la il·legalitat quan es falsifiquen dades, es manipulen documents o s'oculten passius de manera deliberada. En molts casos, la frontera entre

legalitat i il·legalitat és difusa, especialment en sistemes normatius complexos o amb escletxes tècniques.

Un cop s'ha executat la manipulació, es genera informació financera enganyosa. Aquesta informació pot ser utilitzada per diversos agents: inversors, creditors, empleats, reguladors... Els usuaris prenen decisions en funció d'aquesta informació, i si aquesta és incorrecta, les seves decisions també ho seran. Un banc pot concedir un préstec a una empresa amb un balanç aparentment saludable, quan en realitat no ho és. Un inversor pot comprar accions que creu rendibles. O un directiu pot cobrar una bonificació basada en resultats que han estat maquillats.

Les conseqüències d'aquestes decisions errònies poden ser greus. A curt termini, poden produir-se pèrdues econòmiques importants, però a mig i llarg termini es pot desencadenar una crisi de reputació, la fallida de l'empresa, acomiadaments massius o, fins i tot, reformes legals. Quan els escàndols es fan públics, com va passar amb Enron, Wordcom, Wirecard o Luckin Coffee, la reacció sol ser immediata: es posen en marxa reformes legislatives, es sancionen els responsables i es reforcen els mecanismes de control.

En el cas de Wirecard, per exemple, l'empresa alemanya va arribar a ser considerada un referent tecnològic dins del sector *fintech*, però una investigació periodística i posteriorment judicial va revelar l'existència de gairebé 2.000 milions d'euros inexistents en comptes bancaris suposadament ubicats a les Filipines. Aquesta manipulació es va construir a través de filials opaques, auditors amb informació restringida i una organització jeràrquica extremadament centralitzada.

A la Xina, el cas Luckin Coffee també exemplifica clarament el frau comptable a través de la manipulació deliberada d'ingressos. L'empresa, que competia directament amb Starbucks, va inflar de manera sistemàtica les seves vendes per mitjà de comandes falses i reemborsaments fraudulents, fet que va conduir a una pèrdua de confiança, una caiguda abrupta a la borsa de Nova York i la sortida forçada dels seus principals executius.

Aquestes reaccions, però, acostumen a ser reactives i arriben massa tard, quan el dany ja s'ha produït. Per aquest motiu, diversos autors com Amat (2017) i Vladu *et al*. (2017) han destacat la importància de desenvolupar mecanismes d'alerta precoç, capaços d'identificar indicis de manipulació abans que aquesta es consolidi.

Aquests senyals poden adoptar diverses formes: indicadors financers (com variacions sobtades en ràtios de liquiditat, endeutament o rendibilitat), patrons organitzatius (com rotacions freqüents en la direcció, canvis en l'auditor extern o absència de controls interns sòlids) i factors contextuals, com la proximitat d'una sortida a borsa, una adquisició, una fusió o una renovació de finançament.

En la Taula 3 es presenta un resum d'alguns dels casos exposats anteriorment, on s'indiquen els principals tipus de manipulació detectats i les conseqüències que se'n van derivar.

Cas	Sector	País	Tipus de manipulació	Conseqüències principals
Enron	Energia	EUA	Fora de balanç, societats pantalla	- Fallida, llei Sarbanes-Oxley (SOX) - Comitès d'auditoria obligatoris - Reforç del govern corporatiu
Wirecard	Fintech / Pagaments	Alemanya	Ingressos ficticis, comptes falsos a Àsia	- Caiguda del regulador BaFin - Reformes de supervisió - Imposició d'auditories externes més estrictes
Luckin Coffee	Restauració / Retail	Xina	Falsificació de vendes i ingressos	- Exclusió del Nasdaq - Multes - Regulació reforçada sobre empreses cotitzades xineses a l'estranger

Font: Elaboració pròpia.

Taula 3. Resum d'alguns exemples de frau comptable a través de la manipulació comptable.

En definitiva, l'estudi detallat del procés de maquillatge comptable i la seva connexió amb els casos reals evidencia la complexitat i recurrència d'aquest fenomen en diferents contextos econòmics i culturals, accentua la importància d'una supervisió més proactiva, eines estadístiques predictives i una coordinació més ferma entre reguladors, auditors i òrgans de govern corporatiu.
En aquest marc, esdevé fonamental la identificació d'un conjunt de senyals predictives capaces d'anticipar patrons de manipulació comptable, i que es veuran en el següent epígraf.

3.2. Senyals d´alerta de frau comptable en empreses

La necessitat d'identificar amb antelació pràctiques potencials de manipulació comptable ha impulsat el desenvolupament de marcs analítics capaços de captar múltiples indicadors d'alerta. En aquest context, aquest estudi s´inicia a partir del treball desenvolupat per Lloret *et al*. (2024), qui proposa un model integral de senyals d'alerta, estructurat de forma sistemàtica i amb una base empírica i teòrica sòlida.

Aquest model recull 105 senyals d'alerta, dividits entre 67 de condició qualitativa i 38 de caràcter quantitatiu, que han estat identificats a partir de la literatura existent, casos pràctics de frau i normatives internacionals en matèria d'auditoria que incorporen una gran varietat de dimensions, com ara el context empresarial, el perfil dels directius, el sistema de govern corporatiu, els mecanismes de control intern, les pràctiques comptables, les dades financeres i els resultats econòmics. Aquesta amplitud permet detectar no només les anomalies financeres habituals, sinó també patrons de comportament i entorns organitzatius proclius a l'engany comptable.

3.2.1. Estructura del model integral d´alerta d´engany comptable

El model integral es divideix en dues grans categories:

- *Senyals qualitatius (67 variables):* fan referència a conductes, entorns, característiques estructurals i culturals de l'empresa. Inclouen factors com la

manca de control intern, conflictes d'interès, estils de lideratge autoritari, estructura societària complexa, canvis freqüents d'auditor o presència de filials en paradisos fiscals.

- *Senyals quantitatius (38 variables):* basades en dades comptables i financeres objectives. Inclouen indicadors com canvis anòmals en el marge brut, increments injustificats en actius intangibles, beneficis desconnectats del flux de caixa, vendes irregulars a final d'exercici o increments sobtats en provisions.

3.2.2. Tipologia de senyals d'alerta segons el model integral

Amb l'objectiu de facilitar la comprensió i aplicació del model integral de 105 senyals d'alerta identificades, aquests han estat organitzats en divuit categories temàtiques, cadascuna corresponent a una dimensió clau del funcionament empresarial que pot contribuir al risc o evidència de manipulació comptable.

Aquesta classificació respon tant a criteris estructurals com funcionals, i permet un diagnòstic multidimensional de les empreses.

1. Característiques de l'empresa:

Inclou aspectes estructurals com: Sectors on hi ha molta competència; empreses regulades, concessionàries o que reben subvencions; pocs anys de vida; estructura societària i organitzativa complexa; moltes filials a l'estranger; filials en paradisos fiscals; historial d'incompliments legals i sancions; exclosa de cotització —actual o en el passat— i per últim, sancionada per les autoritats.

2. Moments crítics o especials:

Fa referència a situacions puntuals que eleven la pressió sobre els resultats i augmenten la motivació per maquillar comptes, com: sortida a borsa; oferta pública d'adquisició; canvis en la cúpula de l'empresa; inversions importants que requereixen finançament i moments en què s'està renegociant el finançament.

3. Perfil i conducta dels directius, propietaris o empleats:

Aquesta categoria incorpora senyals relacionats amb aspectes com: historial problemàtic (problemes amb la justícia, acomiadaments conflictius); mals hàbits financers (molt endeutats, gasten excessivament o amb estil de vida molt luxós); no distinció entre transaccions personals i empresarials; baixos estàndards ètics; directius o empleats que no fan totes les vacances, directius poc experimentats en llocs clau; alta rotació de directius, empleats o assessors; estil de direcció amb molta agressivitat; excés d'optimisme sense cap base que ho sustenti; acords secrets amb terceres parts; relacions poc professionals o interessades de directius o empleats amb proveïdors o clients; els directius tenen una part important de les accions de l'empresa; canvis d'hàbit de vida, i venda d´accions sense explicació lògica.

4. Govern corporatiu:

Inclou senyals com poden ser: desavinences i conflictes entre els membres del consell d'administració; deficiències en el govern corporatiu; empresa dominada per una persona; manca de consellers independents; directius o empleats al consell d'administració; manca de consellers que són accionistes i no formen part del grup de control; alta rotació dels consellers independents; manca de codi d'ètica o codi de conducta; manca de normativa per a la prevenció del frau; manca de canal de denúncies anònimes i conflictes d'interès no informats.

5. Control intern i relació amb l'auditoria:

Els senyals que es poden trobar son: absència d'auditoria interna o externa; l'auditor extern fa també l'auditoria interna; no hi ha Comitè d'Auditoria; auditors inadequats: no independents o inexperts; relacions inusuals entre auditors i directius; cost d'auditoria molt reduït; canvis d'auditors; sol·licituds poc fonamentades de canvis a l'equip d'auditoria; conflictes amb els auditors; els auditors qüestionen el principi d'empresa en funcionament; filials no auditades o auditades per altres auditors i, control inadequat de les despeses dels directius.

6. Objectius financers i pressió per resultats:

Quan existeixen expectatives de rendiment molt altes i/o obsessions per complir amb objectius a curt termini, la direcció pot tenir incentius a distorsionar la informació per satisfer accionistes o mercats.

7. Sistemes d'incentius:

Incentius molt agressius, especialment vinculats a beneficis o preus d'accions, poden motivar pràctiques fraudulentes si no hi ha mecanismes compensatoris de control o revisió ètica.

8. Pràctiques financeres irregulars:

Aquesta categoria recull senyals com: canvis freqüents de comptes bancaris; operacions complexes que costen d'entendre; transaccions importants inusuals; operacions inusuals amb filials estrangeres; dificultats per a complir els objectius de clàusules de préstecs i reclamacions freqüents a entitats asseguradores.

9. Pràctiques comptables anòmales:

Inclou senyals com: filials amb participacions >50% que no es consoliden; canvis de criteris comptables; ajustaments per errors; augments en l'activació de despeses; augment dels actius intangibles; augments en actius per impostos diferits; augments en treballs realitzats per a l'immobilitzat; moviments inusuals en provisions; amortitzacions, provisions o deterioraments molt diferents als del sector o anys anteriors i estimacions poc creïbles.
Aquestes pràctiques reflecteixen un ús manipulador de la flexibilitat normativa o tècnica de la comptabilitat.

10. Resultats financers insuficients o incoherents:

En aquesta categoria es troben senyals com: empresa que no compleix les expectatives de resultats; empresa que ha crescut molt en el passat i ara creix menys; resultat negatiu o insuficient; marge brut negatiu o insuficient; flux de caixa negatiu o insuficient; resultat negatiu o insuficient i un flux de caixa negatiu o insuficient. Aquests

patrons poden ser indicadors tant de pràctiques fraudulentes com d'intents de compensar resultats negatius.

11. Informes d'auditoria i agències:

Quan els auditors externs o interns emeten informes amb excepcions, advertiments o valoracions negatives, poden estar reflectint dubtes fonamentats sobre la fiabilitat dels estats financers.

12. Informes d'analistes i agències de ràting:

Empitjoraments en les qualificacions creditícies o advertiments públics d'analistes especialitzats poden ser senyals indirectes però rellevants d'una desconnexió entre la informació oficial i la realitat financera.

13. Mitjans de comunicació:

Notícies adverses sobre irregularitats, denúncies o conflictes públics poden anticipar problemes comptables o actuar com a desencadenant d'investigacions més profundes.

14. Balanç: anomalies estructurals:

Senyals com: ràtio de liquiditat baix; insuficient fons de maniobra; deute elevat; dades positives molt sorprenents segons la història de l'empresa o el sector; canvis inusuals en comptes de balanç; insuficient fons de maniobra; ràtios de rotació molt diferents als del sector; creixement del termini de cobrament; creixement del termini dels estocs i deute elevat poden indicar tensions de tresoreria i vulnerabilitat financera, que poden derivar en maquillatge per evitar la insolvència aparent.

15. Compte de resultats: desviacions i patrons sospitosos:

En aquesta categoria s´inclou senyals com: dades positives molt sorprenents tenint en compte la història de l'empresa o la situació del sector; canvis inusuals en conceptes del compte de resultats; vendes sospitoses; creixement de la part d'ingressos que es basa en estimacions; vendes a clients que no tenen massa lògica; creixement de les vendes amb pacte de recompra; evolució inusual de despeses en

relació a les vendes i beneficis importants en operacions inusuals a prop de fi d'any. Aquests patrons poden ser senyals de maquillatge orientat a inflar ingressos.

16. Estat de fluxos d'efectiu:

Quan hi ha discrepàncies entre els beneficis comptables i la caixa real generada, o bé, el benefici creix però la caixa generada es redueix, pot haver-hi una manipulació de resultats mitjançant ajustaments temporals o reconeixement improcedent d'ingressos.

17. Dades operatives incoherents:

Senyals com la incoherència entre vendes i evolució de les botigues i empleats, pot evidenciar inconsistències deliberades per alterar la percepció del rendiment de l'empresa.

18. Transaccions sospitoses o mal registrades:

Inclou senyals d´alerta com les següents: els proveïdors fan descomptes amb molta freqüència; transaccions significatives inusuals; transaccions significatives en dates properes a la fi de l'exercici; moltes devolucions poc després de finalitzat l'exercici. Aquestes pràctiques solen emprar-se per manipular resultats puntuals.

L´anterior model de 105 senyals representa el punt de partida per al desenvolupament d'un model predictiu capaç d'estimar el risc de maquillatge comptable.

En els capítols següents, aquestes variables seran analitzades empíricament per determinar quines presenten una capacitat discriminatòria més gran.

Aquest procés metodològic permetrà passar del coneixement teòric a l'evidència empírica, contribuint a construir un instrument robust, pràctic i basat en dades per a la lluita contra el frau comptable.

3.3. Conclusions

Al llarg d'aquests capítols s'ha abordat el fenomen del maquillatge comptable des d'una perspectiva conceptual, analitzant tant les seves implicacions econòmiques i no econòmiques com els efectes sobre la confiança dels agents, la sostenibilitat empresarial i l'assoliment dels Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS).

També s'han identificat els factors organitzatius, institucionals i individuals que poden afavorir la manipulació de la informació financera, així com el procés mitjançant el qual es duu a terme aquesta pràctica.

Finalment, s'ha presentat un conjunt estructurat de senyals d'alerta potencials que poden servir com a indicadors de risc de frau comptable.

Sobre aquesta base teòrica i empírica, el següent capítol introdueix l'aplicació d'una metodologia quantitativa avançada —l'algorisme *Random Forest*— amb l'objectiu d'identificar les variables amb major capacitat predictiva i contribuir al desenvolupament d'un model robust de detecció de maquillatge comptable.

CAPÍTOL 4

IDENTIFICACIÓ DE LES VARIABLES MÉS PREDICTIVES DE FRAU COMPTABLE MITJANÇANT *RANDOM FOREST*

Aquest capítol descriu el procés seguit per identificar quins indicadors comptables i financers tenen un major poder explicatiu a l'hora de predir la presència de frau comptable en les empreses. Es tracta d'una fase clau del projecte, ja que determina quines variables alimentaran posteriorment el model predictiu.

La metodologia utilitzada es fonamenta en tècniques de ciència de dades, i en particular en l'ús de l'algorisme *Random Forest*, un mètode d'aprenentatge automàtic especialment útil per analitzar conjunts complexos de dades amb moltes variables potencialment correlacionades.

En aquest capítol s'exposa com s'han recopilat les dades, quins criteris s'han aplicat per seleccionar les empreses analitzades, i com s'ha classificat cada cas en funció de la presència o absència de senyals de frau comptable. També s'explica com s'han codificat les variables, tant quantitatives com qualitatives, per ser tractades estadísticament.

El lector trobarà una explicació clara de com el *Random Forest* ha permès jerarquitzar les variables segons la seva importància predictiva. Aquesta jerarquia ha estat l'eina fonamental per construir posteriorment els models de regressió logística, que són els que donen forma final al sistema de predicció implementat en Excel.

4.1. *Random Forest* i frau comptable

Els avanços recents en intel·ligència artificial, *big data* i tecnologies d'anàlisi predictiva han permès desenvolupar metodologies molt més eficaces per detectar anomalies i irregularitats comptables.

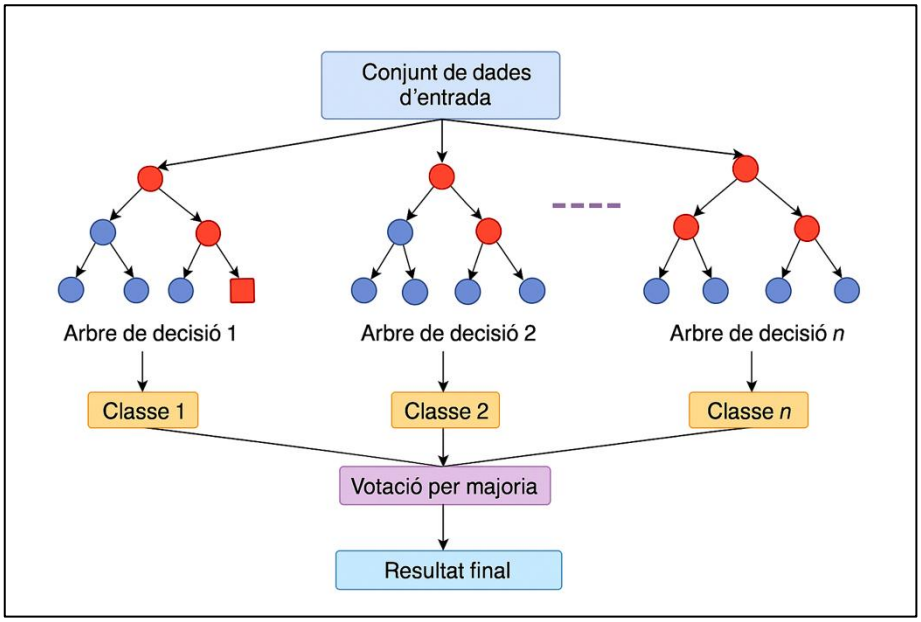
Tradicionalment, aquests fenòmens es tractaven mitjançant tècniques estadístiques convencionals com la regressió lineal o logística; però, en les darreres dues dècades, l'emergència del *Machine Learning* ha aportat un conjunt d'eines més potents i flexibles per abordar problemes de classificació i detecció com el frau comptable (Varian, 2014; Hastie *et al.,* 2009).

Dins aquest nou paradigma analític, destaca especialment l'algorisme *Random Forest* (RF), introduït per Breiman (2001), que ha esdevingut una eina central en molts àmbits de les ciències socials aplicades, inclosa la comptabilitat forense. Aquest algorisme pertany a la família de mètodes *ensemble*, és a dir, tècniques que combinen múltiples models de base (en aquest cas, arbres de decisió) per millorar la robustesa i capacitat predictiva del model final.

4.1.1. Fonaments conceptuals del Random Forest

El model de regressió *Random Forest* (Breiman, 2001) és un mètode basat en una col·lecció d'arbres de decisió. En un arbre de decisió s'utilitzen les variables explicatives per dividir la mostra en subconjunts cada vegada més homogenis respecte a la variable objectiu. La divisió és recursiva: a cada pas es tria quin node (subconjunt) es divideix i quina variable explicativa s'utilitza per fer la separació, de manera que els nous subconjunts siguin el més homogenis possible segons la variable objectiu. L'estructura resultant és jeràrquica i es pot representar en un diagrama d'arbre, que parteix d'un node arrel (tota la mostra) i es ramifica en nodes interns fins arribar a les fulles, que són els nodes finals. Per predir el valor de la variable objectiu d'un individu, només cal seguir el camí de l'arbre segons els seus valors explicatius fins arribar a una fulla. El valor assignat és el que té associat aquesta fulla, que habitualment és la mitjana dels valors de la variable objectiu dels casos d'entrenament que hi pertanyen (en regressió) o la classe majoritària (en classificació).

El model *Random Forest* (Figura 7), construeix múltiples arbres de decisió a partir de mostres aleatòries amb reemplaçament (*bootstrap*) del conjunt de dades original. En cada pas del procés de divisió d'un arbre, el model selecciona aleatòriament un subconjunt de variables explicatives i, dins d'aquest, determina quina variable i quin valor de tall permeten fer la divisió que maximitzi la separació entre classes. Aquesta aleatorietat doble (tant de casos com de variables) confereix al model una alta resistència al sobreajustament (*overfitting*) i el dota d'una capacitat elevada per capturar relacions no lineals i interaccions complexes entre variables (Biau *et al*., 2016).



Font: Elaboració pròpia.

Figura 7. Representació del funcionament del model *Random Forest* en un problema de classificació amb múltiples classes, on diversos arbres de decisió són entrenats amb subconjunts aleatoris de dades generats mitjançant la tècnica de *bootstrap*. Les prediccions de cada arbre s'agreguen estimant la probabilitat de cada classe com la proporció d'arbres que la seleccionen, i s'escull com a resultat final la classe amb la probabilitat més alta.

Una característica fonamental del *Random Forest* és la possibilitat d'obtenir una mesura d'importància relativa de cada variable predictora en la classificació dels casos, un element clau quan s'intenta determinar quins indicadors comptables o organitzatius són més rellevants per explicar el risc de manipulació dels estats financers (Genuer *et al*., 2010).

4.1.2. Aplicacions pràctiques en entorns comptables i financers

El *Random Forest* ha estat àmpliament validat en contextos diversos, des de la predicció mèdica (Diaz-Uriarte, 2006) fins a l'estimació de rendiments agrícoles (Cutler *et al*., 2007), passant per l'anàlisi del comportament del consumidor i la predicció de mercats financers (Valecha *et al*., 2018). En l'àmbit de la comptabilitat, diversos estudis han demostrat que és eficaç per detectar fraus i anomalies financeres, sovint amb resultats superiors als obtinguts per models com KNN o SVM (Liu *et al*., 2015; An *et al*., 2020).

L'aplicabilitat del *Random Forest* és especialment útil en contextos on:

- El nombre de variables supera el nombre d'observacions, una situació habitual en estudis de frau (Bao *et al*., 2020).
- Hi ha escassetat de casos positius (empreses que hagin comès frau), cosa que genera un problema de desequilibri de classes (Perols, 2011).
- Es combinen dades quantitatives (ràtios, magnituds financeres) amb dades qualitatives (canvis en la política de provisions, auditories, concentració d'òrgans decisoris).

Aquesta última característica és especialment rellevant, ja que el maquillatge comptable no es produeix exclusivament per desviacions quantitatives, sinó per condicions estructurals i conductuals vinculades a incentius, pressions externes o debilitats en el control intern (Xu *et al*., 2023).

4.1.3. Limitacions metodològiques i perspectives d'interpretabilitat

Tot i el seu potencial, el *Random Forest* no està exempt de limitacions. Un dels reptes principals és la selecció adequada dels hiperparàmetres que configuren el model: nombre d'arbres, profunditat màxima, nombre de variables considerades per node, etc. (Probst *et al*., 2019). Aquests paràmetres poden influir de manera significativa en la capacitat predictiva i en la fiabilitat de les mesures d'importància de les variables.

A més, l'estructura agregada del model, basada en múltiples arbres de decisió, fa que la seva interpretació sigui menys directa en comparació amb altres mètodes paramètrics com la regressió logística. Això ha portat al desenvolupament de tècniques d'interpretabilitat, com l'algorisme que sintetitza el bosc en un arbre explicatiu representatiu (Aria *et al*., 2024), o l'ús de gràfics de dependència parcial, que permeten visualitzar l'impacte marginal de cada variable sobre la probabilitat de frau (Greenwell, 2017).

Malgrat aquests obstacles, la capacitat del *Random Forest* per capturar estructures no evidents en les dades i la seva flexibilitat analítica fan que sigui una opció idònia en entorns amb alta incertesa i informació incompleta.

L'adopció d'eines com *Random Forest* en l'anàlisi de la informació financera permet a professionals comptables, auditors i analistes incrementar la seva capacitat de detecció proactiva. L'ús d'aquest tipus de models no només ajuda a identificar pràctiques dubtoses, sinó que permet focalitzar els recursos de control en aquelles àrees amb major risc, reforçant així la cultura de la transparència i la responsabilitat empresarial.

A més, la capacitat de generar models personalitzats a partir de conjunts de variables seleccionades per la seva importància predictiva facilita la integració d'aquestes eines en plataformes com Excel, apropant l'anàlisi predictiva avançada a perfils no especialitzats en ciència de dades.

4.2. Metodologia

La recerca segueix un enfocament quantitatiu i empíric, basat en l'anàlisi de dades secundàries extretes dels comptes de resultats de les empreses seleccionades.

Aquestes dades, accessibles a través de diverses bases de dades especialitzades, constitueixen la base per al desenvolupament del model analític.

Es tracta d'un estudi discrecional, ja que les empreses que integren la mostra han estat prèviament identificades, i no experimental, atès que no es manipulen variables sinó que s'observen comportaments reals.

Aquest estudi empíric té com a objectiu identificar i analitzar els principals senyals que permeten detectar pràctiques de maquillatge comptable en les empreses, mitjançant una metodologia quantitativa de caràcter predictiu.

4.2.1. Mostra i criteris de selecció

La mostra està constituïda per un total de 80 empreses, segmentades de forma simètrica en dos grups de 40 entitats: les que han estat identificades com a "frau" i les que s'han classificat com a "no frau".

- Empreses fraudulentes: Es tracta d´empreses sancionades per haver presentat informació comptable fraudulenta entre els anys 2000 i 2023. Per a cada empresa d'aquest grup, s'han recollit dades dels estats financers de l'any en què es va descobrir el frau i l'any anterior. Seleccionades sobre la base d'evidències documentals verificables com ara resolucions judicials fermes, sancions de reguladors financers, com la SEC als EUA, la CNMV a Espanya... (Lin *et al*., 2003) i informes d'auditoria amb opinió desfavorable, amb excepcions o denegada.
- Empreses no fraudulentes: Han estat seleccionades en base a dos criteris. Per una banda, empreses amb auditories amb opinió neta durant els exercicis 2011 i 2012. El fet de triar aquestes dates es correspon a què d'acord amb la literatura que estima una mitjana de 2 anys per a la detecció del frau i una

durada mitjana del frau de 5,4 anys (Amat *et al*., 2020; Dyck *et al*., 2010). Per tant, es tracta d´empreses que no han mostrat indicis de frau comptable durant el període d'anàlisi (2012-2024).

Per altra banda, es tracta d´empreses que han obtingut com a mínim un reconeixement o premi per la seva transparència informativa durant el període analitzat. Es tracta dels premis atorgats per institucions com Premis ACCID; Premis AECA a la Transparència Empresarial; *Ranking* MERCO; *Transparency Awards* (EUA) i els ACES Awards (Àsia).

Aquest conjunt de criteris reforça la fiabilitat de la classificació, tal com assenyalen diversos autors (Beneish, 1999; Francis *et al*., 1999; Bartov *et al*., 2000; Méndez *et al*., 2019).

Pel que fa a la seva activitat, les empreses analitzades abasten una àmplia varietat de sectors econòmics, així com diferents dimensions i formes jurídiques. Aquesta heterogeneïtat sectorial reflecteix que el maquillatge comptable és un fenomen que pot afectar qualsevol tipus d'organització, amb independència de l'àmbit en què operi, la seva ubicació geogràfica o el país del domicili social (ACFE, 2020; Zayas, 2016; Craja *et al*., 2020).

La diversitat territorial de la mostra aporta una visió més global sobre les pràctiques fraudulentes, tot i que cal tenir present que la presència de marcs normatius comptables diferents entre països pot representar una limitació en termes de comparabilitat.

Per tant, es tracta d´una mostra relativament petita, però és coherent amb estudis similars que han treballat amb dades encara més reduïdes (Vladu *et al*., 2017). L'ús de criteris objectius i contrastables —com sentències o premis reconeguts— fa que l'ampliació de la mostra sigui complexa, però alhora garanteix l'alt nivell de qualitat i fiabilitat dels casos analitzats. A més, la diversitat sectorial dels casos reforça la robustesa del model, atès que el frau comptable s'ha documentat en empreses de múltiples sectors i dimensions (ACFE, 2020).

4.2.2. Variables analitzades

Aquesta recerca parteix de l'anàlisi d'un conjunt inicial format per 105 variables potencials que actuen com a senyals d'alerta davant possibles casos de manipulació comptable identificades al capítol tercer d´aquest manual.

Aquest conjunt ha estat elaborat a partir d'una revisió extensa i sistemàtica de la literatura especialitzada. Un cop recopilades les variables, s'ha aplicat un procés rigorós de selecció per tal d'evitar redundàncies i descartar aquelles que no aportaven valor significatiu al model predictiu.

Després d'aquesta depuració, s'ha establert un conjunt definitiu de 54 variables explicatives, distribuïdes en 47 de caràcter qualitatiu i 7 de naturalesa quantitativa tal com es descriu a la Taula 4.

Categoria	Senyal d'alerta utilitzat en l'estudi empíric	Identificació a l´estudi	Tipus
Característiques de l´empresa	Existència competència en el sector	x1	Qualitatiu
	Empreses regulades, concessionàries o que reben subvencions	x2	Qualitatiu
	Pocs anys de vida	x3	Qualitatiu
	Exclosa de cotització	x36	Qualitatiu
	Sancionada per autoritats	x37	Qualitatiu
	Estructura societària i organitzativa complexa	x4	Qualitatiu
	Moltes filials a l'estranger	x5	Qualitatiu
	Filials en paradisos fiscals sense requisits informació	x6	Qualitatiu

	Incompliments legals i sancions relacionades amb comptabilitat	x7	Qualitatiu
Govern Corporatiu	Conflictes entre els membres del Consell d'Administració	x18	Qualitatiu
	Diferències Govern Corporatiu	x19	Qualitatiu
	Control de l'empresa per part d'una persona	x20	Qualitatiu
	Manca de consellers independents	x21	Qualitatiu
	Presència de directiu i/o empleat al Consell d'Administració	x22	Qualitatiu
Informes d'analistes i agència de qualificació creditícia	Informes negatius o que empitjoren d'agència de qualificació creditícia i/o analistes	x41	Qualitatiu
Mitjans de comunicació	Notícies negatives en els mitjans de comunicació s/irregularitats o conflictes en matèria comptable	x43	Qualitatiu
Moments especials en què hi ha més motius per a l'engany	Canvis a la cúpula directiva	x10	Qualitatiu
	Sortida a Borsa	x8	Qualitatiu
	Oferta pública adquisició	x9	Qualitatiu
Objectius financers	Altes expectatives per: rendibilitat i cotització de les accions per part d'accionistes i directius	x30	Qualitatiu
	Obsessió pels beneficis per part d'accionistes i directius	x31	Qualitatiu
Polítiques comptables	Augment actius per impostos diferits (%)	x51	Quantitatiu

	(Termini de cobrament t (dies) / Termini de cobrament t-1 (dies))	x52	Quantitatiu
	(Termini estocs t (dies) / Termini estocs t-1 (dies))	x53	Quantitatiu
	Amortitzacions t / Amortitzacions t-1	x54	Quantitatiu
	Filials amb participació propera o > 50% que no es consoliden	x33	Qualitatiu
	Ajustaments per canvis de criteri / errors	x42	Qualitatiu
Pràctiques financeres	Inversions importants que requereixen finançament	x11	Qualitatiu
	Renegociació de deute	x12	Qualitatiu
	Operacions financeres complexes difícils d'entendre	x32	Qualitatiu
Propietaris, directius o empleats	Historial problemàtic directius, propietaris, empleats	x13	Qualitatiu
	Mals hàbits financers de directius, empleats, propietaris	x14	Qualitatiu
	Nivell baix d'estàndards ètics	x15	Qualitatiu
	Poca experiència dels directius en llocs clau	x16	Qualitatiu
	Directius amb participació (accions) important a l'empresa	x17	Qualitatiu
	Venda de participacions a l'empresa sense explicació lògica	x38	Qualitatiu

Resultats	No compleix expectatives de resultats	x35	Qualitatiu
Sistemes de control i auditoria	Absència d´auditoria interna o externa	x23	Qualitatiu
	Auditor inadequat: no independent i/o manca d'experiència	x24	Qualitatiu
	Cost reduït d´auditoria	x25	Qualitatiu
	Canvis d'auditors	x26	Qualitatiu
	Conflictes amb els auditors	x27	Qualitatiu
	Els auditors qüestionen el principi d'empresa en funcionament	x28	Qualitatiu
	Filials no auditades o auditades per altres auditors	x29	Qualitatiu
	Informes d'auditoria externa negatius o amb excepcions	x39	Qualitatiu
	Informes negatius dels auditors interns	x40	Qualitatiu
Sistemes d'incentius	Incentius molt agressius per aconseguir objectius a curt termini	x34	Qualitatiu
Balanç	Ràtio liquiditat (AC/PC)	x44	Quantitatiu
	Deute (%)	x45	Quantitatiu
Compte de resultats	Resultat / Patrimoni net	x46	Quantitatiu
	Flux de caixa (Resultat + amortitzacions) positiu	x47	Qualitatiu

Estat de flux d'efectiu	Caixa generada operacions explotació positiu	x48	Qualitatiu
	(Flux de caixa - CGO) / Actiu > 0,05	x49	Qualitatiu
	(Flux de caixa - CGO) / vendes > 0,02	x50	Qualitatiu
Variable dependent / factor	**Y = 0: maquilla; Y = 1: no maquilla**	**Y**	

Font: Elaboració pròpia.

Taula 4. Identificació de les 54 variables explicatives i la variable independent inicials escollides per a la modelització *Random Forest*.

Les variables escollides han estat sotmeses a un estudi previ que inclou el càlcul de la mitjana, la desviació estàndard i el recompte de freqüències.

Aquest anàlisi inicial ha permès eliminar dos grups de variables específics:

- Variables amb molt poca variabilitat entre les empreses analitzades, que resulten poc útils per a la discriminació estadística (Taula 5). Aquestes inclouen, per exemple, factors com tenir pocs anys de funcionament, grans inversions amb finançament extern, experiència limitada dels directius, absència d'auditories i costos d'auditoria molt baixos.

Variable	Descripció
x3	Pocs anys de vida
x11	Inversions importants que requereixen finançament
x16	Poca experiència dels directius en llocs clau
x23	Absència d´auditoria interna o externa
x25	Cost d´auditoria reduït

Font: Elaboració pròpia.

Taula 5. Relació de senyals d´alerta excloses perquè són constants tant en empreses que maquillen com en les que no hi ha evidències.

- Variables amb una capacitat discriminatòria tan elevada que poden identificar el frau sense necessitat de modelització complexa (Taula 6). Aquest és el cas, per exemple, de la presència d'antecedents en males pràctiques financeres o el baix compliment de normes ètiques dins l'organització.

Variable	Descripció
x14	Hàbits financers dolents de directius, empleats, propietaris
x15	Nivell baix d'estàndards ètics

Font: Elaboració pròpia.

Taula 6. Relació de senyals d´alerta excloses perquè discriminen totalment entre empreses que maquillen i les que no hi ha evidències que maquillen.

Després d'aquesta selecció, s'obté una matriu final de 47 variables rellevants, totes elles validades per la bibliografia i integrades en un model conceptual ampli sobre la detecció de fraus comptables. També s'ha incorporat la variable dependent "Y", que pren el valor "SÍ" si l'empresa ha dut a terme manipulació comptable, i "NO" en cas contrari.

Aquesta estructura permet aplicar amb precisió el model d'aprenentatge automàtic *Random Forest*, que determinarà quins factors tenen una major capacitat predictiva dins del conjunt analitzat.

Dins d'aquest marc, les variables explicatives s'agrupen en dues grans tipologies:

- Variables qualitatives: Fan referència a aspectes vinculats al funcionament intern de les empreses, a les dinàmiques de governança, els perfils dels directius, les pràctiques d'auditoria, els sistemes de control i incentius, així com als objectius i resultats financers. Aquestes variables ajuden a entendre millor el context i les circumstàncies que poden afavorir el frau. La informació s'ha obtingut mitjançant una exploració prèvia de fonts obertes, com ara notícies i documents públics, aplicable a les 80 empreses objecte d'estudi (White *et al*., 2009; Hoeber *et al*., 2022; Boon *et al*., 2024).

- Variables quantitatives: Provenen de l'examen detallat dels comptes anuals auditats i aporten una base empírica sòlida per identificar irregularitats comptables. Entre els indicadors més rellevants s'hi troben la capacitat de generar fluxos de caixa operatius, els nivells de liquiditat i endeutament, i l'aplicació de pràctiques com les dotacions a les amortitzacions.

4.2.3. Modelització estadística: Random Forest

En aquest estudi s'ha optat per la utilització de l'algorisme *Random Forest* (Breiman, 2001) com a eina principal per identificar les variables més rellevants en la detecció del frau comptable. El model permet classificar les empreses en dues categories diferenciades: aquelles que han comès frau comptable a través de la manipulació dels seus estats financers (Y = "SÍ") i aquelles que no presenten indicis de frau comptable (Y = "NO").

Tota l'execució estadística s'ha dut a terme mitjançant el programari R (versió 4.4.2), emprant especialment la llibreria *randomForest* (Liaw *et al*., 2002; Genuer *et al*., 2020) per implementar l'algorisme.

El funcionament del model es basa en el mètode *bootstrap*, que consisteix en generar múltiples mostres aleatòries amb reemplaçament, totes elles de la mateixa mida que la mostra original (N = 80). Per a cadascuna d'aquestes mostres es construeix un arbre de decisió, en què les divisions dels nodes es basen en una selecció aleatòria i restringida de variables explicatives (K = 47). La configuració del model s'ha fet mitjançant els següents paràmetres, extrets de referències tècniques i empíriques (Scornet, 2017; Probst *et al*., 2019; Bartz *et al*., 2020):

- Nombre total d'arbres generats: *ntree* = 1.000
- Nombre de variables seleccionades aleatòriament per dividir cada node: *mtry* = 6
- Nombre mínim d'observacions per a cada node terminal: *nodesize* = 1

- Nombre màxim de nodes terminals per arbre: *maxnodes* (valor màxim admès per l'algorisme)

El conjunt de tots els arbres de decisió constitueix el model *Random Forest* final, que opera com una agregació d'estimacions parcials.

Per valorar la rellevància de cada variable dins el model, s'han utilitzat dues mesures clau: *Mean Decrease Accuracy* (MDA) i *Mean Decrease Gini* (MDG). La primera quantifica la pèrdua d'encert en el model quan s'omet una variable, mentre que la segona mesura la capacitat d'aquesta variable per incrementar la homogeneïtat (o reduir la impuresa) dels valors de la variable dependent "Y" dins les particions que es formen en els arbres de decisió. Atès que aquestes mesures poden veure's afectades per la mida de la mostra, el nombre d'arbres o la correlació entre variables (Scornet, 2023), s'ha dut a terme una anàlisi de robustesa dels resultats obtinguts. En concret, s'ha aplicat un remostreig de tipus *Jackknife* sobre 100 submostres (amb el 70% de les observacions originals) i s'han comparat els rànquings de les variables resultants.

Per aprofundir en la identificació de les variables més influents, també s'ha utilitzat la llibreria *randomForestExplainer*, que aporta indicadors complementaris de rellevància, com ara:

- El nombre de vegades que una variable és emprada en el node arrel dels arbres.
- La distribució de la profunditat mínima on apareix cada variable, és a dir, el nivell més proper a l'arrel on la variable és utilitzada per dividir les dades.

Aquest darrer indicador ha permès detectar interaccions significatives entre variables, facilitant una interpretació més rica del model.

Finalment, per afavorir la comprensió visual dels resultats, s'ha recorregut a la llibreria *e2tree* (Aria *et al*., 2024), que permet sintetitzar el conjunt del *Random Forest* en un únic arbre de decisió representatiu. Aquesta representació facilita la lectura, la comunicació i la interpretació dels patrons de classificació detectats pel model.

4.3. Conclusions

L'ús d'eines com *Random Forest* representa un pas endavant per a la comptabilitat forense i l'auditoria preventiva. Aquest tipus de models no només milloren la detecció de pràctiques de maquillatge, sinó que també afavoreixen una cultura empresarial més ètica, basada en la transparència i la responsabilitat. Els resultats obtinguts ofereixen noves oportunitats per al disseny de sistemes d'alerta precoç per a la formació en ètica comptable i per al reforç dels mecanismes de governança.

En termes acadèmics, l'estudi obre noves vies de recerca orientades a la integració de tècniques d'intel·ligència artificial en l'anàlisi del comportament comptable. En el futur, seria desitjable ampliar la mostra, explorar nous algorismes de *Machine Learning* (com els models de *boosting* o les xarxes neuronals), i incorporar indicadors alternatius (com la reputació digital o la percepció del risc per part dels inversors) per enriquir encara més la capacitat explicativa dels models.

CAPÍTOL 5
RESULTATS I DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

5.1. Precisió predictiva i ajustament del model de classificació

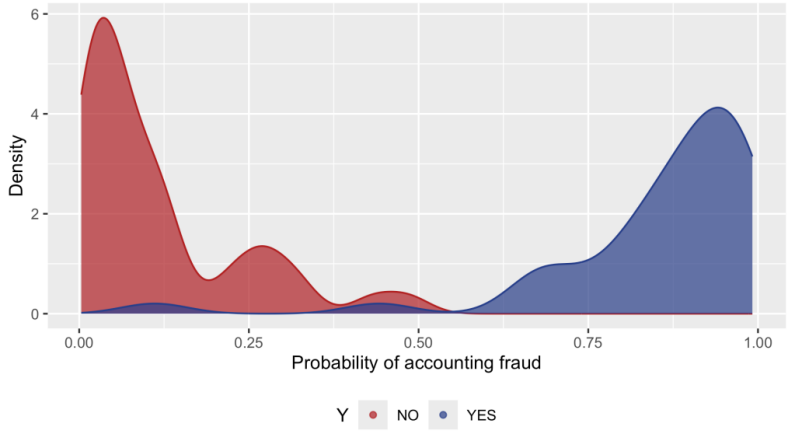
A continuació s'exposen els resultats derivats del tractament i l'anàlisi empírica de les dades. En primer terme, s'ha avaluat el grau d'eficiència predictiva del model *Random Forest* implementat en aquest estudi.

Per tal de validar internament l'ajust del model, s'ha fet ús de les observacions excloses en el procés de remostreig amb reposició (*bootstrap*), conegudes com a *Out-of-Bag* (OOB). Aquestes observacions, en no ser utilitzades en la construcció d'un arbre concret, permeten obtenir una estimació objectiva del seu rendiment predictiu. El procediment consisteix a determinar a quin node terminal és assignada cada observació OOB dins de cada arbre i, a partir d'això, establir com a predicció la modalitat majoritària de la variable dependent (Y = "SÍ" o Y = "NO") observada en aquest node.

A fi d'estimar la probabilitat que una determinada unitat d'anàlisi presenti maquillatge comptable (Y = "SÍ"), es considera el conjunt d'arbres en què aquesta observació ha estat tractada com a OOB, calculant la proporció de casos en què la classe "SÍ" ha estat la més freqüent. Aquesta probabilitat esdevé així una mesura agregada del risc de frau atribuït a cada observació.

Els resultats obtinguts (Figura 8) mostren que el model assigna probabilitats elevades (pròximes a 1) a les empreses realment implicades en pràctiques de manipulació comptable, mentre que assigna valors baixos (propers a 0) a les entitats sense indicis de frau.

Aquest comportament evidencia un bon ajust del model i posa de manifest la seva capacitat per discriminar de manera efectiva entre empreses fraudulentes i no fraudulentes, proporcionant una eina vàlida per a la detecció de riscos comptables en l'àmbit corporatiu.



Font: Elaboració pròpia.

Figura 8. Distribució de les probabilitats estimades de frau comptable segons la classificació d'empreses fraudulentes (blau) i no fraudulentes (vermell).

Amb l'objectiu de validar els resultats representats a la Figura 8, s'ha calculat l'àrea sota la corba ROC (*Receiver Operating Characteristic*), també coneguda com a estadístic AUC. El valor obtingut, de 0,99 reflecteix una capacitat de discriminació excel·lent entre les empreses que han incorregut en manipulacions comptables i aquelles que no presenten indicis de frau.

Per completar aquesta anàlisi de rendiment, s'ha incorporat també la matriu de confusió, que permet contrastar les classificacions realitzades pel model amb els valors observats en la realitat. En aquest cas, s'ha fixat un llindar de 0,5 per a establir la predicció binària: si la probabilitat assignada és superior a aquest valor, es classifica com a Y = "SÍ"; en cas contrari, com a Y = "NO".

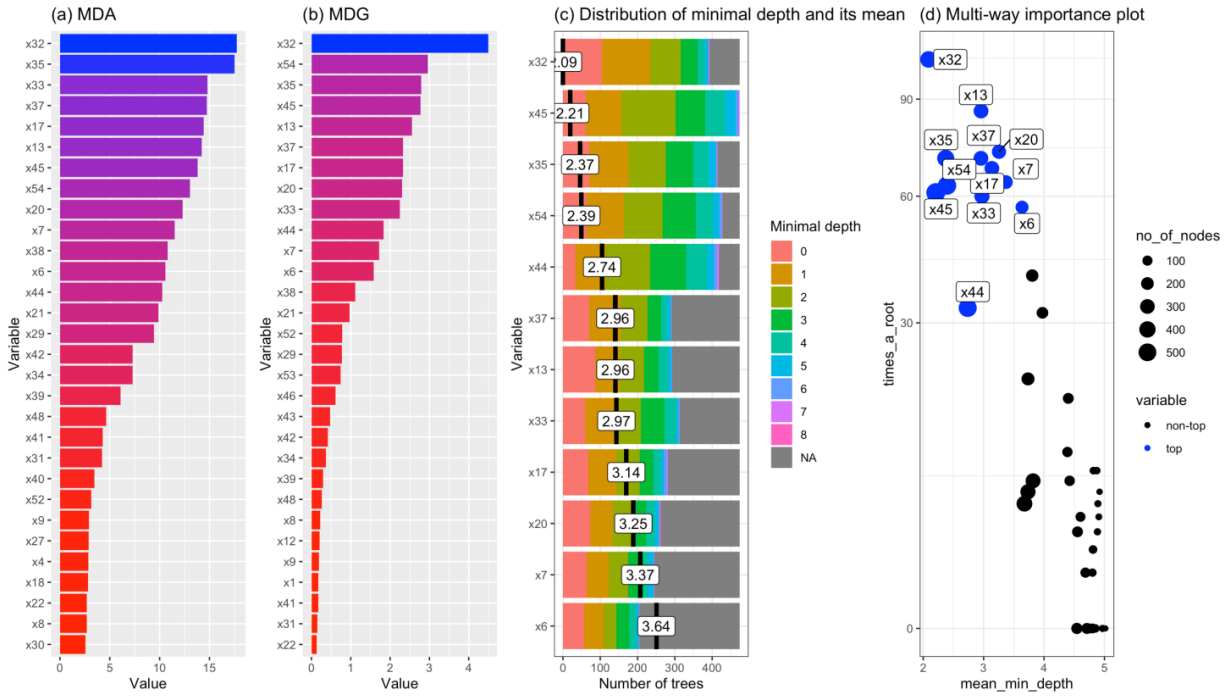
Els resultats que es desprenen de la Taula 7 evidencien un comportament molt acurat del model: no s'observen errors de classificació en cap de les empreses que realment no han comès frau, i només es registren dos casos de falsos positius (equivalents al 5%) dins del conjunt d'empreses identificades com a fraudulentes.

Valors observats	NO	SÍ	Error de classe
NO	40	0	0.00
SÍ	2	38	0.05

Font: Elaboració pròpia.
Taula 7. Matriu de confusió del model *Random Forest.*

5.2. Identificació de les variables explicatives clau

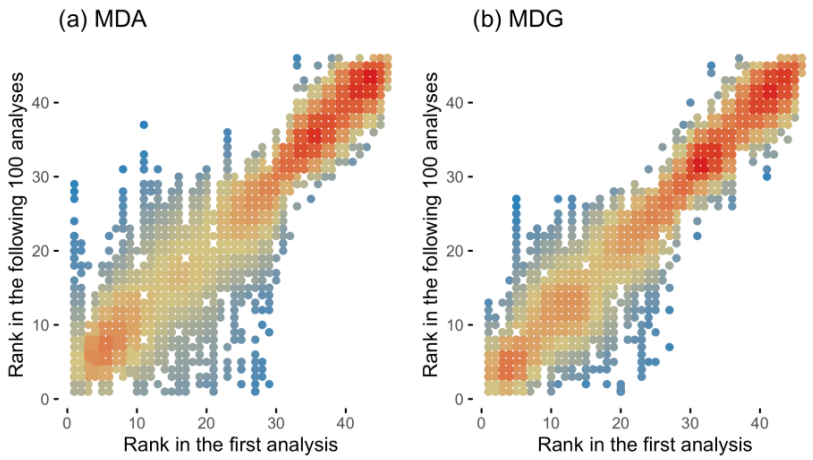
A la Figura 9 s'hi representen les variables que han mostrat una influència més destacada dins el conjunt de 47 variables utilitzades pel model *Random Forest*. Per dur a terme aquesta selecció, s'han considerat diverses mesures d'importància: la reducció mitjana en l'error de precisió (*Mean Decrease Accuracy*), la millora en l'homogeneïtat (o reducció de la impuresa) dels nodes (*Mean Decrease Gini*), el nombre d'ocasions en què cada variable apareix al node inicial de l'arbre i la seva profunditat mitjana en els diferents arbres del bosc aleatori. Com a resultat, s'han identificat dotze variables especialment rellevants per la seva capacitat de predir el frau comptable: x32, x35, x17, x54, x13, x37, x33, x45, x20, x7, x44 i x6.



Font: Elaboració pròpia.

Figura 9. Representació de les variables segons criteris estadístics de rellevància: (a) *Mean Decrease Accuracy* (MDA), (b) *Mean Decrease Gini* (MDG), (c) distribució de la profunditat mínima dins del bosc de decisió, i (d) relació entre profunditat mitjana (*mean_min_dept*) i incidència al node (*times_a_root*).

Amb l'objectiu de validar la consistència de l'ordre de rellevància de les variables seleccionades, es va aplicar una prova d'estabilitat basada en remostreig. La Figura 10 evidencia que la classificació obtinguda a partir dels indicadors MDA i MDG es manté estable quan es compara amb les classificacions obtingudes a partir de 100 mostres aleatòries creades amb la tècnica Jackknife, destacant especialment la robustesa de les primeres posicions en el rànquing de variables explicatives.



Font: Elaboració pròpia.

Figura 10. Anàlisi de la consistència del rànquing de variables segons: (a) *Mean Decrease Accuracy* (MDA) i (b) *Mean Decrease Gini* (MDG). Coloració segons la densitat de coincidència: vermell (alta), blau (baixa).

La Taula 8 recull les dotze variables identificades com a clau per al model, estructurant-les en tres àmbits analítics principals: Pràctiques financeres i criteris comptables, els mecanismes de control intern i, finalment, els elements vinculats a la governança corporativa.

Categoria	Identificació estudi	Tipus	Descripció	Impacte en el frau comptable
Pràctiques financeres i comptables	x32	Qualitativa	Transaccions financeres difícils d'entendre	L'ús d'operacions financeres d'elevada complexitat facilita la dissimulació de pràctiques manipulatives.
	x54	**Quantitativa**	Canvi de política d'amortització sense justificació clara	Permet la modificació estratègica dels resultats comptables.

	x45	**Quantitativa**	Alt nivell d'endeutament	Pot incentivar la gestió del resultat amb l'objectiu de millorar la imatge financera davant tercers.
	x7	Qualitativa	Incompliments legals i sancions per aspectes comptables	Denota febleses estructurals en el marc normatiu intern i genera riscos reputacionals significatius.
Control intern	x35	Qualitativa	Incompliment recurrent d'expectatives de resultats	Origina ajustaments comptables forçats orientats a complir amb objectius econòmics preestablerts.
	x33	Qualitativa	Filials no consolidades amb participacions >50%	Facilita l'exclusió d'elements patrimonials com deutes i pèrdues negatius mitjançant tècniques de no consolidació o estructures opaques.
	x37	Qualitativa	Sancions d'organismes reguladors	Constitueix un indici de desviacions rellevants respecte als principis comptables generalment acceptats.
Govern corporatiu	x17	Qualitativa	Alta participació dels directius a l'empresa	Pot implicar l'existència de potencials conflictes d'interès no subjectes a mecanismes de supervisió externa.
	x20	Qualitativa	Control concentrat en	Afavoreix la presa de decisions unilaterals amb manca de

			una sola persona	transparència i absència de controls efectius.
	x13	Qualitativa	Antecedents problemàtics de directius o empleats	Reflecteix un entorn organitzacional permissiu amb pràctiques de baixa exigència ètica.
	x6	Qualitativa	Filials en paradisos fiscals sense obligació d'informació	Permet estructurar operacions amb l'objectiu d'eludir obligacions d'informació financera.
	x44	**Quantitativa**	Ràtio de liquiditat inadequat (AC/PC)	Contribueix a amagar tensions de tresoreria.

Font: Elaboració pròpia.

Taula 8. Rànquing de les variables més rellevants segons el seu poder explicatiu en la detecció de pràctiques de frau comptable.

Del total de senyals identificades com a rellevants pel model, nou corresponen a variables qualitatives i tres a variables quantitatives. En el primer grup destaca la variable x32, referida a transaccions financeres difícils d'interpretar, que presenta la màxima capacitat predictiva dins del model. Aquest tipus d'operacions, pel seu grau de complexitat i escassa transparència, sovint s'utilitzen com a eina per dissimular la realitat econòmica d'una organització. Casos emblemàtics com Lehman Brothers o Enron en són una clara mostra.

Pel que fa a les variables quantitatives, la més destacada és x54, relativa a canvis no justificats en la política d'amortització, que poden tenir un efecte directe sobre els beneficis reportats. El cas Toshiba n'és un exemple clar: l'empresa va alterar la seva política per inflar els resultats, superant els 1.200 milions de dòlars en beneficis artificials.

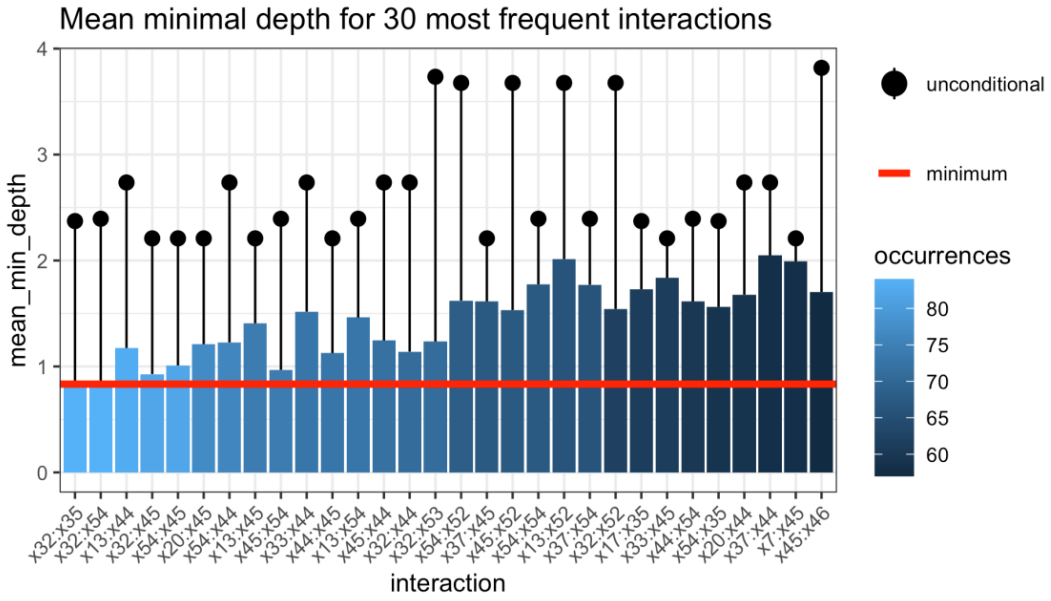
En relació amb el control intern, variables com x35 (no assoliment dels objectius financers fixats) reflecteixen pressions internes que poden propiciar la manipulació de la informació financera. Aquest patró és visible en el cas Olympus, on les pèrdues van ser ocultades durant dècades. De manera similar, la no consolidació de filials amb participació significativa (x33) ha estat emprada per amagar deutes o despeses, com es va veure a Tyco i Carillion.

En l'àmbit del govern corporatiu, resulta especialment rellevant la variable x20, vinculada al control centralitzat de l'empresa per part d'una sola persona. Aquest escenari va tenir un paper clau en el cas Parmalat, en què el fundador exercia el control financer sense mecanismes de supervisió.

Aquest conjunt de senyals es troba àmpliament documentat a la literatura especialitzada (Beneish, 1999; Singleton & Singleton, 2010; Vladu *et al*., 2017; Amat, 2017), i els resultats obtinguts coincideixen amb evidències prèvies derivades d'estudis basats en regressió logística, els quals ja apuntaven la importància crítica de les variables qualitatives com a predictors en casos de frau comptable.

5.3. Anàlisi combinada de predictores clau en el *Random Forest*

Amb l'objectiu d'explorar possibles dependències entre variables, es va dur a terme una anàlisi basada en la profunditat mínima que una variable assoleix en aquells arbres on una altra apareix com a node arrel. Aquesta aproximació permet detectar interaccions significatives dins el model. La Figura 11 mostra les cinc combinacions de variables amb major rellevància en aquest context: x32:x35, x32:x54, x13:x44, x32:x45 i x54:x45.



Font: Elaboració pròpia.

Figura 11. Avaluació de les interaccions entre variables: les barres mostren la profunditat mitjana mínima (*mean_min_depth*) de la segona variable dins dels arbres on la primera és el node arrel. La intensitat del color (*occurrences*) indica la freqüència de l'aparició (més fosc = menys freqüent), i els punts indiquen la profunditat mitjana sense condicions.

Interacció	Senyals d'alerta	Impacte en el frau
x32:x35	Transaccions complexes + incompliment d'expectatives	Permet modular la percepció externa sobre la situació econòmica-financera de l'empresa per tal d'alinear-se amb les expectatives del mercat.
x32:x54	Transaccions complexes + canvi de política d'amortització	Contribueix a dissimular desajustos financers reals a través d'ajustaments comptables orientats a estabilitzar els resultats.
x13:x44	Antecedents negatius + baixa liquiditat	Eleva el risc de manca de transparència informativa i pot agreujar les dificultats de liquiditat operativa.

x32:x45	Transaccions complexes + alt endeutament	Facilita ocultar representació del nivell d'endeutament efectiu, generant una imatge distorsionada de la solvència.
x54:x45	Canvi en amortitzacions + endeutament elevat	Indueix una millora aparent dels indicadors de rendibilitat amb la finalitat d'incrementar l'atractiu per als inversors.

Font: Elaboració pròpia.

Taula 9. Parelles de variables amb major rellevància interactiva en el model *Random Forest*.

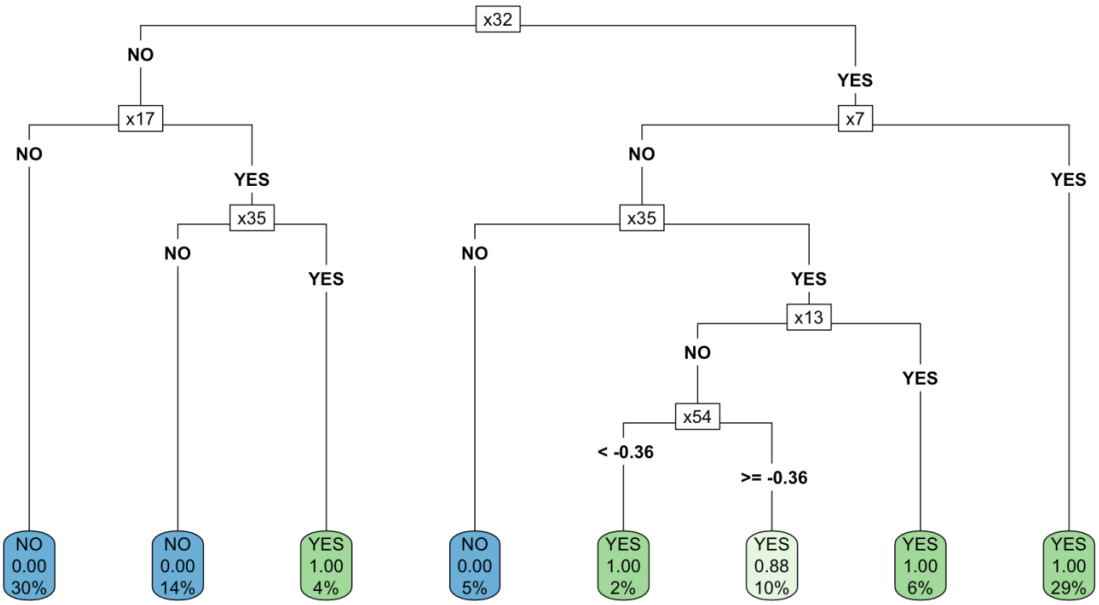
Aquestes combinacions s'observen en fraus de gran magnitud, com els casos d'Enron, Lehman Brothers i Worldcom. La confluència entre estructures financeres opaques i decisions comptables estratègiques ha estat determinant en el seu col·lapse.

La interacció x13:x44 il·lustra com la presència d'una ètica corporativa qüestionable, combinada amb tensions de liquiditat, incrementa significativament el risc. Episodis recents, com FTX o Wirecard, evidencien patrons similars.

La identificació d'aquestes combinacions constitueix una eina fonamental per a auditors, supervisors i òrgans de control, ja que permet anticipar pràctiques comptables irregulars abans que derivin en conseqüències irreversibles (Chen *et al*., 2011; Hajek *et al*., 2017).

5.4. Arbre resum

Amb la finalitat de millorar la comprensió del funcionament del model, s'ha aplicat l'algorisme *E2Tree* (Aria *et al*., 2024), que transforma el *Random Forest* en un sol arbre representatiu. El resultat d'aquesta síntesi, representat a la Figura 12, destaca sis variables clau com a nodes centrals de decisió: x32, x17, x7, x35, x13 i x54.



Font: Elaboració pròpia.

Figura 12. Representació sintètica del model *Random Forest* mitjançant E2Tree.

En l'arbre resum generat pel model, la variable que ocupa la posició de node arrel és la x32. Quan aquesta variable indica "NO", el model classifica correctament 35 empreses com a no fraudulentes i només 3 com a fraudulentes. En canvi, si x32 = "SÍ", es detecten 38 casos amb frau i tan sols 4 sense.

Una combinació rellevant és la de x32 = "NO" amb x17 = "NO", és a dir, baixa implicació dels gestors en la propietat de l'empresa, que permet identificar un grup de 24 organitzacions sense evidència de frau. Per altra banda, la coincidència de x32 = "SÍ" i x7 = "SÍ" (presència d'historial sancionador en matèria comptable) assenyala clarament 23 empreses com a fraudulentes. Aquest patró és especialment significatiu i troba paral·lelismes en casos com el de Lehman Brothers.

En conjunt, els resultats de l'arbre posen de manifest que pràctiques financeres poc transparents, combinades amb perfils directius amb antecedents qüestionables i decisions comptables atípiques, tenen una forta capacitat per explicar la presència de frau. Aquests indicadors han estat recurrents en grans escàndols corporatius com

Enron, Parmalat, Tyco o Wirecard, fet que dona suport a la utilitat del model per a la detecció de frau a través de patrons ben establerts en la recerca acadèmica.

5.5. Conclusions

Els resultats presentats en aquest capítol han permès validar empíricament l'eficàcia del model *Random Forest* per a la detecció de pràctiques de frau comptable. Amb una precisió predictiva excel·lent (AUC = 0,99) i una taxa mínima d'errors de classificació, s'ha demostrat la capacitat del model per discriminar amb encert entre empreses que manipulen els seus estats financers i aquelles que mantenen pràctiques transparents.

L'anàlisi ha revelat que la majoria de variables amb poder explicatiu rellevant són de caràcter qualitatiu, fet que destaca la importància de considerar indicadors no merament numèrics, sinó també factors organitzatius, ètics i de governança en l'avaluació del risc comptable. Aquest enfocament reforça la necessitat d'una auditoria integral, que no es limiti només a les xifres sinó que incorpori també l'anàlisi del context i la cultura corporativa.

Els resultats posen en relleu patrons recurrents en casos coneguts de frau (Enron, Wirecard, Parmalat), suggerint que existeixen estructures de comportament similars en diferents contextos geogràfics i sectorials. Això legitima la transferència de coneixement entre casos i afavoreix el desenvolupament de sistemes d'alerta precoç aplicables a múltiples realitats empresarials.

La identificació de combinacions de variables amb alt valor predictiu ofereix noves eines per a la pràctica professional. L'ús d'interaccions com : "Transaccions complexes + incompliment d'expectatives", "Transaccions complexes + canvi de política d'amortització" o "Antecedents negatius + baixa liquiditat" aporta indicadors d'alerta més refinats, útils per a dissenyar protocols de revisió focalitzats. Igualment, la generació d'un arbre sintètic ha facilitat la comprensió de les decisions preses pel model, millorant-ne la interpretabilitat per a usuaris no especialitzats.

Aquest capítol reforça les implicacions pràctiques de la recerca: auditories més eficients, supervisió reguladora proactiva i cultura corporativa orientada a la prevenció. En paral·lel, ofereix línies de recerca futura com la validació externa amb mostres més àmplies, l'aplicació en altres jurisdiccions i l'exploració d'algorismes complementaris.

En conjunt, es conclou que el model *Random Forest* constitueix una eina robusta i versàtil per detectar amb antelació pràctiques de maquillatge que poden arribar a constituir un frau comptable. La seva aplicació pot millorar significativament els processos de supervisió, contribuint a la transparència i a la confiança en la informació financera corporativa.

CAPÍTOL 6
MODEL PREDICTIU DE FRAU COMPTABLE: METODOLOGIA I APLICACIÓ PRÀCTICA

6.1. Objectiu del model predictiu

Aquest capítol descriu el desenvolupament d'un model predictiu capaç d'estimar el risc que una empresa estigui cometent frau en la seva informació financera, basant-se en un conjunt de 12 variables identificades com les més rellevants mitjançant la tècnica *Random Forest*. Aquestes variables han estat seleccionades pel seu alt poder explicatiu i capacitat de classificació entre empreses fraudulentes i no fraudulentes. A més, el model incorpora dues variables addicionals que, tot i no haver estat incloses en la fase de modelització estadística per la seva capacitat discriminatòria extremadament elevada, resulten igualment determinants per detectar situacions de frau. Es tracta de la presència d'antecedents en males pràctiques financeres per part de la direcció o els socis, i del baix nivell de compliment dels estàndards ètics dins l'organització. Aquestes dues variables actuen com a senyals d'alerta crítiques, capaces de suggerir comportaments fraudulents sense necessitat d'aplicar tècniques d'aprenentatge automàtic avançat.

El model combina l'ús de tècniques avançades d'aprenentatge automàtic (*Random Forest*) amb mètodes estadístics tradicionals (regressió logística binària) i ha estat implementat en un entorn Excel per facilitar-ne l'ús a professionals no tècnics.

L'objectiu és descriure el procés complet: des de l'anàlisi de dades originals fins a la construcció dels models i la seva aplicació pràctica.

També es facilita una guia d'ús perquè qualsevol professional pugui utilitzar-lo amb autonomia.

6.2. Construcció dels models predictius

6.2.1. De Random Forest *a regressió logística*

Tot i que el model *Random Forest* és reconegut per la seva elevada capacitat predictiva i robustesa, la seva aplicació directa en entorns com Microsoft Excel no és pràctica, ja que requereix programació especialitzada i eines específiques. A més, es tracta d'un model complex i poc interpretable per a usuaris no tècnics, fet que dificulta la comunicació i comprensió dels resultats.

En aquest projecte, hem utilitzat el *Random Forest* com a eina per identificar les variables més rellevants en la detecció del frau comptable, aprofitant que és capaç de gestionar relacions no lineals i interaccions entre predictors. Un cop seleccionades aquestes variables, proposem la construcció d'un model de regressió logística binària, que presenta avantatges significatius en termes d'interpretabilitat i d'implementació:

- Estimació directa de la probabilitat de maquillatge comptable (valor entre 0 i 1), que facilita la presa de decisions.
- Interpretació clara de l'efecte individual de cada variable en el risc de maquillatge comptable, mitjançant els coeficients del model.
- Facilitat d'implementació en entorns com Excel, sense necessitat de programació avançada.

Aquesta combinació metodològica, *Random Forest* per a la selecció de variables i regressió logística per a la modelització, combina la potència d'un algorisme d'aprenentatge automàtic amb la transparència i la simplicitat d'un model estadístic clàssic.

6.2.2. Construcció sistemàtica de 145 models

A partir de les 12 variables prioritzades pel model *Random Forest*, es va procedir a generar totes les combinacions possibles de regressions logístiques amb entre 1 i 4 variables per model.

Per exemple:

- Models amb una sola variable (per exemple, historial de males pràctiques financeres per part de directius, empleats o socis).
- Models amb dues variables (per exemple: endeutament i transaccions financeres complexes difícils d'entendre).
- Fins a models amb quatre variables, combinant diferents senyals d'alerta comptable.

Aquest límit de 4 variables per model no és arbitrari. Va ser escollit per tres raons fonamentals:

1. Simplicitat: models amb pocs predictors són més fàcils d'interpretar.
2. Robustesa estadística: incorporar massa variables pot portar al fenomen de sobreajustament (*overfitting*), on el model funciona molt bé amb les dades d'entrenament però falla amb dades noves.
3. Estabilitat dels coeficients: amb poques variables, disminueix el risc de multicol·linealitat i s'aconsegueixen estimacions més estables i fiables.

Aquest enfocament va donar lloc a un total de **145 models de regressió logística binària**, cadascun estimat a partir de la base de dades original. Per a la construcció dels models, s'han seleccionat únicament aquells models de regressió logística que incloïen variables explicatives estadísticament significatives (limitant el nombre màxim a quatre variables per model). A més, s'han incorporat dos models addicionals d'una sola variable, corresponents a les variables dicotòmiques x14 (hàbits financers dolents de directius, empleats, propietaris) i x15 (nivell baix d'estàndards ètics). Aquestes variables, tot i haver estat descartades en l'anàlisi inicial amb *Random Forest* per

discriminar completament entre empreses amb i sense frau comptable, s'han considerat rellevants per avaluar el seu comportament individual en un model de regressió logística. Per a cadascun dels models, s'han calculat les mesures d'AUC, sensibilitat i especificitat mitjançant validació creuada (*cross-validation*) amb 10 particions (*folds*).

Per a cada model es van obtenir quatre elements clau:

- Terme independent (o constant): És el valor base del model quan totes les variables tenen valor zero, reflecteix el nivell inicial de risc de maquillatge. Es tracta d'un coeficient numèric fix que forma part de l'equació logístic-estadística. Es pot entendre com el punt de partida de la predicció, sobre el qual s'afegeix (o es resta) l'efecte de cada variable.

  Per exemple: Si el model és:
  Score = –2.5 + 4.1 * (endeutament) + 2.8 * (canvis comptables)
  El valor –2.5 és el terme independent.

- Coeficients de les variables: Cada variable inclosa al model té associat un coeficient que representa la seva influència sobre la probabilitat de frau. Un coeficient positiu indica que, a mesura que augmenta aquesta variable, augmenta el risc de frau comptable. Un coeficient negatiu, per contra, indica l'efecte contrari, disminueix el risc.

  Els coeficients són essencials per fer el càlcul logístic i permeten interpretar la rellevància de cada variable. Per exemple, un coeficient alt per a "increment sobtat de vendes" indicaria que aquest és un fort indicador de risc.

- AUC (*Area Under the Curve*): L'AUC és una mesura de la qualitat predictiva global del model.
  Té un valor entre 0,5 i 1,0, on:
  - 0,5 indica que el model no té capacitat predictiva (equivalent a l'atzar).
  - 1,0 indica una predicció perfecta.

Com més a prop d'1 estigui l'AUC, millor és el model en termes de precisió.

- Sensibilitat i especificitat: Són dues mètriques que indiquen la capacitat del model per encertar en diferents tipus de casos:
    - Sensibilitat: percentatge de casos de frau comptable detectats correctament. És la capacitat de detectar els positius reals.
    - Especificitat: percentatge de casos que el model no marca erròniament com a frau comptable. Indica la capacitat de no generar falsos positius.

  Aquestes dues mesures són fonamentals per entendre si el model és massa estricte (molts falsos positius) o massa permissiu (massa fraus que passen desapercebuts).

Tots aquests models es van guardar en un full de càlcul com una base matemàtica de predicció. El sistema està dissenyat per seleccionar dinàmicament el model adequat en funció de les variables que l'usuari proporciona, i obtenir una estimació de la probabilitat individualitzada de frau comptable combinant els valors aportats amb els coeficients del model.

6.3. Implementació en Excel: estructura del model

Per a facilitar-ne l'ús, els 145 models es van implementar dins un arxiu Excel dividit en tres fulls principals:

6.3.1. Full "Predicció"

És la interfície d'entrada i consulta de resultats. L'usuari pot introduir els valors coneguts d'una empresa i obtenir la predicció.

- Permet introduir entre 1 i 4 variables.
- Mostra el model automàticament seleccionat.
- Retorna una probabilitat clara i una recomanació segons el risc.

6.3.2. Full "Models"

Aquest full conté la base matemàtica de tots els models de predicció possibles, creats mitjançant regressió logística binària. Cada una de les files representa un model que utilitza una o diverses variables financeres per predir la probabilitat de frau comptable. En aquest full no cal introduir cap dada.

Columnes clau:

• Model: nom del model.

• AUC: qualitat predictiva (entre 0.5 i 1).

• Especificitat i Sensibilitat: taxes d'encert.

• Terme independent: constant del model.

• x14, x15, etc.: coeficients de les variables usades.

Funcionament tècnic:

Cada model representa una equació de la forma:

Puntuació = Intercepció + coef_x14 * x14 + coef_x15 * x15 + ...
La puntuació (*score* o *logit*) obtinguda amb el model reflecteix el nivell de risc de frau comptable: com més alta i positiva és la puntuació, més gran és el risc de frau; com més baixa i negativa, menor és el risc de frau.

O alternativament,

Probabilitat = 1 / (1 + e^(– Puntuació))

La probabilitat de frau obtinguda amb el model és una transformació (que s'anomena funció logística) de la puntuació obtinguda: com més propera a 1, més gran és el risc de frau; com més propera a 0, menor és el risc de frau.

6.3.3. Full "Probabilitats"

Aquest full calcula la probabilitat de frau comptable per a cada model compatible amb les variables introduïdes per l'usuari en el full "Predicció".

Al igual que el full "Models", l´usuari no ha d´entrar cap dada.

Columnes clau:

• Puntuació: resultat obtingut a partir de la combinació lineal de les variables i els coeficients del model.

• Probabilitat: resultat d'aplicar la funció logística a la puntuació.

• Escollit: indica si aquest model ha estat seleccionat per l'usuari.

6.4. Guia pràctica per a l'usuari

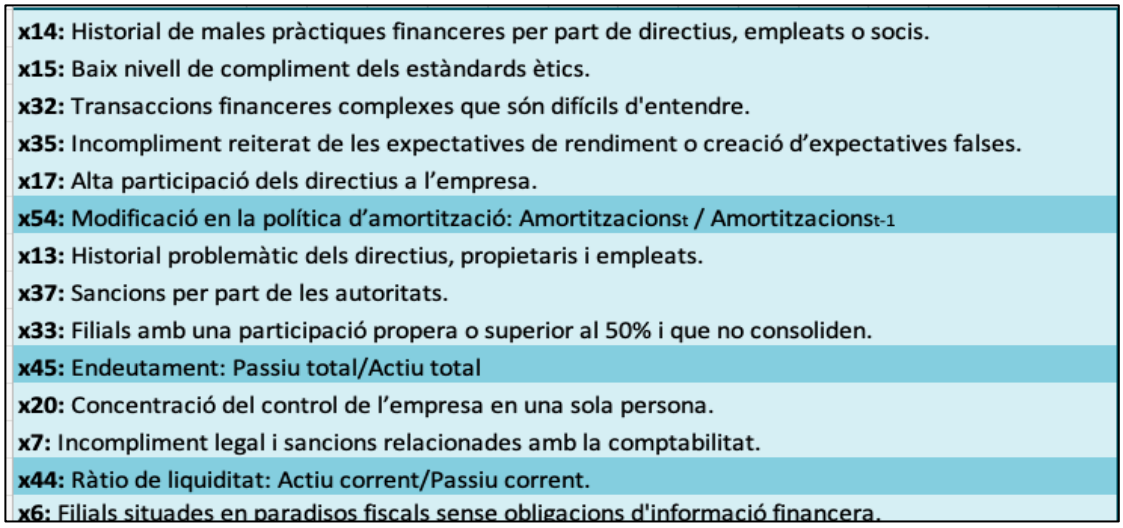
L'arxiu Excel permet predir la probabilitat que una empresa hagi realitzat maquillatge comptable, utilitzant models de regressió logística sobre determinades variables financeres.

Les variables financeres utilitzades corresponen als dotze senyals d'alerta identificats per la metodologia *Random Forest* com els de major poder predictiu en aquest model (a més de les variables x14 i x15).

6.4.1. Dades (variables) a introduir

- Variables numèriques → Introduir els valors com a decimals. Per exemple, una empresa que te un endeutament del 75%, introduir 0,75.
- Variables binàries → Introduir un 1 en el cas de que l´empresa compleix la característica. En cas contrari, introduir un 0.
- Cal introduir entre 1 i 4 variables per anàlisi.

- El sistema ignora qualsevol model que no coincideixi exactament amb aquest conjunt.
- Les variables a introduir son les següents (Figura13):



Font: Elaboració pròpia.

Figura13. Variables de risc relacionades amb pràctiques fraudulentes identificades en l'anàlisi inicial del model *Random Forest*.

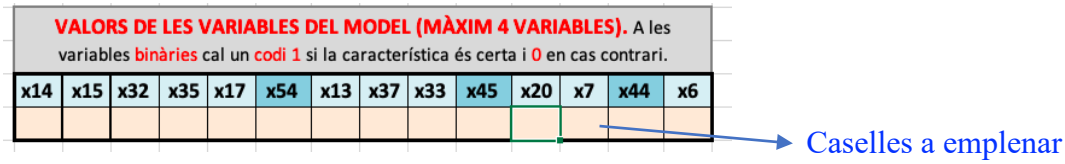
6.4.2. Passos operatius

1. Obrir el full "Predicció".

   És el full d´entrada de dades i visualització de resultats.

2. Emplenar les cel·les amb les variables conegudes.

   S' introdueix els valors coneguts de les variables a les cel·les corresponents de la taula de la Figura 14.



Font: Elaboració pròpia.

Figura 14. Valors codificats de les variables binàries utilitzades en el model (màxim 4 variables).

3. El sistema filtra els models compatibles.

Com ajuda a l'usuari, en introduir el valor d'una de les variables, el quadre de la Figura 15 indica com es pot ampliar el model d'1 fins a 4 variables, segons el total de 145 models de probabilitat de frau inclosos en el full "Models".

Models **1** variable:	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Models **2** variables:			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Models **3** variables:			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Models **4** variables:			SI		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
El quadre superior és una **AJUDA** per ampliar el model de 1 a 4 variables: en introduir un valor d'una variable, les cel·les amb un SI indiquen quines altres variables es poden utilitzar.														

Font: Elaboració pròpia a partir dels 145 models de probabilitat de frau del full "Models".

Figura 15. Guia per a l'ampliació del model de predicció de 1 a 4 variables segons les combinacions possibles.

Les columnes en blau del quadre de la Figura 15 es corresponen a les variables del quadre de la Figura 14. La imatge del quadre de la Figura 15 representa el moment inicial, quan encara no s'ha introduït cap valor de les variables en el quadre de la Figura 14: observem que les variables x14 i x15 (les dues primeres columnes) només intervenen en models d'una variable (només hi ha un SI a la primera fila) i que la variable x35 (la quarta columna) no intervé en els models de 4 variables (no hi ha un SI a la quarta fila). El quadre de la Figura 15 evoluciona jeràrquicament: quan s'introdueix un nou valor d'una variable en el quadre de la Figura 14, indica quines noves variables es poden introduir per ampliar el model. Per exemple, si ja hem introduït 2 valors en el quadre de la Figura 14, aleshores la primera fila del quadre (models amb 1 variable) estaran buides i per ampliar el model amb una o dues noves variables només cal fixar-se en els SI de les files inferiors (models amb 3 i 4 variables).

4. El sistema proporciona els resultats en un quadre resum.

El quadre resum de la Figura 16 proporciona la següent informació: numeració del model dins els 145 models de probabilitat de frau del full "Models" (primera

fila), valor de l'AUC, l'especificitat i la sensibilitat del model escollit (files 2, 3 i 4), puntuació i probabilitat del risc de frau comptable (files 5 i 6) obtinguts amb els valors introduïts al quadre de la Figura 14. També cal fer notar que el color de la casella de la fila 5 canvia segons la puntuació: valors verds quan el risc és baix i vermell quan el risc és alt.

Model	
AUC	
Especificitat	
Sensibilitat	
Puntuació de frau	
Probabilitat de frau	

Font: Elaboració pròpia.

Figura 16. Quadre resum del model escollit i del risc de frau comptable.

En la Figura 17 es mostra un exemple on s'ha implementat el full de càlcul d'Excel.

VALORS DE LES VARIABLES DEL MODEL (MÀXIM 4 VARIABLES). A les variables binàries cal un codi 1 si la característica és certa i 0 en cas contrari.

	x14	x15	x32	x35	x17	x54	x13	x37	x33	x45	x20	x7	x44	x6
						0,20			0			0		
Models **1** variable:														
Models **2** variables:														
Models **3** variables:						SI			SI			SI		
Models **4** variables:			SI			SI			SI	SI		SI		

El quadre superior és una **AJUDA** per ampliar el model de 1 a 4 variables: en introduir un valor d'una variable, les cel·les amb un SI indiquen quines altres variables es poden utilitzar.

Model 95	
AUC	0,94
Especificitat	0,83
Sensibilitat	0,93
Puntuació de frau	-3,20
Probabilitat de frau	0,04

Font: Elaboració pròpia.

Figura 17. Panell de resultats en un model amb 4 variables.

En la Figura 17, l'usuari ha introduït valors per a tres variables del model. Es tracta d´una empresa amb un augment en les amortitzacions del 20% (x54: variable quantitativa) i que no compleix amb les característiques relatives a filials amb una participació propera o superior al 50% i que no consoliden (x33) i incompliments legals

i sancions relacionades amb la comptabilitat (x7); ambdues variables qualitatives i, per tant, binàries.

En el quadre d'ajuda per ampliar el model, s'observa que per ampliar el model a 4 variables, es necessitaria o bé conèixer el valor de la variable x32 (transaccions financeres complexes que són difícils d'entendre) o bé la variable x45 (endeutament).

En aquest exemple, el sistema ha seleccionat automàticament el Model 95 per fer la predicció. Aquest model té una qualitat molt alta (AUC de 0,94, especificitat de 0,83 i sensibilitat de 0,93). Amb els valors introduïts, la puntuació del risc de frau comptable és -3,20 i la probabilitat del 4%.

Això indica que, segons les dades introduïdes, el risc de frau és molt baix i no s'identifiquen senyals clars de manipulació comptable. Per tant, l'empresa analitzada no presenta indicis que justifiquin una revisió comptable addicional en aquest moment.

6.5. Conclusions i perspectives

Aquest model combina tècniques de ciència de dades amb estadística clàssica, adaptades a un entorn pràctic. Integra mètodes moderns com el *Random Forest* per a la selecció rigorosa de variables i models interpretatius com la regressió logística, garantint transparència i aplicabilitat real.

Els seus punts forts són:

- Fiabilitat: selecció precisa de variables mitjançant *Random Forest*.
- Facilitat i accessibilitat: implementació en una eina coneguda, Excel.
- Interpretabilitat: coeficients que expliquen l'impacte de cada variable.
- Aplicabilitat directa: útil en contextos d'auditoria i control.
- Versatilitat: extrapolable a altres àmbits, com la detecció de frau fiscal, anàlisi de solvència o risc de fallida, seguint la mateixa metodologia: selecció amb *Machine Learning* i conversió en models operatius per a l'usuari final.

La implementació que hem fet amb Excel esdevé una eina objectiva i automatitzada per a l'anàlisi de riscos comptables.

6.6. Casos pràctics

6.6.1. Cas pràctic: empresa d'energia renovable amb creixement accelerat

Suposem una empresa fictícia anomenada Novaenergy Global, S.A., amb seu a Espanya, dedicada a la comercialització d'energia renovable i participació en projectes d'infraestructures verdes.

L'empresa ha viscut un creixement ràpid en els darrers anys, especialment gràcies a operacions financeres innovadores, finançament de mercats internacionals i un lideratge fortament centralitzat.

Tot i el discurs corporatiu vinculat a la sostenibilitat i la transformació energètica, alguns informes interns i dades públiques han generat dubtes sobre la transparència de la seva informació financera.

Variables introduïdes al model

Per a la seva avaluació mitjançant el model predictiu, es van introduir les següents variables:

Variable	Codi	Valor	Tipus	Justificació
Operacions financeres difícils d'entendre	x32	1	Binària	L'empresa presenta emissions híbrides, deutes convertibles i instruments complexos.
Endeutament elevat	x45	0,68	Numèrica	El 68% dels actius estan finançats amb passiu financer a curt i llarg termini.
Concentració de poder en una sola persona (CEO-fundador)	x20	1	Binària	El màxim accionista és també president executiu i controla la presa de decisions.

Resultat del model

MODELS DE REGRESSIÓ LOGÍSTICA: PREDICCIÓ DE FRAU COMPTABLE

VALORS DE LES VARIABLES DEL MODEL (MÀXIM 4 VARIABLES). A les variables binàries cal un codi 1 si la característica és certa i 0 en cas contrari.

	x14	x15	x32	x35	x17	x54	x13	x37	x33	x45	x20	x7	x44	x6
			1							0,68	1			
Models **1** variable:														
Models **2** variables:														
Models **3** variables:			SI							SI	SI			
Models **4** variables:			SI				SI	SI		SI	SI			SI

Model 70	
AUC	0,96
Especificitat	0,89
Sensibilitat	0,93
Puntuació de frau	4,09
Probabilitat de frau	0,98

Font: Elaboració pròpia.
Figura 18. Panell de resultats del primer cas pràctic.

Segons les dades introduïdes a la Figura 18, el sistema ha seleccionat el Model 70, que es basa exactament en aquestes tres variables i ofereix un AUC de 0,96, la qual cosa reflecteix una excel·lent capacitat predictiva.

El càlcul automàtic ha retornat:

- Puntuació de frau: 4,09
- Probabilitat de maquillatge comptable: 0,984 → 98,4%

També és important destacar que tal com es veu en el quadre d'ajuda de la Figura 18, si disposéssim de més informació, el model es podria ampliar a 4 variables incorporant-hi la x13 (Historial problemàtic dels directius a l'empresa), la x37 (Sancions per part de les autoritats) o la x6 (Filials situades en paradisos fiscals sense obligacions d'informació financera).

Interpretació del risc

El model categoritza el cas amb una probabilitat extremadament alta de maquillatge comptable. El risc es veu potenciat per la combinació de tres factors molt significatius:

- Alta complexitat financera, que pot dificultar la supervisió externa.

- Elevat nivell d'endeutament, que crea pressió sobre els resultats.
- Governança opaca, amb alta concentració de poder, que pot afavorir la manipulació.

Tot plegat suggereix que podrien estar-se aplicant pràctiques de frau comptable orientades a millorar els indicadors comptables, justificar finançament addicional o mantenir valoracions de mercat artificials.

Acció recomanada

Amb una probabilitat del 98%, el sistema categoritza el risc com a molt alt, dins la franja de:

Probabilitat	Interpretació del risc	Acció recomanada
0,71 – 1,00	Risc alt	Auditoria en profunditat / revisió forense

Per tant, es recomana:

- **Auditoria financera especialitzada**, revisant criteris de reconeixement d'ingressos, activació de costos i instruments híbrids.
- **Anàlisi de governança i transparència**, per verificar si les decisions comptables es prenen amb criteris objectius.
- **Seguiment trimestral reforçat** per evitar desviacions addicionals.

Conclusió

Aquest cas exemplifica com, malgrat un entorn empresarial legítim i una activitat econòmicament sostenible, determinades pràctiques de finançament, gestió i governança poden elevar significativament el risc de frau comptable. El model

predictiu actua com a eina de filtratge, alerta i priorització per part de professionals de la comptabilitat, el control intern i la supervisió financera.

6.6.2. Cas pràctic: empresa de distribució amb risc baix de maquillatge comptable

Distripiluca Integral S.L. és una empresa del sector de la distribució i gran consum amb una trajectòria sòlida de creixement sostingut, autofinançament i transparència corporativa. L'organització destaca per una cultura de gestió prudencial, governança distribuïda i absència d'estructures opaques.

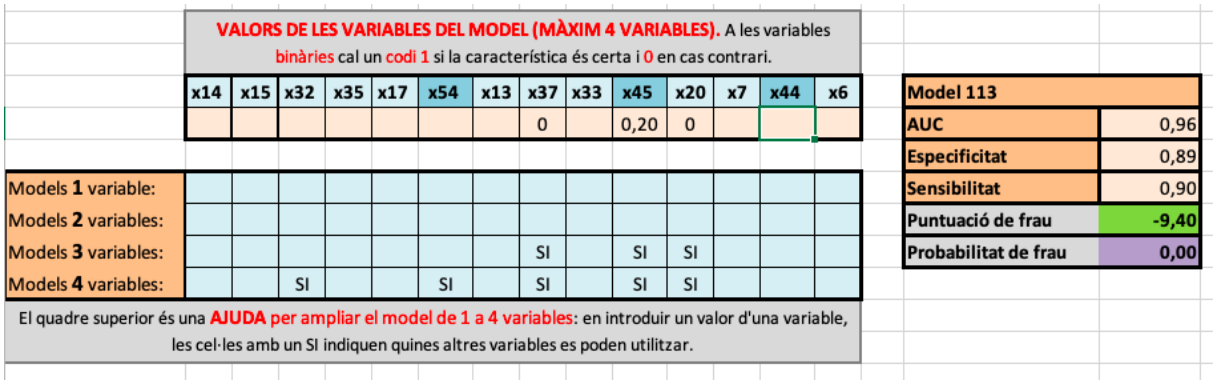
Aquesta empresa ha estat auditada de manera externa i ininterrompuda des dels seus inicis i ha rebut diversos reconeixements pel seu compromís amb la responsabilitat social i la qualitat de la informació financera.

Variables introduïdes al model predictiu

En el moment de fer l'anàlisi, es van identificar quatre variables clau, totes elles amb valors que apunten a una estructura sana i sense indicadors de risc comptable:

Variable	Codi	Valor	Tipus	Justificació
Endeutament total (passiu total / actiu total)	x45	0,20	Numèrica	L'empresa presenta una baixa exposició al deute financer extern.
Filials amb control majoritari no consolidades	x33	0	Binària	Totes les filials amb participació superior al 50% estan correctament consolidades.
Concentració del control en una sola persona	x20	0	Binària	El consell d'administració està professionalitzat i diversificat.
Sancions per part de les autoritats reguladores	x37	0	Binària	No consta cap sanció ni observació per part d'òrgans de control o inspecció.

Resultat del model



VALORS DE LES VARIABLES DEL MODEL (MÀXIM 4 VARIABLES). A les variables binàries cal un codi 1 si la característica és certa i 0 en cas contrari.

x14	x15	x32	x35	x17	x54	x13	x37	x33	x45	x20	x7	x44	x6
							0		0,20	0			

Models **1** variable:														
Models **2** variables:														
Models **3** variables:								SI		SI	SI			
Models **4** variables:			SI			SI		SI		SI	SI			

El quadre superior és una AJUDA per ampliar el model de 1 a 4 variables: en introduir un valor d'una variable, les cel·les amb un SI indiquen quines altres variables es poden utilitzar.

Model 113	
AUC	0,96
Especificitat	0,89
Sensibilitat	0,90
Puntuació de frau	-9,40
Probabilitat de frau	0,00

Font: Elaboració pròpia.
Figura 19. Panell de resultats del segon cas pràctic.

Dins del conjunt de 145 models, no n'hi ha cap que inclogui les quatre variables explicatives disponibles (x37, x33, x45 i x20). En canvi, sí que hi són tots els models possibles amb combinacions de tres variables. Finalment, tal com es mostra en la Figura 19, hem optat pel model amb millor capacitat predictiva, el Model 113, que incorpora les variables x37, x45 i x20:

- AUC: 0,96
- Puntuació de frau: -9,40
- Probabilitat estimada de maquillatge comptable: 0,00 → 0%

Interpretació del risc

Amb una probabilitat literalment nul·la, el sistema considera que aquesta empresa no presenta cap risc detectat de frau comptable. Aquesta classificació es fonamenta en:

- Una estructura de governança transparent i diversificada.
- L'absència de pràctiques opaques o indicadors de risc estructural.
- La consolidació correcta de filials, reflectint bona pràctica comptable.
- Un ús responsable del finançament i una alta solvència.

Acció recomanada

Probabilitat	Interpretació del risc	Acció recomanada
0,00	Risc inexistent	Cap acció addicional. Seguiment habitual.

No calen mesures de control específiques. L'empresa pot ser considerada **exemplar** des del punt de vista comptable i serveix com a patró per a la detecció d'empreses sanes dins del sistema predictiu.

6.7. Conclusions

Aquest capítol ha presentat el desenvolupament i aplicació pràctica d'un model predictiu de frau comptable construït amb rigor estadístic i pensat per a l'ús professional. Combinant tècniques d'intel·ligència artificial (*Random Forest*) amb la simplicitat interpretativa de la regressió logística, el sistema ofereix una eina fiable i accessible per avaluar el risc comptable en empreses reals. L'ús d'Excel com a plataforma d'implementació assegura la seva utilització en entorns professionals sense necessitat de programació ni coneixements tècnics especialitzats.

El disseny de 145 models permet respondre a diversos graus de disponibilitat de dades i complexitat de casos, mentre que l'anàlisi dels casos pràctics demostra la capacitat del sistema per discriminar amb eficàcia entre empreses amb perfils de risc alt i entitats amb comportaments comptables sòlids.

Aquest enfocament representa un pas endavant cap a una auditoria més proactiva i basada en dades, reforçant la presa de decisions informades i la prevenció del frau financer dins les organitzacions. A més, constitueix un exemple que es pot aplicar a altres àrees de control empresarial com la detecció de frau fiscal, la prevenció de fallides o l'avaluació de solvència.

[ACCÉS A L'APLICATIU EXCEL]

CAPÍTOL 7
CONCLUSIONS

El present capítol presenta els principals resultats i contribucions d'aquesta recerca, i una reflexió global sobre el seu abast teòric, metodològic i pràctic. Després d'analitzar en profunditat la detecció del frau comptable mitjançant eines predictives, es presenten aquí les aportacions essencials del model desenvolupat i la seva rellevància tant per a la comunitat acadèmica com per als professionals de l'àmbit comptable, financer i d'auditoria. Igualment, s'exposen les implicacions que se'n deriven per al govern corporatiu, la qualitat de la informació financera i la transparència, elements clau en un entorn econòmic marcat per una major complexitat reguladora i una exigència creixent de rendició de comptes amb la finalitat de promoure un desenvolupament sostenible.

El capítol aborda també les limitacions inherents al model, tant pel que fa a la naturalesa de la mostra utilitzada com a la complexitat de certes variables qualitatives difícils de quantificar, o les diferències normatives entre països que poden influir en la comparabilitat dels resultats. Aquest exercici crític permet situar el model dins dels seus límits reals d'aplicació i contextualitzar-ne la capacitat predictiva.

Finalment, s'identifiquen diverses línies de recerca futura que poden contribuir a ampliar, reforçar i actualitzar el model a mesura que evolucionen el frau comptable, les tecnologies d'anàlisi i la normativa de sostenibilitat i reportatge corporatiu. Tot plegat fa d'aquest capítol un espai de síntesi i projecció, que connecta el treball desenvolupat amb els reptes emergents que afronten les organitzacions i la professió comptable.

7.1. Aportacions rellevants de la investigació

Aquest estudi representa una contribució rellevant en el camp de la detecció del frau comptable, tant per la seva utilitat pràctica com pel rigor metodològic amb què s'ha desenvolupat. L'objectiu ha estat construir un pont sòlid entre la recerca acadèmica i les necessitats reals dels professionals del sector, abordant un problema complex des d'una perspectiva científica i operativa alhora. A diferència de molts treballs que es limiten a aproximacions parcials o que centren l'anàlisi en una sola tècnica, aquesta recerca integra diferents metodologies i proposa una sistematització que facilita la seva transferència, contribuint així a una millora contínua de la qualitat de la informació financera.

Les aportacions del treball s'emmarquen en un procés d'investigació que combina criteris de fiabilitat i transparència. El model predictiu s'ha construït i validat utilitzant dades reals d'empreses que han estat implicades en casos de frau i altres que no han presentat irregularitats. Aquesta base empírica permet contrastar el comportament del model en situacions diverses i aporta una primera evidència del seu potencial. Tot i això, és important assenyalar que, com en qualsevol recerca aplicada, la mostra utilitzada presenta limitacions: el seu abast encara és reduït i concentra la informació en certs sectors i països, entre altres. Per aquest motiu, i en coherència amb els estàndards científics, les conclusions obtingudes s'han d'interpretar com un primer pas i no com un resultat definitiu. Caldrà validar el model amb noves mostres, procedents de diferents països, marcs comptables i realitats empresarials, per comprovar si els patrons identificats es mantenen en altres entorns.

L'ús del mètode *Random Forest* constitueix una de les aportacions més destacades del treball. Aquesta tècnica, pròpia de l'àmbit de la intel·ligència artificial, s'ha utilitzat per identificar les variables amb un major poder discriminatori en la detecció del frau. La jerarquització empírica que ofereix l'algorisme proporciona una base sòlida per a la construcció de models predictius més simples i fiables, i alhora reforça la transparència metodològica, ja que permet justificar de manera objectiva el pes de cada variable.

A partir d'aquesta selecció, la recerca proposa una adaptació pràctica mitjançant regressions logístiques. Aquesta transformació és especialment rellevant perquè facilita la transferència del coneixement científic a entorns habituals com Excel, i permet que professionals sense formació especialitzada en estadística o ciència de dades puguin interpretar i aplicar el model amb facilitat. Aquest enfocament respon a una necessitat real del sector: disposar d'eines predictives que combinin rigor i usabilitat, sense renunciar a la interpretabilitat dels resultats.

El disseny d'una eina operativa accessible i d'aplicació pràctica, i l'estructuració del model en diversos fulls de càlcul facilita la gestió del procés analític i permet una lectura clara de les conclusions. Aquesta eina pot ser utilitzada tant en grans corporacions com en PIMES, contribuint a millorar els seus mecanismes de supervisió i a promoure una cultura de transparència interna. En un context on la fiabilitat de la informació financera és crucial, eines com aquesta ajuden a detectar indicis de risc de manera anticipada i fonamentada.

La validació empírica del model és un altre element essencial del treball. L'obtenció d'AUCs superiors al 0,90 en la majoria de models confirma que discrimina molt bé, ja que, l'AUC és una mesura global de discriminació, molt útil en *Random Forest*, on es recullen probabilitats agregades de molts arbres. La solidesa de l'enfocament demostra que la combinació de tècniques avançades a nivell pràctic és viable i útil. És a dir, els models mostren una excel·lent capacitat de discriminació, amb valors superiors a 0,90, que confirma l'eficiència de la metodologia aplicada. Tot i això, els resultats s'han de considerar inicials: la naturalesa canviant del frau i les diferències entre normatives comptables poden modificar els patrons observats. Per aquest motiu, caldrà continuar ampliant i actualitzant les dades, així com contrastar el model en nous entorns per garantir-ne l'estabilitat i la generalització.

L'estudi contribueix a reforçar els mecanismes de govern corporatiu, promou una supervisió més rigorosa i dona suport a una millor presa de decisions. Al mateix temps, és una eina útil per al món acadèmic, ja que facilita la docència aplicada en auditoria, control intern, anàlisi financera i governança corporativa. Per tant, el treball consolida

un espai de trobada entre teoria i pràctica, fomentant una visió integrada i responsable de la detecció del frau comptable.

En conjunt, aquesta recerca combina innovació metodològica, utilitat pràctica i solidesa científica, i constitueix un pas endavant en el desenvolupament de models predictius orientats a reforçar la transparència i la qualitat de la informació financera.

7.2. Implicacions per a la pràctica acadèmica i professional

El model desenvolupat en aquesta recerca presenta un interès especial tant per a l'àmbit professional com per a l'acadèmic, ja que combina una base metodològica sòlida amb una aplicació pràctica accessible.

En el camp professional, esdevé una eina útil per a auditors, supervisors, *controllers* i gestors de riscos, que poden utilitzar-lo com a suport en la presa de decisions. La seva capacitat per quantificar el risc de frau i detectar patrons inusuals permet focalitzar les revisions en aquelles situacions que realment ho requereixen, cosa que optimitza el temps i els recursos dedicats a la supervisió.

Aquest aspecte és especialment rellevant en l'àmbit de les pimes, on els sistemes de control intern solen ser més limitats i els recursos disponibles per a processos d'auditoria són més reduïts. En aquests entorns, disposar d'una eina senzilla d'interpretar, però alhora robusta des d'un punt de vista estadístic, pot marcar una diferència significativa. El fet que el model es pugui aplicar directament mitjançant l'Excel en facilita l'aplicabilitat sense necessitat d'inversions tecnològiques o de personal especialitzat en ciència de dades. D'aquesta manera, les petites i mitjanes empreses poden adoptar pràctiques de supervisió més rigoroses i acostar-se al nivell de control que tradicionalment només han pogut assumir les grans corporacions.

En paral·lel, el model també aporta un valor formatiu considerable. En l'àmbit universitari es pot incorporar de manera natural en assignatures d'auditoria, anàlisi comptable, control intern o anàlisi de dades aplicades a les finances. La possibilitat de treballar amb dades reals i resultats interpretables ofereix als estudiants un pont entre la teoria i la pràctica que sovint manca en altres tipus d'exercicis. A través del model,

l'alumnat pot comprendre com s'identifica un risc de frau i, com s'estructura un procés de validació empírica segons el pes de les variables utilitzades en la detecció d'irregularitats.

A més, l'ús del model en un context docent permet desenvolupar competències que cada vegada són més valorades en el mercat laboral: la capacitat d'interpretar dades, de comprendre els fonaments dels models predictius, d'avaluar la fiabilitat de la informació i de plantejar una anàlisi crítica basada en evidències. Aquestes capacitats complementen els coneixements tradicionals de comptabilitat i auditoria i contribueixen a formar professionals més preparats per a un entorn que demana, cada vegada més, solvència analítica i familiaritat amb eines digitals.

La integració del model en les pràctiques docents també obre la porta a projectes d'aprenentatge aplicat, treballs de final de grau o màster, i altres activitats en què l'alumnat pot experimentar amb dades, ajustar models i interpretar resultats. Això reforça la seva autonomia analítica i els familiaritza amb eines que després trobaran en la pràctica professional.

En definitiva, la doble aplicació del model, tant en el mon professional com en el acadèmic, contribueix a establir un pont sòlid entre teoria i pràctica. Les empreses disposen d'un instrument que els ajuda a millorar la detecció i prevenció del frau, mentre que el professorat incorpora una eina actual i útil per aprofundir en l'anàlisi de riscos comptables.

7.3. Limitacions de la investigació

Tot i que els resultats obtinguts són consistents i mostren el potencial del model predictiu desenvolupat, és imprescindible reconèixer les limitacions que condicionen la seva aplicació i interpretació. Com qualsevol eina d'avaluació del risc, el model ha de ser considerat un instrument de suport i no pas un sistema concloent, ja que incorpora un cert marge d'error i depèn de la qualitat i l'abast de les dades utilitzades.

Per tant, entre les limitacions del model podem destacar:

- Una primera limitació es la *mostra emprada en la recerca,* que, tot i ser rigorosa, presenta restriccions tant de dimensió com de composició. La incorporació d'un volum més ampli d'observacions, procedents de diversos sectors econòmics i àmbits geogràfics, podria modificar o matisar algunes de les relacions detectades pel model.
- A més, el frau comptable no es manifesta de manera uniforme en tots els contextos: factors com la pressió competitiva, la mida de l'empresa, les característiques del sector o els cicles econòmics poden influir en l'aparició i el tipus d'irregularitats.
- A l´anterior limitació s'hi afegeix un element rellevant: *les diferències entre les normatives i pràctiques comptables de cada país.* La comptabilitat no és homogènia a escala internacional; disposa de règims jurídics, marcs normatius i criteris d'aplicació que poden variar de manera notable d'un estat a un altre. Aquestes diferències afecten directament la comparabilitat de les dades i poden introduir biaixos o distorsions en el model si no es consideren adequadament.
- Una quarta limitació son les *limitacions metodològiques vinculades a la naturalesa de les variables utilitzades*. Tot i que les dades quantitatives permeten un tractament estadístic objectiu, una part important de la informació rellevant per detectar pràctiques fraudulentes és de caràcter qualitatiu: l'ètica corporativa, el comportament dels directius, la transparència informativa, la cultura organitzativa o la pressió per assolir determinats resultats. Aquestes variables presenten un alt grau de subjectivitat i resulten especialment difícils de quantificar o d'observar de manera directa. Això limita la seva incorporació en models predictius i pot provocar que alguns indicis de risc no quedin reflectits adequadament en l'anàlisi.
- Una cinquena limitació inherent al model és que *identifica probabilitats, no causalitats*. Les tècniques emprades permeten predir la possibilitat que una empresa presenti pràctiques irregulars, però no determinen per què aquestes es produeixen ni en garanteixen la presència. Un risc elevat no implica

necessàriament l'existència de frau, sinó la conveniència d'una revisió més acurada. Per aquest motiu, els resultats obtinguts han de ser sempre verificats i contrastats per professionals amb experiència, que puguin interpretar-los d'acord amb la realitat de cada empresa.

- Finalment, cal destacar que *el comportament fraudulent és dinàmic i evoluciona amb el temps*. Les tècniques de manipulació comptable s'adapten a l'entorn regulador, als sistemes de control i, en general, a les noves pràctiques empresarials. Això implica que qualsevol model predictiu necessita una actualització periòdica per mantenir la capacitat de detecció. Un model que és eficaç avui pot no ser-ho en un futur si no incorpora noves dades, metodologies o ajustos que reflecteixin els canvis en l'entorn econòmic i normatiu.

En síntesi, les limitacions descrites no invaliden el model, però constitueixen un estímul per continuar avançant en noves línies de recerca i en la millora continua.

7.4. Futures línies d'investigació

El present treball obre múltiples vies d'investigació per ampliar-ne l'impacte i permetre un desenvolupament més exhaustiu del model predictiu de detecció del frau comptable. Tot i els resultats obtinguts, la naturalesa complexa i canviant del frau, així com l'evolució de la normativa i de les tecnologies d'anàlisi, fan necessari aprofundir en noves línies d'investigació que permetin perfeccionar els models i adaptar-los a les necessitats futures. Destaquem, per tant, les següents línies de recerca:

- Ampliació de la base de dades utilitzada, incorporant observacions procedents de diferents països, sectors econòmics i períodes temporals. Aquest augment de la diversitat de la mostra permetria analitzar si el comportament del frau varia segons les característiques institucionals, la regulació, el grau de transparència dels mercats o els cicles econòmics. També facilitaria la construcció de models més robustos i generalitzables, amb capacitat d'adaptar-se a entorns heterogenis.

- L'explotació d'altres tècniques avançades d'aprenentatge automàtic, com poden ser: el *boosting*, les xarxes neuronals, els models bayesians o els sistemes híbrids que combinen interpretabilitat i capacitat de predicció. Aquestes aproximacions podrien millorar la precisió dels models, especialment en situacions on els patrons de frau són subtils o estan ocults dins de grans volums d'informació. L'ús d'algorismes per detectar anomalies, juntament amb tècniques de *deep learning* i models que analitzen dades en seqüència, ajudaria a identificar amb més precisió patrons al llarg del temps i possibles comportaments irregulars.
- La incorporació de fonts d'informació externa i no estructurada, com pot ser: la reputació corporativa, el sentiment expressat a les xarxes socials (és a dir, l'anàlisi de si els comentaris dels usuaris sobre una empresa són positius, negatius o neutres) o les metadades dels processos transaccionals (informació complementària com la data, l'hora, el lloc o la freqüència de les operacions), ampliaria els models actuals i permetria captar noves dimensions de risc. A més, la combinació de dades quantitatives i qualitatives milloraria la qualitat de la informació disponible.
- El desenvolupament de sistemes d'alerta automàtics que es puguin integrar en els ERP, els sistemes de *reporting* i les plataformes de gestió en temps real convertiria el model en una eina útil per al dia a dia, capaç de funcionar de manera contínua i automàtica per controlar els indicadors de risc. A més, la integració amb tecnologies com la mineria de processos, els quadres de comandament intel·ligents o els sistemes de control continu reforçaria el valor pràctic.
- Des d'un punt de vista organitzatiu, cal estudiar com es poden combinar el model predictiu i els sistemes de control intern per reforçar els protocols de *compliance*, l'auditoria contínua i la governança. L'objectiu és saber fins a quin punt el model pot anticipar riscos, enfortir els controls existents i ajudar a crear una cultura de prevenció del frau.
- Una línia emergent i especialment rellevant és l'anàlisi de la convergència entre informació financera, sostenibilitat i detecció del frau. Les noves obligacions derivades de la Directiva (UE) 2022/2464 (CSRD) i de les Normes

Europees de Report de Sostenibilitat (ESRS) impulsen un model d'informació integrat, en què els riscos financers, no financers i de governança han de ser comunicats de manera coherent i comparable. En aquest marc, esdevé especialment pertinent investigar com els sistemes predictius poden ajudar a detectar inconsistències, *greenwashing*, incoherències entre indicadors financers i no financers, i, en general, riscos emergents associats a la manca de transparència. Una recerca futura podria centrar-se en el disseny de models híbrids que combinin indicadors clàssics de frau comptable amb mesures vinculades a la sostenibilitat, l'ètica empresarial i la governança ESG.

- Finalment, el desenvolupament de metodologies comparatives entre països, sectors o marcs regulatoris podria oferir una visió més rica sobre les dinàmiques del frau i sobre la capacitat dels models predictius d'adaptar-se a diferents realitats. Aquest enfocament internacional, juntament amb l'anàlisi de dades longitudinals, permetria estudiar si els models són estables al llarg del temps o si necessiten modificacions periòdiques davant de nous patrons de conducta fraudulenta.

En definitiva, les futures línies de recerca apunten cap a un refinament metodològic, una major integració amb dades externes i sistemes corporatius, i una adaptació creixent als reptes vinculats a la sostenibilitat i la governança. Aquests camins d'investigació poden contribuir a consolidar models més precisos, interpretables i útils, reforçant la capacitat de les organitzacions i dels professionals per anticipar riscos, garantir transparència i protegir la fiabilitat de la informació financera.

7.5. Cap a una nova cultura de transparència i anàlisi preventiva

La transparència és un principi fonamental per garantir la confiança econòmica, la sostenibilitat i la solidesa de les institucions. En l'àmbit comptable, la fiabilitat de la informació financera és essencial perquè els mercats funcionin amb normalitat i també perquè les diferents parts interessades (accionistes, entitats financeres, proveïdors, clients, treballadors i auditors, entre altres), puguin prendre les oportunes decisions.

La literatura ha posat de manifest que l'opacitat informativa i les febleses en el control intern incrementen significativament el risc de frau (Tarjo, T. (2024); Shaban *et al*. (2025)).

En aquest context, la detecció del frau comptable constitueix una eina decisiva per avançar cap a una governança més responsable i, alhora, per contribuir a l'assoliment dels Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS). La relació entre transparència, integritat i sostenibilitat és clara, i el model predictiu desenvolupat en aquest treball s'inscriu en aquesta línia. En concret, podem veure el seu impacte en els següents ODS:

- *ODS 8: Treball digne i creixement econòmic:* Un teixit productiu sòlid necessita informació fiable per garantir la competència justa i la presa de decisions. Les irregularitats comptables erosionen la confiança, distorsionen els mercats i poden comportar greus conseqüències econòmiques. La predicció del risc de frau contribueix a mantenir una activitat econòmica més estable i sostenible.
- *ODS 12: Producció i consum responsables:* La responsabilitat empresarial inclou la gestió transparent de la informació financera. L'ús d'indicadors objectius per detectar pràctiques irregulars facilita la rendició de comptes i reforça un comportament corporatiu ètic i sostenible (OECD, 2020).
- *ODS 16: Pau, justícia i institucions sòlides:* La lluita contra la corrupció i el frau és un element central d'aquest objectiu. Un sistema d'informació transparent reforça la confiança institucional i redueix les pràctiques il·lícites. El model predictiu permet identificar anomalies abans que el frau es materialitzi, fet que afavoreix una supervisió més àgil i preventiva (United Nations, 2015).

En conjunt, el model predictiu desenvolupat afavoreix la construcció de sistemes més transparents i eficients. La seva capacitat per anticipar anomalies econòmiques i comptables abans que el frau es produeixi fomenta una cultura organitzativa basada en dades, integritat i responsabilitat. Aquesta aproximació no només millora la detecció del frau, sinó que també impulsa una confiança més sòlida entre les empreses i les seves parts interessades.

Aquest treball també defensa la necessitat d'una evolució cap a sistemes de supervisió proactius. En un entorn complex, globalitzat i exposat a una creixent manipulació informativa, els enfocaments tradicionals resulten insuficients. El model proposat apunta cap a un canvi de paradigma que implica:

- passar d'una auditoria reactiva a una anàlisi preventiva,
- substituir la intuïció i l'experiència subjectiva per evidència empírica,
- evolucionar de la revisió manual a la gestió basada en dades i l'automatització,
- integrar eines predictives en els sistemes de control intern, *compliance* i *reporting*.

Aquest canvi no és únicament metodològic ja que comporta implicacions rellevants per a la regulació, la formació i la cultura ètica de les organitzacions ja que la detecció del frau abans que es manifesti no només redueix riscos operatius i reputacionals, sinó que contribueix a enfortir un ecosistema empresarial i institucional més íntegre i responsable.

L´aportació d'aquest estudi, per tant, transcendeix l'àmbit acadèmic i té una vocació transformadora, ja que el model predictiu desenvolupat:

- millora la qualitat de la informació financera
- reforça la transparència i la rendició de comptes
- contribueix a la prevenció del frau comptable
- genera major confiança en els mercats i en les institucions.

Per finalitzar, a continuació, es presenta una taula de síntesi (Taula 10) que recull de manera estructurada els principals aspectes del model predictiu de frau desenvolupat al llarg del present estudi. Aquesta taula resumeix les característiques fonamentals, els avantatges, les aplicacions i les limitacions del model, amb l'objectiu de facilitar-ne la comprensió i l'ús tant per a professionals com per a investigadors.

Eix d'anàlisi	Descripció
Variables clau	Identificació de 12 variables amb alt poder discriminatori mitjançant *Random Forest*, agrupades en pràctiques comptables, control intern i govern corporatiu, juntament amb dues variables addicionals no incloses en la modelització per la seva capacitat excessivament discriminant, però igualment determinants per a la detecció del frau.
Tècnica estadística	Combinació de *Random Forest* per a selecció de variables i regressió logística per a aplicació pràctica, maximitzant precisió i simplicitat.
Aplicació pràctica	Implementació en entorn Excel amb interfície intuïtiva per a usuaris no tècnics, com auditors, *controllers* o consultors.
Interpretabilitat	Model fàcilment interpretable gràcies a l'ús de regressió logística: coeficients clars, relació directa amb el risc, i *output* comprensible.
Rendiment del model	AUCs superiors a 0,90 en la majoria de models, alta sensibilitat i especificitat, amb capacitat per detectar fraus reals amb elevada fiabilitat.
Transferència a Excel	Model estructurat en tres fulls: Predicció, Models i Probabilitats, amb càlcul automàtic de la millor combinació per a cada cas.
Casos pràctics	Inclou exemples de risc alt i baix (Novaenergy i Distripiluca) que evidencien la utilitat del sistema en contextos reals.
Limitacions	Dependència de la qualitat de les dades, risc de sobreajustament en models molt específics, i necessitat de coneixement contextual per a interpretació òptima.

Font: Elaboració pròpia.

Taula 10. Resum dels eixos d'anàlisi i característiques del model de detecció de frau mitjançant *Random Forest* i regressió logística.

En síntesi, aquesta recerca ha permès desenvolupar un mètode predictiu sòlid i aplicable, orientat a reforçar la transparència i a anticipar el frau comptable abans que es manifesti, d'acord amb el principi essencial que en matèria de supervisió financera és preferible prevenir abans que curar. La identificació de dotze variables amb elevat poder discriminatori mitjançant *Random Forest*, combinada amb l'aplicació de regressions logístiques per garantir interpretabilitat i transferència pràctica, ha donat com a resultat un model que excel·leix tant en precisió estadística com en utilitat

operativa. La seva implementació en un entorn Excel accessible permet que professionals de la comptabilitat, l'auditoria i el control intern puguin aplicar-lo amb facilitat, mantenint una elevada capacitat de discriminació —amb AUCs superiors al 0,90— i una lectura clara del risc. La validació amb casos reals evidencia la seva eficàcia com a instrument de detecció precoç, i el posiciona com un complement valuós als sistemes tradicionals de control intern i auditoria. Tot i les limitacions pròpies de la naturalesa de les dades i del context normatiu, el model posa de manifest que l'ús d'enfocaments predictius pot contribuir de manera decisiva a enfortir la qualitat de la informació financera, millorar la supervisió i consolidar una cultura de prevenció sistemàtica del frau, que permetrà a les organitzacions orientar-se cap a una cultura de supervisió contínua i preventiva, plenament alineada amb els principis de l'Agenda 2030 i orientada a la sostenibilitat econòmica i institucional.

Bibliografia

ABDUMANNONOVNA, T. D. (2024) Fraud Detection in an Audit. *Journal of Education, Ethics and Value*, *3*(1), 136-140.

ABED, I. A., HUSSIN, N., ALI, M. A., HADDAD, H., SHEHADEH, M., & HASAN, E. F. (2022) Creative accounting determinants and financial reporting quality: systematic literature review. *Risks*, *10*(4), 76.

ACFE (2020) Report to the Nations: 2020 Global study on occupation fraud and abusi. Nova York, Association of Certified Fraud Examiners.

ACFE (2024) Report to the Nations: 2024 Global study on occupation fraud and abusi. Nova York, Association of Certified Fraud Examiners.

AGBEDAHIN, A. V. (2019) Sustainable development, Education for Sustainable Development, and the 2030 Agenda for Sustainable Development: Emergence, efficacy, eminence, and future. *Sustainable Development*, 27(4), 669-680.

AGRAWAL, A. i CHADHA, S. (2005) Corporate governance and accounting scandals. *The Journal of Law and Economics*, 48 (2), 371-406.

AGUADO-CORREA, F., DE LA VEGA-JIMÉNEZ, J. J., LÓPEZ-JIMÉNEZ, J. M., PADILLA-GARRIDO, N., & RABADÁN-MARTÍN, I. (2023) Evaluation of non-financial information and its contribution to advancing the sustainable development goals within the Spanish banking sector. *European Research on Management and Business Economics*, 29(1), 100211.

AIVAZ, K. A., FLOREA, I. O., & MUNTEANU, I. (2024) Economic Fraud and Associated Risks: An Integrated Bibliometric Analysis Approach. *Risks*, *12*(5), 74.

AKPANUKO, E. I UMOREN, N. (2018) The influence of creative accounting on the credibility of accounting reports. Journal of Financial Reporting and Accounting, Vol. 16 (3).

AL-HADDAD, L. i WHITTINGTON, M. (2019) The impact of corporate governance mechanisms on real and accrual earnings management practices: evidence from Jordan. *Corporate Governance.* Vol. 19, n. 6, p. 1167-1186.

ALSHANTI, A. M., AL-AZAB, H. A. H., HUMEEDAT, M. M., & ALQUDAH, M. Z. (2024) Exploring the evolution of creative accounting and external auditors: Bibliometric analysis. *Cogent Business & Management*, *11*(1), 2300500.

AMARNA, K., GARDE SÁNCHEZ, R., LÓPEZ-PÉREZ, M. V., & MARZOUK, M. (2024) The effect of environmental, social, and governance disclosure and real earning management on the cost of financing. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management.*

AMAT, O. (2017) *Empresas que mienten: Cómo maquillan las cuentas i cómo detectarlo a tiempo*. Profit Editorial.

AMAT, O. i LLORET, P. (2020) Escándalos contables y crisis económicas. Revista Técnica Contable y Financiera, n. 36, p. 18-24.

AN, B., & SUH, I. (2020) Identifying financial statement fraud with decision rules obtained from Modified Random Forest. Data Technologies and Applications, 54(2), 235-255.

ARIA, M., GNASSO, A., IORIO, C., & PANDOLFO, G. (2024) Explainable ensemble trees. *Computational Statistics*, 39(1), 3-19.

ARUN, T., ALMAHROG, Y. I ARIBI, Z. (2015) Female Directors and Earnings Management: Evidence from UK companies. *International Review of Financial Analysis*. 39. 10.1016/j.irfa.2015.03.002.

BAO, I., KE, B., LI, B., YU, I. J. I ZHANG, J. (2020) Detecting accounting fraud in publicly traded US firms using a Machine learning approach. *Journal of Accounting Research*, 58(1), 199-235.

BARTOV, E., GUL, F. A., & TSUI, J. S. (2000) Discretionary-accruals models and audit qualifications. *Journal of accounting and economics*, *30*(3), 421-452.

BARTZ, E., BARTZ-BEIELSTEIN, T., ZAEFFERER, M., & MERSMANN, O. (2023) *Hyperparameter tuning for machine and deep learning with R: A practical guide* (p. 323). Springer Nature.

BEASLEY, M. S., HERMANSON, D. R., CARCELLO, J. V., & NEAL, T. L. (2010) Fraudulent financial reporting: 1998-2007: An analysis of US public companies.

BENEISH, M. D. (1999) The detection of earnings manipulation. Financial Analysts Journal, 55(5), 24-36.

BERMEO-GIRALDO, M. C., GRAJALES-GAVIRIA, D., VALENCIA-ARIAS, A., & PALACIOS-MOYA, L. (2021) Evolución de la producción científica sobre el fraude contable en las organizaciones: análisis bibliométrico. *Estudios Gerenciales*, *37*(160), 492-505.

BONA-SÁNCHEZ, C., GARCÍA-MECA, E., & PÉREZ-ALEMÁN, J. (2018) Earnings informativeness and institutional investors on boards. *Revista de Contabilidad*, 21(1), 73-81.

BOON, M., HOEBER, O., HOEBER, L., STORIE, D., & RAMSHAW, V. (2024) Exploratory Search and Beyond: A Study of Complex Search Scenarios within a Public Digital Library. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 61(1), 44-55.Breiman, L. (2001). Random forests. Machine learning, 45, 5-32.

BRETON, G. I STOLOWY, H. (2001) A Framework for the Classification of Accounts Manipulations. *HEC Accounting & Management Control Working Paper No. 708/2000.*

CAMPA, D., QUAGLI, A., & RAMASSA, P. (2023) The roles and interplay of enforcers and auditors in the context of accounting fraud: a review of the accounting literature. *Journal of Accounting Literature*, (ahead-of-print).

CARNES, R. R., CHRISTENSEN, D. M., & MADSEN, P. E. (2023) Externalities of financial statement fraud on the incoming accounting labor force. *Journal of Accounting Research*, *61*(5), 1531-1589.

CHEBBI, K. (2024) Examining the interplay of sustainable development, corporate governance, and stock Price crash risk: Insights from ESG practices. *Sustainable Development*, *32*(1), 1291-1309.

CHEN, Y., ZHU, S., & WANG, Y. (2011) Corporate fraud and bank loans: Evidence from China. *China Journal of Accounting Research*, *4*(3), 155-165.

CORNEJO, E. I GUÍÑEZ, N. (2016) Motivaciones de la Gerencia para manipular la cifra de beneficio, *Revista Academia & Negocios*, Vol. 2, n. 1.

CORREA GARCÍA, J. A. (2019) La Profesión Contable y los Objetivos de Desarrollo Sostenible –ODS–. Contaduría Universidad de Antioquía, (74), 9–11. https://doi.org/10.17533/udea.rc.339223

CRAJA, P., KIM, A., & LESSMANN, S. (2020) Deep learning for detecting financial statement fraud. Decision Support Systems, 139, 113421.

CRESSEY, D. R. (1953) Other People's Money. Montclair, NJ: Patterson Smith, pp.1-300.

CRESSEY, D. (1986) Why managers commit fraud. Australian and New Zealand. *Journal of Criminology*. 19 (4): p. 195-209.

CUTLER, DR, EDWARDS JR, T.C., BEARD, K.H., CUTLER, A., HESS, K.T., GIBSON, J., & LAWLER, J.J. (2007) Random forests for classification in ecology. *Ecology*, 88(11), 2783-2792.

DE GRAUWE, P. (2018) Economics of Monetary Union (12th ed.). Oxford University Press.

DÍAZ-URIARTE, R., & ALVAREZ DE ANDRÉS, S. (2006) Gene selection and classification of microarray data using random forest. *BMC bioinformatics*, *7*, 1-13.

DYCK, A., MORSE, A., & ZINGALES, L. (2010) Who blows the whistle on corporate fraud? *The Journal of Finance*, *65*(6), 2213-2253.

DRÁBKOVÁ, Z., & PECH, M. (2022) Comparison of creative accounting risks in small enterprises: the different branches perspective.

ELVIRA, O. i AMAT, O. (2008) La manipulación contable: tipología y técnicas, *Partida Doble*, octubre, n. 203, p..48-59.

EUROPEAN COMMISSION. (2020) Taxation Trends in the European Union: Data for the EU Member States, Iceland and Norway. Publications Office of the European Union.

FIRTH, M., RUI, O. M., & WU, W. (2011) Cooking the books: Recipes and costs of falsified financial statements in China. *Journal of Corporate Finance*, *17*(2), 371-390.

FRANCIS, J. R., & KRISHNAN, J. (1999) Accounting accruals and auditor reporting conservatism. *Contemporary accounting research*, *16*(1), 135-165.

GÁLVEZ-SÁNCHEZ, F. J., LARA-RUBIO, J., VERDÚ-JÓVER, A. J., & MESEGUER-SÁNCHEZ, V. (2021) Research advances on financial inclusion: A bibliometric analysis. *Sustainability*, *13*(6), 3156.

GARGOURI, R.M., SHABOU, R., I FRANCOEUR, C. (2010) The relationship between corporate social performance and earnings management. *Canadian Journal of Administrative Sciences/Revue Canadienne Dónes Sciences de l'Administration,* 27(4), 320-334.

GENUER, R., POGGI, J. M., & TULEAU-MALOT, C. (2010) Variable selection using random forests. Pattern recognition letters, 31(14), 2225-2236.

GENUER, R., POGGI, J. M., GENUER, R., & POGGI, J. M. (2020) *Random forests* (pp. 33-55). Springer International Publishing.

GISBERT, A., GARCÍA OSMA, B. I NOGUER, B. (2005) La investigación sobre "Earnings Management". *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, n. 127, p. 1001-1034.

GREENWELL, B. M. (2017) pdp: An R package for constructing partial dependence plots. *R Journal*, 9(1), 421-436.

GROUGIOU, V., LEVENTIS, S., DEDOULIS, E. I OWUSU-ANSAH, S. (2014) Corporate social responsibility and earnings management in U.S. banks. *Accounting Forum.* 38. 38(3), 155–169. https://doi.org/10.1016/j.accfor.2014.05.003

GUDEV, I. Creative Accounting and Accounting Fraud–Differences and Similarities. In *The Membership of Bulgaria in the European Union: Fifteen Years Later: Twenty-First Scientific Conference* (pp. 292-299). Университет за национално и световно стопанство (УНСС).

GUPTA, C. M., & KUMAR, D. (2020) Creative accounting a tool for financial crime: a review of the techniques and its effects. *Journal of Financial Crime*, *27*(2), 397-411.

HAJEK, P., & HENRIQUES, R. (2017) Mining corporate annual reports for intelligent detection of financial statement fraud–A comparative study of machine learning methods. *Knowledge-Based Systems*, *128*, 139-152.

HASTIE, T., TIBSHIRANI, R., FRIEDMAN, J. H., & FRIEDMAN, J. H. (2009) The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction (Vol. 2, pp. 1-758). New York: springer.

HEINEMANN, F., OVERESCH, M., & RINCKE, J. (2019) Harmonizing Corporate Taxation in the EU: How Relevant is the Common Consolidated Corporate Tax Base? Intereconomics, 54(5), 263–269.

HERNANDEZ AROS, L., ARISTIZABAL RAMÍREZ, S., ARISTIZABAL RAMÍREZ, A., BATA RUIZ, E., & GUTIÉRREZ PORTELA, F. (2020) La innovación como elemento integrador del hexágono del fraude. *Revista Sinergia, 1*(7), 62–85.

HERNÁNDEZ-GIL, C., LOSADA-RODRÍGUEZ, N.A. i OROZCO-CALDERÓN, D. (2019) La influencia de la contabilidad creativa en la ética profesional del contador público, *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, Vol. 10, n. 1.

HLAWICZKA, ROMAN, ROMAN BLAZEK, GABRIELA SANTORO, and ZANELLATO GIANLUCA (2021) Comparison of the terms creative accounting, earnings management and fraudulent accounting through bibliographic analysis. *Ekonomicko-manazerske spektrum* 15: 27–37.

HOEBER, O., & SHUKLA, S. (2022) A study of visually linked keywords to support exploratory browsing in academic search. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 73(8), 1171-1191.

HUGUET, D. I GANDÍA, J. (2016) Audit and earnings management in Spanish SMEs. *Business Research Quarterly*. 19. 171-187. https://doi.org/10.1016/j.brq.2015.12.001

HÝBLOVÁ, E., KOLČAVOVÁ, A., URBÁNEK, T., & PETRÁKOVÁ, Z. (2022) Can Information from publicly available sources reveal manipulation of financial statements? Case study of Czech and Slovak companies. *Scientific Papers of the University of Pardubice-Series D-Faculty of Economics and Administration*.

ICAC (2013) *Norma Internacional d'Auditoria: Responsabilitats de l'auditor en l'auditoria d'estats financers respecte al frau (NIA-ES 240).* Institut de Comptabilitat i Auditoria de Comptes, 15 d'octubre.

JARAH, B. A. F., AL JARRAH, M. A., AL-ZAQEBA, M. A. A., & AL-JARRAH, M. F. M. (2022) The role of internal audit to reduce the effects of creative accounting on the reliability of financial statements in the Jordanian islamic banks. *International Journal of Financial Studies*, *10*(3), 60.

KARPOFF, J.M., SCOTT, D. i MARTIN G.S. (2008) The Cost to Firms of Cooking the Books, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 43, n. 3., p. 581–612.

KHAN, S., & KAMAL, Y. (2024) Corporate board, audit committee and earnings manipulation: does the corporate regulation matter? An emerging economy perspective. *Corporate Governance: The International Journal of Business in Society*, 24(4), 831-864.

KIM, I., PARK, M.S. i WIER, B. (2012) Is earnings quality associated with corporate social responsibility? *The Accounting Review*, 87(3), 761–796. https://doi.org/10.2308/accr-10209.

KREISMANN, D. I TALAULICAR, T. (2020) Business Ethics Training in Human Resource Development: A Literature Review. *Human Resource Development Review*, 20, 13.

LAKHAL, F., AMEL, A., LAKHAL, N. I MALEK, A. (2015) Do Women On Boards And In Top Management Reduce Earnings Management? Evidence In France. *Journal of Applied Business Research.* 31. 10.

LASHITEW, A. A. (2021) Corporate uptake of the Sustainable Development Goals: Mere greenwashing or an advent of institutional change? *Journal of International Business Policy*, 4 (1), 184-200.

LIAW, A., & WIENER, M. (2002) Classification and regression by Random Forest. R news, 2(3), 18-22.

LIN, Z., i SHIH, M. (2003) "Earnings Management in Economics Downturns and Adjacent Periods: Evidence from the 1990-1991 recession", *Working Paper*, National University of Singapore.

LIU, C., CHAN, I., ALAM KAZMI, S. H., & FU, H. (2015) Financial fraud detection model: Based on random forest. International journal of economics and finance, 7(7).

LLORET MILLÁN, P. (2025) Identificació de senyals d'alerta de manipulació comptable amb més poder predictiu a través de Random Forest. (TD, Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya).

LLORET MILLÁN, P., OLLER PIQUÉ, R., & ARIMANY SERRAT, N. (2025) *Key variables in accounting fraud detection: A Random Forest analysis*. Article pendent de publicació.

LOU, Y.-I., & WANG, M.-L. (2009) Fraud Risk Factor Of The Fraud Triangle Assessing The Likelihood Of Fraudulent Financial Reporting. *Journal of Business & Economics Research (JBER)*, *7*(2).

LUO, J., XIANG, Y. i HUANG, Z. (2017) Female directors and real activities manipulation: Evidence from China. *China Journal of Accounting Research*. 10. 10.1016/j.cjar.2016.12.004.

MACÍAS, A. J., MILÁN-GARCÍA, J. i MARRUECOS, M. E. (2021) Scientific Production on the Social Economy: *A Review of Worldwide Research*. Voluntas, 32, p. 925–943.

MARTÍNEZ-FERRERO, J., PRADO-LORENZO, J. M. i FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. M. (2013) Responsabilidad social corporativa vs. responsabilidad contable. *Revista de Contabilidad*, 16 (1), 32-45.

MARTÍNEZ-FERRERO, J., GARCIA-SÁNCHEZ, I. M., & CUADRADO-BALLESTEROS, B. (2013) Effect of financial reporting quality on sustainability information disclosure. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 20(1), 45–64. https://doi.org/10.1002/csr.1286

MATEI, A. C., & AIVAZ, K. A. (2023) A Bibliometric Analysis on Fraud in Accounting. *Ovidius University Annals, Economic Sciences Series*, *23*(1), 986-995.

MEDINA, C. E. A. (2022) Emancipación teórica de la práctica contable, como técnica para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS. Revista Científica Arbitrada de la Fundación MenteClara, 7.

MÉNDEZ GONZÁLEZ, X., & GONZÁLEZ LÓPEZ, E. (2019) La manipulación contable de las empresas canarias: un estudio empírico a través del modelo Beneish M S-Core.

MICHULEK, J., GAJANOVA, L., KRIZANOVA, A., & BLAZEK, R. (2024) Why Do Companies Cook the Books? Empirical Study of the Motives of Creative Accounting of Slovak Companies. Administrative Sciences, 14(7), 158.

MILLER, G.S. (2006) The Press as a Watchdog for Accounting Fraud. *Journal of Accounting Research*, Vol. 44, n. 5, p. 1001-1032.

MONGRUT, S. i WINKELRIED, D. (2019) Unintended effects of IFRS adoption on earnings management: The case of Latin America. *Emerging Markets Review*. 38. 377-388. 10.1016/j.ememar.2018.11.004.

MONGRUT, S., WINKELRIED, D., & WONG, J. (2019) IFRS adoption and financial reporting quality: Evidence from Latin America. Journal of International Accounting Research, 18(3), 1–23. https://doi.org/10.2308/jiar-52388

MUÑOZ-RUIZ, J. A., FLÓREZ-FLÓREZ, C. P., DE JESÚS LOAIZA-BETANCUR, E., GÓMEZ-OCAMPO, G. A., RODRÍGUEZ, J. C. F., ACEVEDO, V. R., ... & MEJÍA, S. P. Á. (2020) Capital Contable.

OECD. (2022) Revenue Statistics 2022: Tax Revenue Trends in the OECD. OECD Publish.

OZCELIK, H. (2020) An analysis of fraudulent financial reporting using the fraud diamond theory perspective: an empirical study on the manufacturing sector companies listed on the Borsa Istanbul. In *Contemporary Issues in Audit Management and Forensic Accounting* (Vol. 102, pp. 131-153). Emerald Publishing Limited.

PALACIOS-MANZANO, M., GRAS-GIL, E., & SANTOS-JAEN, J. M. (2021) Corporate social responsibility and its effect on earnings management: an empirical research on Spanish firms. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(7-8), 921-937.

PATEL, HIRAL & PARIKH, SATYEN & PATEL, AMIT & PARIKH, ABHISHEK. (2019) An Application of Ensemble Random Forest Classifier for Detecting Financial Statement Manipulation of Indian Listed Companies: IC3 2018. 10.1007/978-981-13-1280-9_33.

PEROLS, J. (2011) Financial statement fraud detection: An analysis of statistical and machine learning algorithms. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, *30*(2), 19-50.

PRASETIYO, Y. P., PARAMITHA, D., RIYANI, E. I., & MUBAROK, F. (2023) Integrasi Penerapan Akuntansi Forensik dan Audit Investigatif dalam Mendeteksi Fraud: Studi Literatur. *Jurnal Buana Akuntansi*, *8*(1), 16-29.

PRIOR, D., SURROCA, J. i TRIBÓ, J.A. (2008) Are socially responsible managers really ethical? exploring the relationship between earnings management and corporate

social responsibility. *Corporate Governance: An International Review*,16(3), 160-177. https://doi.org/10.1111/j.1467-8683.2008.00678.x

PROBST P, WRIGHT MN, BOULESTEIX A-L. (2019) Hyperparameters and tuning strategies for random forest. *WIREs Data Mining Knowledge Discovery*, 9: e1301.

RACKO, G. (2019) Does Economic Rationalization Decrease or Increase Accounting Professionals' Occupational Values?. *Journal of Business Ethics*, 158 (3), 763-777.

RAHMAN, M. S., HASAN, M. J., KHAN, M. S. H., & JAHAN, I. (2023) Antecedents and effect of creative accounting practices on organizational outcomes: Evidence from Bangladesh. *Heliyon*, *9*(2).

REZZOAGLI, B. A. (2020) Fraude contable y corrupción. Reflexiones en torno a la responsabilidad civil del auditor de estados financieros. *Ciencias económicas,* 17(2), 201-215.

SCORNET, E. (2017) Tuning parameters in random forests. *ESAIM: Proceedings and surveys*, 60, 144-162.

SEKAR, M. (2022) Fraud and anomaly detection. In *Machine Learning for Auditors: Automating Fraud Investigations Through Artificial Intelligence* (pp. 193-202). Berkeley, CA: Apress.

SINGLETON, T.W. I SINGLETON, A.J. (2010) Fraud Auditing And Forensic Accounting, 4ª Edició, John Wiley & Sons, Inc,Nova York.

SKINNER, D. i SRINIVASAN, S. (2012) Audit Quality and Auditor Reputation: Evidence from Japan. *The Accounting Review*. 87.

ŠKODA, M., LENGYELFALUSY, T., & GABRHELOVÁ, G. (2017) Creative accounting practicies in Slovakia after passing financial crisis. *Copernican Journal of Finance & Accounting*, *6*(2), 71-86.

SLOAN, R.G. (1996) Do stock prices fully reflect information in accruals and cash flows about future earnings? *The Accounting Review*, n. 3, p. 289-315.

SOLTANI, M., KYTHREOTIS, A., & ROSHANPOOR, A. (2023) Two decades of financial statement fraud detection literature review; combination of bibliometric analysis and topic modeling approach. *Journal of Financial Crime*, *30*(5), 1367-1388.

SORUNKE, O. A. (2016) Personal ethics and fraudster motivation: The missing link in fraud triangle and fraud diamond theories. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, *6*(2), 159-165.

SVABOVA, L., KRAMAROVA, K., CHUTKA, J., & STRAKOVA, L. (2020) Detecting earnings manipulation and fraudulent financial reporting in Slovakia. *Oeconomia Copernicana*, *11*(3), 485-508.

TRANSPARENCY INTERNATIONAL. (2020) Corruption Perceptions Index 2020. https://www.transparency.org/en/cpi/2020/index

TRAVEZAÑO, E. (2021) Fraude en estados financieros y gobierno corporativo en las pymes del sector servicios del Perú, 2019. [Trabajo de investigación de bachiller, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Contables, Escuela Profesional de Contabilidad]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

UGRIN, J. C., & ODOM, M. D. (2010) Exploring Sarbanes–Oxley's effect on attitudes, perceptions of norms, and intentions to commit financial statement fraud from a general deterrence perspective. Journal of Accounting and Public Policy, 29(5), 439-458.

URIBE-TORIL, J., RUIZ-REAL, J., MILÁN-GARCÍA, J. i DE PABLO VALENCIANO, J. (2019) Energy, Economy, and Environment: A Worldwide Research Update*. Energies*, 12(6), 1120. MDPI AG.

VALECHA, H., VARMA, A., KHARE, I., SACHDEVA, A., & GOYAL, M. (2018, November) Prediction of consumer behaviour using random forest algorithm. In 2018 5th IEEE Uttar Pradesh section international conference on electrical, electronics and computer engineering (UPCON) (pàg. 1-6). IEEE.

VARIAN, H. R. (2014) Big data: New tricks for econometrics. *Journal of Economic Perspectives*, 28(2), 3-28.

VARTIAK, L., & GARBAROVA, M. (2024) KEY PERFORMANCE INDICATORS FOR THE CREATIVE INDUSTRY. *Baltic Journal of Economic Studies*, *10*(2), 14-23.

VEGA FALCÓN, V., NAVARRO CEJAS, M., CEJAS MARTÍNEZ, M., i COLCHA ORTIZ, R. (2021) Contabilidad creativa: Perspectivas jurídicas y empresariales a partir de los procesos de información. *Revista Venezolana de Gerencia, 26 (Número Especial 5)*, 737- 754. https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e5.47

VLADU, A.B, AMAT, O. i CUZDRORIEN, D.D. (2017) Truthfulness in accounting: How to discriminate accounting manipulators from non-manipulators. *Journal of Business Ethics*. n. 140, p. 633–648.

VOUSINAS, G. L. (2019) Advancing theory of fraud: the SCORE model. *Journal of Financial Crime*, *26*(1), 372-381.

WHITE, R. W., & ROTH, R. A. (2009) *Exploratory search: Beyond the query-response paradigm* (No. 3). Morgan & Claypool Publishers.

XU, X., XIONG, F., & AN, Z. (2023) Using machine learning to predict corporate fraud: evidence based on the gone framework. Journal of Business Ethics, 186(1), 137-158.

ZAHRA, S. A., PRIEM, R. L., & RASHEED, A. A. (2005) The antecedents and consequences of top management fraud. Journal of Management, 31(6), 803-828.

ZAYAS, L. (2016) Señales de alerta para la detección de fraude en las empresas. *Revista de Contabilidad y Dirección*, Vol. 23, p. 61-81.

ZHAO, S., & ZHAO, Y. (2023) Corporate Sustainable Development from the Perspective of the Effect of Institutional Investors' Shareholding on Earnings Management. *Sustainability*, *15*(2), 1281.

ZARZA-HERRANZ, C., REGUERA, N., & LÓPEZ-ITURRIAGA, F. J. (2020) Audit Committee Competence and Earnings Management in Europe. Fortchoming in *Revista de Contabilidad-Spanish Accounting Review.*

Com podem detectar pràctiques de maquillatge comptable abans que generin un frau comptable?

Aquest manual presenta una proposta innovadora per donar resposta a aquesta pregunta clau, mitjançant el desenvolupament d'un model predictiu fonamentat en la metodologia *Random Forest* i alimentat per senyals d'alerta **quantitatives i qualitatives**.

Amb una base empírica sòlida i una orientació aplicada, el manual identifica les variables amb major capacitat discriminatòria a l'hora de detectar possibles manipulacions comptables. El model, entrenat amb dades reals i validades estadísticament, ofereix una eina potent per **anticipar el frau**, reforçar els sistemes de control intern i millorar la presa de decisions en l'àmbit financer i de l'auditoria.

El lector hi trobarà:

- Una anàlisi rigorosa de les pràctiques de maquillatge comptable més freqüents.
- La identificació de **47 senyals d'alerta**, tant quantitatives com qualitatives.
- El desenvolupament metodològic complet d'un model predictiu amb *Random Forest*.
- Conclusions pràctiques per a **auditors, òrgans reguladors i docents**.

Detecció del frau comptable és un manual **tècnic i formatiu** que combina la recerca acadèmica amb l'aplicació pràctica. Una guia útil per a professionals que busquen incorporar la intel·ligència artificial i l'anàlisi de dades en la lluita contra el frau comptable. Imprescindible per a aquells que volen veure-hi clar, fins i tot quan els comptes intenten disfressar la realitat.

Ramon Oller Piqué: Doctor en Estadística per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i professor del Departament d'Economia i Empresa a la Facultat d'Empresa i Comunicació de la Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya. És membre del grup de recerca Data Analysis and Modeling (DAM), de la UVic-UCC.

Núria Arimany Serrat: Doctora en Ciències Econòmiques i Empresarials per la Universitat de Barcelona i professora del Departament d'economia i Empresa a la Facultat d'Empresa i Comunicació de la Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya. És membre del grup d'investigació Emprèn, de la UVic-UCC.

Pilar Lloret Millán: Economista i consultora d'empreses. Col·laboradora i consultora UOC. Doctora en Dret, Economia i Empresa per la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya. Especialitzada en anàlisi d'empreses i de riscos.

Col·legis fundadors:

Col·legi d'Economistes de Catalunya
Al servei dels professionals de l'economia i de l'empresa

Col·legi de Censors Jurats de Comptes de Catalunya
=
EL CØL·L3G1

Suport institucional:

COL·LEGI OFICIAL DE GESTORS ADMINISTRATIUS DE CATALUNYA