



UNIVERSIDAD **NACIONAL** DE COLOMBIA

Modelos cinéticos de formación de opinión aplicados al estudio de las capacidades dinámicas organizacionales

Jefferson Adalmer Rubiano Forero

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Departamento de Física
Bogotá, Colombia
2019

Modelos cinéticos de formación de opinión aplicados al estudio de las capacidades dinámicas organizacionales

Jefferson Adalmer Rubiano Forero

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias - Física

Director:
Ph.D Carlos José Quimbay Herrera

Línea de Investigación:
Econofísica y sociofísica
Grupo de Investigación:
Econofísica y sociofísica

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Departamento de Física
Bogotá, Colombia
2019

Agradecimientos

Esta tesis de maestría es el resultado de varios años de trabajo. Agradezco a mi director de tesis el profesor PhD. Carlos Quimbay Herrera por su dedicación y compromiso, a mis amigos y familiares por su acompañamiento además de paciencia en la construcción de la excelencia.

Agradezco de manera muy especial a la Universidad Nacional de Colombia, por acogerme en sus aulas y permitir mi crecimiento intelectual, profesional y personal.

Resumen

El principal objetivo de esta tesis de maestría es presentar en el contexto de la sociofísica un nuevo modelo cinético de formación de opinión que tiene la propiedad de generar macroscópicamente patrones de distribución de opinión heterogéneos. Debido a esta propiedad, este modelo es aplicado al estudio de las capacidades dinámicas organizacionales relacionadas con las variables de opinión empíricas sobre ambiente y desempeño institucional de 24 entidades públicas colombianas del orden nacional. Las mencionadas variables de opinión empíricas son obtenidas a partir de los resultados de la encuesta EDI, que es aplicada anualmente por el DANE desde el año 2010. Este nuevo modelo es construido como una superposición de dos modelos cinéticos de formación de opinión bien establecidos en sociofísica. Gracias a esta superposición y de acuerdo con los valores de los parámetros de entrada del nuevo modelo, cuando el sistema se encuentra en estado de equilibrio se obtienen configuraciones macroscópicas que pueden ser homogéneas o heterogéneas. El poder encontrar configuraciones macroscópicas heterogéneas, que resulta ser una característica novedosa dentro de los modelos cinéticos de formación de opinión, se traduce en que, mediante simulaciones tipo Monte Carlo, se generan patrones de distribución de opinión heterogéneos. Este último hecho da como resultado que los valores encontrados de los parámetros de entrada del modelo, con los cuales se reproducen por simulación los patrones de distribución empíricos asociados con las diferentes variables de opinión obtenidas a partir de los resultados de la encuesta EDI, se utilicen en esta tesis para clasificar a las entidades públicas estudiadas y comparar cómo ha sido su evolución en el tiempo. El anterior resultado es relevante, no solo porque por primera vez, hasta donde se conoce, se están utilizando los resultados de la encuesta EDI para un propósito académico, sino que además se está cumpliendo con uno de los objetivos que motivan la aplicación de la encuesta EDI, relacionado con poder realizar una clasificación de estas entidades y de poder comparar su evolución en el tiempo.

Palabras clave: Sociofísica, modelos cinéticos de formación de opinión, encuesta EDI, capacidades dinámicas organizacionales.

Abstract

The main objective of this master's thesis is to present in the context of sociophysics a new kinetic model of opinion formation that has the property of generating heterogeneous opinion distribution patterns macroscopically. Due to this property, this model is applied to the study of the organizational dynamic capacities related to the empirical opinion variables on environment and institutional performance of 24 Colombian public entities of the national order. The aforementioned empirical opinion variables are obtained from the results of the EDI survey, which is applied annually by DANE since 2010. This new model is constructed as a superposition of two well-established kinetic models of opinion formation in sociophysics. Thanks to this overlap and according to the values of the input parameters of the new model, when the system is in a state of equilibrium, macroscopic configurations are obtained that can be homogeneous or heterogeneous. Being able to find heterogeneous macroscopic configurations, which turns out to be a novel feature within the kinetic models of opinion formation, means that, using Monte Carlo type simulations, heterogeneous opinion distribution patterns are generated. This last fact results in the fact that the values found of the input parameters of the model, with which the empirical distribution patterns associated with the different opinion variables obtained from the results of the EDI survey are reproduced by simulation, are used in this thesis to classify the public entities studied and compare their evolution over time. The previous result is relevant, not only because for the first time, as far as it is known, the results of the EDI survey are being used for an academic purpose, but also one of the objectives that motivate the application of the survey is being met EDI, related to being able to make a classification of these entities and to be able to compare their evolution over time.

Keywords: Sociophysics, kinetic models of opinion formation, EDI survey, dynamic capabilities of firms.

Índice General

Resumen	vi
Abstract	vii
1. Introducción	2
2. Modelos de formación de opinión	9
2.1. Antecedentes en las ciencias sociales y sociofísica	9
2.2. Modelos cinéticos de formación de opinión	14
2.2.1. Confianza limitada, modelo FOD	15
2.2.2. Transición espontánea, modelo FOLCCC	20
2.2.3. Modelo FOLCCC generalizado	23
2.2.4. Variante 1 del Modelo FOLCCC	23
2.2.5. Variante 2 del modelo FOLCCC	24
2.2.6. FOLCCC y FOLCCCE, confianza limitada.	25
2.3. Análisis de la entropía en los modelos cinéticos	36
3. Modelo cinético de formación de opinión nuevo (FON)	40
3.1. Análisis de configuraciones	41
3.2. Funciones de distribución	55
4. Aplicaciones del modelo propuesto FON	60
4.1. El modelo FON aplicado a la encuesta EDI	63
5. Conclusiones	75
A. Anexo: Acerca de las organizaciones	78
A.1. Las organizaciones: como un sistema complejo	80
A.2. Las capacidades dinámicas organizacionales	83
B. Anexo: Distribuciones empíricas (percepción de empleados)	88
B.1. Ambiente Institucional	89
B.2. Credibilidad en las Reglas	91
B.3. Credibilidad en las Políticas	93
B.4. Suficiencia de Recursos y Previsibilidad	95

B.5. Desempeño Institucional	97
B.6. Gestión de Resultados	99
B.7. Rendición de Cuentas	101
B.8. Bienestar Laboral	103
B.9. Prevención de Prácticas Irregulares	105
C. Anexo: Porcentajes de error en la simulación de los valores empíricos	107
D. Anexo: Diagramas de dispersión	113
E. Matrices de diagramas de dispersión	118
E.1. Comparando años	119
E.2. Comparando sectores	120
E.3. Comparando entidades	121
F. Evolución temporal de los parámetros	122
F.1. Sector económico	123
F.2. Sector Educación	126
F.3. Sector Fuerzas	130
F.4. Sector Varios	132
F.5. Sector Ministerios	135
G. Anexo: Clasificación Entidades	138
H. Anexo: Matriz de diagramas de dispersión: opinión de los agentes años 2010-2018.	139
I. Anexo: Fragmento ficha metodológica EDI	145
I.1. Conceptos Básicos	145
I.2. Definición EDI	145
I.3. Objetivos de la EDI	146
I.4. Variables	146
I.5. Tamaño de la muestra	147
I.6. Método de recolección	148
Bibliografía	149
Lista de figuras	154

1. Introducción

En el contexto de la sociofísica, los modelos de formación de opinión han contribuido al estudio de algunos aspectos de la dinámica social, siendo la modelación basada en agentes una metodología muy usada para tal fin. En general, los modelos de física teórica basados en agentes utilizan como herramienta la simulación por computador, y tienen como objetivo describir propiedades macroscópicas estructurales de sistema complejos partiendo de un conjunto de ecuaciones que modelan cierto tipo de interacciones de naturaleza microscópica entre los constituyentes del sistema. Sin embargo, el desarrollo de este tipo de modelos de formación de opinión se ha dado de manera poco organizada, partiendo de reglas matemáticas que pretenden describir ciertas interacciones entre los agentes del sistema social, pero que en muchas ocasiones no permiten explicar fenómenos reales que se presentan a nivel macro en la sociedad [1, 2]. El estudio de la formación de opinión es un tema de interés propio de las ciencias sociales, particularmente de la psicología social y de la sociología, donde se han desarrollado modelos que describen el efecto que tiene la influencia social en la formación de opinión de los agentes [3, 4]. La aplicación y extensión de estos modelos ha permitido estudiar fenómenos sociales tales como la emergencia de modas, supervivencia de la opinión minoritaria, difusión de la opinión, toma de decisiones colectivas, creación de consenso, aparición de partidos políticos, difusión de rumores, expansión del extremismo, procesos de votaciones, huelgas, etc. [1].

Desde la perspectiva de la sociofísica, inicialmente los esfuerzos dirigidos al estudio de la formación de opinión se enfocaron a describir la manera cómo se puede originar la polarización de la opinión en la sociedad, lo cual fue realizado dentro del contexto del modelo de Ising [5]. También teniendo al modelo de Ising como contexto, los esfuerzos a continuación se dirigieron a entender cómo se puede originar un consenso total de opinión en un grupo social a partir de dos únicas opiniones posibles [6], seguido de cómo la generación de la polarización de opinión en el grupo social puede ser vista como un fenómeno de ruptura de simetría asociada con un cambio abrupto en la opinión promedio de los agentes del sistema [7], para posteriormente plantear cómo la existencia de conflicto entre los agentes del sistema puede debilitar el grado de polarización del grupo social [8]. Algunas de las ideas planteadas en estos primeros esfuerzos basados en el modelo de Ising fueron extendidas con el propósito de describir la manera cómo la formación de opinión de un grupo social, desde una perspectiva macroscópica, puede ser vista como proveniente de la influencia que un agente dado ejerce sobre la opinión de los agentes vecinos, haciendo uso de reglas simples que involucran a un número discreto de agentes. El anterior hecho, dentro del llamado modelo Lattice unidimen-

sional, permite describir estados de opinión característicos de dictaduras o de comunidades cerradas en estado de estancamiento [9]. De igual forma, dentro del llamado modelo Lattice bidimensional, este hecho permite explicar la distribución de votos entre los candidatos en las elecciones locales de un país [10], y también, dentro del llamado modelo Lattice tridimensional, permite describir las distribuciones de opinión características en elecciones presidenciales [11]. En los tres modelos Lattice mencionados, la opinión de cada agente puede tomar un valor fijo discreto, lo cual es una propiedad fundamental que caracteriza a este tipo de modelos.

A diferencia de lo que sucede en los modelos Lattice, en los llamados modelos cinéticos de formación de opinión el valor de la opinión para cada agente también puede tomar un valor fijo, pero esta vez dentro de un intervalo continuo de opinión, por ejemplo en el intervalo $[0, 1]$; y a la vez esta opinión puede ser modificada a través de una regla de interacción (de intercambio de opinión) que involucra a un par de agentes [12]. Adicionalmente es posible limitar el intercambio de opinión mediante un umbral determinado, y asignar una incertidumbre al valor de la opinión de cada agente [13] o empatía [14]. En este tipo de modelos, las interacciones entre los agentes conducen a un estado macroscópico del sistema, ya sea de consenso, de polarización o de fragmentación de la opinión [15], lo cual hace posible, considerando vectores multidimensionales, describir decisiones de tipo político en situaciones donde existe bipolaridad entre los agentes [16], o, a partir de considerar intercambios binarios, estudiar la toma de decisiones en grupos de animales [17].

En general, en los modelos cinéticos de formación de opinión se consideran sistemas sociales constituidos por un número dado de agentes que intercambian opinión entre pares bajo ciertas reglas de intercambio, donde la opinión de los agentes puede tomar valores discretos o continuos, según sea el caso. En estos modelos, mediante simulaciones de Monte Carlo, se llevan a cabo múltiples intercambios de opinión entre pares de agentes, redefiniendo para cada paso de tiempo el valor de opinión a intercambiar por cada agente (según las reglas), hasta que el sistema llega a un estado de equilibrio. El primer modelo cinético de formación de opinión fue desarrollado por Stone en 1961, con el objetivo de identificar las condiciones bajo las cuales un panel de expertos podría llegar a tomar una decisión común [18]. Posteriormente, en 1977, Chatterjee [19] propuso un modelo cinético estocástico para describir el problema de la tendencia al consenso en una operación de intercambio de información. En la misma dirección, Cohen propuso en 1986 un modelo de matrices aleatorias para desarrollar un modelo de consenso [20]. En el año 2000, Deffuant presentó un modelo cinético de formación de opinión [12], al cual se hace referencia en esta tesis como modelo **FOD**. En dicho modelo, un sistema es un conjunto de N agentes cada uno con un valor de opinión continuo $O_i \in [0, 1]$, donde se definen intercambios de opinión entre un par de agentes i y j . La selección de agentes se hace de manera aleatoria en cada paso de tiempo, donde las reglas de intercambio tienen dos parámetros (ver sección 2.2.1). El primero d llamado parámetro límite, hace referencia a la distancia social con otro agente para compartir opinión. El segundo μ llamado parámetro

de convergencia, hace referencia al poder de persuasión que tiene un agente sobre otro.

La distribución de opinión entre los N agentes que se obtiene después de que el sistema alcanza el estado equilibrio depende de los valores que tomen los parámetros μ y d , permitiendo de esta forma que existan diferentes tipos de consensos, lo cuál quiere decir que el modelo FOD, desde una perspectiva macroscópica, solamente da lugar a configuraciones de opinión homogéneas. Por otra parte, en el año 2010, teniendo como referente un modelo cinético de distribución de dinero con parámetro de propensión al ahorro constante [21], A. Chakrabarti y B. Chakraborti presentaron un modelo cinético de formación de opinión que permite la transición de fase de la opinión promedio de un grupo de N agentes de un estado no polarizado a uno polarizado [22]. En este modelo, la opinión de un agente i puede tener un valor $O_i(t) \in [-1, 1]$, permitiendo el intercambio binario entre i e j bajo las reglas $O_i(t+1) = \lambda(O_i(t) + \epsilon_t O_j(t))$ y $O_j(t+1) = \lambda(O_j(t) + \epsilon'_t O_i(t))$, donde ϵ_t y ϵ'_t son números distribuidos aleatoriamente. Para el mismo año [23], M. Lallouache, A. Chakraborti, A. Chakrabarti y B. Chakraborti realizan una extensión del modelo cinético de formación de opinión [22], donde la regla de intercambio está definida para el agente i como $O_i(t+1) = \lambda_i O_i(t) + \epsilon \lambda_j O_j(t)$ y para el agente j , como $O_j(t+1) = \lambda_j O_j(t) + \epsilon' \lambda_i O_i(t)$, siendo λ_i el llamado parámetro de convicción, el cuál corresponde en el modelo cinético de distribución de dinero de Chakraborti-Chakrabarti al parámetro de propensión al ahorro antes mencionado. El modelo cinético de formación de opinión planteado en la referencia [23], en esta tesis se le denomina FOLCCC (ver 2.2.2). En la generalización del modelo FOLCCC, el parámetro λ_i indica cómo el agente i es influenciado estocásticamente por el agente j durante el intercambio de opinión (poder de convicción de j sobre i). Al considerar que $\lambda_i = \lambda_j = \lambda$ y calcular la opinión promedio, para diferentes valores de λ , después de los intercambios se observa que la opinión promedio tiene dos fases: una pasiva ($\lambda < \lambda_c = \frac{2}{3}$), donde la opinión promedio tiende a cero y una fase activa ($\lambda > \lambda_c$) donde la opinión promedio tiende a 1, es decir que existe una transición de fase originada por el hecho de que la opinión total de los agentes no se conserva en el intercambio de opinión [23]. Con lo anterior, se tiene también que el modelo FOLCCC, desde una perspectiva macroscópica, solamente da lugar a configuraciones de opinión homogéneas.

Posteriormente, en el año 2011 P. Sen propone que los intercambios se definan como $O_i(t+1) = \lambda_i O_i(t) + \epsilon \mu_j O_j(t)$ y $O_j(t+1) = \lambda_j O_j(t) + \epsilon' \mu_i O_i(t)$, de tal forma que ahora μ hace referencia a la influencia que un agente i puede tener sobre un agente j , y λ es el término de auto-interacción [24]. También es posible tener modelos cinéticos donde la opinión de cada agente toma valores discretos [26]. Recientemente, el profesor Frank Schweitzer del ETH en Zurich, en la revista *Physics Today* del *American Institute of Physics*, realiza las siguientes afirmaciones: “Los modelos sociofísicos exitosos tienden a tener interfaces tanto con los datos empíricos como con las teorías sociales. Aún sin la segunda interfase, se pueden encontrar fenómenos interesantes y resultados nuevos... Los modelos sociofísicos también unen lo micro y lo macro. Esto es, estos modelos vinculan agentes interactuantes sobre escalas locales

pequeñas con dinámicas sobre escalas grandes cubriendo todo el sistema, y lo hacen de una manera concreta y comprobable” [27].

Teniendo como motivación las afirmaciones del profesor Schweitzer previamente mencionadas, en esta tesis de maestría se plantea como principal objetivo presentar en el contexto de la sociofísica un nuevo modelo cinético de formación de opinión que tiene la propiedad de generar macroscópicamente patrones de distribución de opinión heterogéneos, siendo esta propiedad la que permite que este modelo pueda ser aplicado al estudio de las capacidades dinámicas organizacionales relacionadas con las variables de opinión empíricas sobre ambiente y desempeño institucional de 24 entidades públicas colombianas del orden nacional. Estas variables de opinión empíricas son obtenidas a partir de los resultados de la encuesta EDI ¹, la cuál es aplicada anualmente por el DANE de manera estructurada desde el año 2010, con el objetivo de generar dos índices de desarrollo de la administración pública que permitan eventualmente clasificar a estas entidades y comparar su evolución en el tiempo. Este nuevo modelo cinético de formación de opinión (FON) es construido a partir de la superposición de dos modelos muy bien establecidos en sociofísica: el modelo cinético de formación de opinión de Deffuant (FOD) [12] y una extensión del modelo cinético de formación de opinión de Lallouache, Chakrabarti, Chacrabarti y Chakrabarti (FOLCCC) [23].

En el nuevo modelo de formación de opinión se tienen simultáneamente los parámetros de entrada presentes en los modelos FOD y FOLCCC extendido (FOLCCCE). Debido a la mencionada superposición y de acuerdo con los valores de estos parámetros de entrada del nuevo modelo, cuando el sistema se encuentra en estado de equilibrio se pueden presentar las siguientes dos configuraciones macroscópicas: (i) Homogénea, caracterizada por la polarización de los agentes, es decir una sola opinión o algunas pocas opiniones son tomadas por la totalidad de los agentes del sistema, de tal forma que se reproducen por separado los resultados de los modelos FOD y FOLCCCE, siendo estos dos modelos casos particulares del nuevo modelo que se presenta, y (ii) heterogénea, caracterizada por una diversidad de opiniones que se distribuyen entre todos los agentes, con lo cual se encuentran patrones de distribución que se pueden ajustar a algunas determinadas funciones de distribución bien conocidas. Cabe mencionar que el haber encontrado patrones de distribución de opinión heterogéneos es un hecho relevante, no sólo porque la generación de configuraciones macroscópicas heterogéneas resulta novedoso dentro de los modelos cinéticos de formación de opinión, sino también porque estos patrones de distribución de opinión obtenidos a través de simulaciones de Monte Carlo pueden ajustar muy bien las distribuciones de opinión empíricas provenientes de la encuesta EDI. Este último hecho da como resultado que los valores encontrados de los parámetros de entrada del modelo con los cuales se reproducen por simulación los patrones de distribución empíricos asociados con las diferentes variables de opinión

¹ver: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/gobierno/encuesta-sobre-ambiente-y-desempeno-institucional-nacional-edi>

obtenidas de los resultados de la encuesta EDI se utilicen en esta tesis para clasificar a las entidades públicas estudiadas y comparar como ha sido su evolución en el tiempo. El anterior resultado es importante, dado que por primera vez, hasta donde se conoce, los resultados de la encuesta EDI se están utilizando para un propósito académico. También se debe resaltar que en esta tesis se está cumpliendo con uno de los objetivos que motivan la aplicación de la encuesta EDI, relacionado con el poder realizar una clasificación de estas entidades y poder comparar su evolución en el tiempo.

Para poder cumplir con los objetivos de esta tesis, **primero** se estudian detalladamente los modelos FOD [12] y FOLCCC [28], se reproducen sus características y se realizan algunos análisis novedosos sobre estos dos modelos, tales como determinar el comportamiento de la entropía de Shannon como criterio para conocer si el sistema en la simulación ha alcanzado el estado de equilibrio y la obtención de los patrones de distribución de opinión dos-dimensional y tri-dimensional. **Segundo**, como una extensión del modelo FOLCCC, se estudia el modelo FOLCCCE, correspondiente a modificar el rango de valores de opinión al intervalo $[0, 1]$, lo cual es un aporte de esta tesis, y adicionalmente se estudia cuál es el efecto que se tiene si se introduce un parámetro de control en el rango de opinión [26]. **Tercero**, para el modelo FOLCCCE se realiza un análisis sobre el comportamiento de la entropía de Shannon como criterio para conocer cuándo el sistema ha alcanzado el estado de equilibrio en la simulación. **Cuarto**, se presenta un nuevo modelo cinético de formación de opinión, el cual es construido como una superposición del modelo FOD [29] y el modelo FOLCCC [23] extendido. **Quinto**, se aplica el nuevo modelo, utilizando la configuración de heterogeneidad, al estudio de las capacidades dinámicas organizacionales relacionadas con las variables de opinión empíricas sobre ambiente y desempeño institucional de 24 entidades públicas colombianas del orden nacional que son obtenidas a partir de los resultados de la encuesta EDI. **Sexto** Se utilizan los valores de los parámetros de entrada del nuevo modelo que permiten reproducir por simulación las variables de opinión obtenidas a partir de la encuesta EDI para clasificar a las entidades públicas estudiadas y para comparar su evolución en el tiempo.

Cabe mencionar que la encuesta EDI tiene como objetivo general conocer cuál es la percepción que tienen los servidores públicos con respecto al ambiente y al desempeño institucional de las entidades del orden nacional en las que prestan sus servicios. Con respecto a la percepción sobre ambiente institucional, esta encuesta indaga sobre la credibilidad en las reglas, la credibilidad en las políticas y la credibilidad en los recursos. En relación a la percepción sobre el desempeño institucional, la encuesta indaga sobre la gestión por resultados, el bienestar laboral y la rendición de cuentas. Adicionalmente, la encuesta también indaga sobre la prevención de prácticas irregulares. Un objetivo específico de la encuesta EDI es generar dos índices de desarrollo de la administración pública (el índice de ambiente institucional y el índice de desempeño institucional), que permiten eventualmente clasificar a estas entidades y comparar su evolución en el tiempo. La encuesta EDI es aplicada actualmente a aproxi-

madamente 200 entidades públicas del orden nacional, tales como las de nivel central, las universidades estatales y las corporaciones autónomas regionales. Esta encuesta es contestada por cerca de 25000 servidores públicos del orden nacional, incluyendo a los de provisionalidad, de carrera administrativa y de libre nombramiento y remoción, cumpliéndose que ellos tengan una antigüedad superior a seis meses y que laboren en la sede principal de la entidad. La encuesta incluye un total de 58 preguntas asociadas a 9 módulos, donde el tiempo de respuesta no es superior a una hora. Los datos (anexos) de la encuesta se clasifican por sexo, tiempo de servicio, nivel jerárquico, sectores institucionales y entidades. Conceptualmente no existen categorías intermedias, para obligar al encuestado a tomar una posición positiva o negativa acerca de las preguntas que se le hacen. Se tienen las siguientes posibles opciones de respuesta: (i) Totalmente de acuerdo, de acuerdo, en desacuerdo, totalmente en desacuerdo; (ii) mucho, algo, poco, nada; (iii) muy efectiva, algo efectiva, poco efectiva, nada efectiva.

Por cuestiones de operatividad y espacio en esta tesis se trabaja con 24 entidades del orden nacional y con los indicadores compuestos, los cuales dan el grado de percepción favorable o desfavorable del servidor público. En el modelo de formación de opinión que se presenta, una opinión en el intervalo asociado al primer bin del histograma significa totalmente en desacuerdo, una opinión en el segundo bin significa desacuerdo, una opinión en el tercer bin significa de acuerdo y una opinión en el cuarto bin significa totalmente de acuerdo. En esta tesis se consideran los datos de la encuesta EDI para los años del 2010 al 2018, para cada una de las 24 entidades públicas (ver Anexo B). Con lo anterior se calcula el valor empírico promedio (temporal) para las siete variables de opinión (Credibilidad en las Reglas, Credibilidad en las políticas, Suficiencia de Recursos y Previsibilidad, Gestión por resultados, Rendición de cuentas, Bienestar laboral y Prevención de prácticas irregulares) y para los dos indicadores (Ambiente y Desempeño institucional). Para cada categoría de opinión, se presenta el porcentaje de población que está totalmente de acuerdo, de acuerdo, en desacuerdo y totalmente en desacuerdo. Tomando como referente estos valores empíricos, se encuentran las configuraciones de los parámetros de entrada del nuevo modelo de formación de opinión que permiten reproducir dichas distribuciones empíricas de opinión, con el fin de conocer el rango de trabajo de cada uno de los parámetros, siendo lo anterior estudiado a partir de diagramas de caja. A continuación, sin considerar un valor promedio, se reproducen nuevamente los valores empíricos para las siete variables y los dos indicadores por entidad y por año, mostrando el error entre el valor empírico y el valor simulado (ver Anexo C), encontrando en todos los casos que el modelo reproduce los valores con errores menores al 10 % (lo cual se podría disminuir si se mejora el método de ajuste). Se estudian también las posibles relaciones entre parámetros, mediante el uso de diagramas de dispersión. A continuación, se seleccionan algunas configuraciones de parámetros, se obtienen las funciones de distribución simuladas y se ajustan a funciones de distribución conocidas. Por último, se estudia la evolución temporal de los parámetros para las diferentes entidades con el fin de clasificarlas y comparar como ha sido su evolución en el tiempo.

La fundamentación y los resultados de esta tesis se presentan en cuatro capítulos. En el capítulo **primero**, asociado con el marco teórico, se presentan y se estudian los modelos FOD, FOLCCC y FOLCCCE, en los que los valores de opinión pueden tomar valores continuos entre $[-1, 1]$ o $[0, 1]$, se realiza una comparación de sus propiedades y se muestra que es posible realizar un control sobre la transición de fase. Para estos modelos se determina el comportamiento de la entropía de Shannon y se obtienen los patrones de distribución de opinión. En el capítulo **segundo**, se presenta el nuevo modelo cinético de formación de opinión como una superposición de los modelos FOD y FOLCCCE, en el que los agentes que constituyen el sistema se comportan de forma análoga a las partículas que constituyen un gas ideal, de tal forma que los agentes interactúan microscópicamente entre sí a través del intercambio de opinión entre pares de agentes, por lo que emergen propiedades estructurales de naturaleza macroscópica, tales como la entropía de Shannon y los patrones de distribución. Las reglas de intercambio son de la forma, $O_i(t+1) = \|\Omega_i - \lambda[O_i + \varepsilon O_j(t)]\|$ y $O_j(t+1) = \|\Omega_j + \lambda[O_j + \varepsilon' O_i(t)]\|$, donde se ha definido el operador $\|x\|$ como $\|x\| = 0$, para $x < 0$, y $\|x\| = 1$, para $x > 1$, mientras que Ω_i y Ω_j están dados por $\Omega_i = O_i(t) + D[O_j(t) - O_i(t)]$ y $\Omega_j = O_j(t) + D[O_i(t) - O_j(t)]$. Es necesario que el intercambio de opinión se ajuste a un límite mediante $|O_i(t) - O_j(t)| \leq d$. En el capítulo **tercero**, se aborda el tema de las capacidades dinámicas organizacionales, haciendo alusión a las relacionadas con las variables de opinión sobre ambiente y desarrollo institucional de la encuesta EDI y se muestran sus características y métodos para realizar su seguimiento. A continuación, en el capítulo **cuarto**, se muestra la aplicación del nuevo modelo, reproduciendo las variables de opinión y los indicadores de ambiente y desempeño institucional provenientes de la encuesta EDI. Finalmente, en el capítulo **quinto** se presentan las conclusiones y posteriormente se incluyen algunos Anexos.

2. Modelos de formación de opinión

El estudio de la dinámica de opinión proviene de diversas disciplinas de las ciencias sociales, especialmente de los modelos de influencia social desarrollados en psicología social y sociología. A partir de estos modelos se han podido estudiar fenómenos sociales tales como la emergencia de modas, supervivencia de la opinión minoritaria, difusión de la opinión, toma de decisiones colectivas, creación de consenso, aparición de partidos políticos, difusión de rumores, expansión del extremismo, procesos de votaciones, etc. [1]. Durante las últimas décadas, desde la física estadística se han propuesto modelos para tener una perspectiva diferente de dichos fenómenos, definiendo los estados de opinión posibles de una población y describiendo los mecanismos básicos que determinan los procesos de evolución y transición entre dichos estados [1]. El aporte de la física en este campo de estudio es enorme, lo cuál podría revelar que los procesos sociales también obedecen de alguna forma las leyes estadísticas universales que rigen los movimientos de las partículas en la naturaleza. Por ejemplo, el estudio de las transiciones de fase en la opinión de un grupo de individuos con ideas soportadas en la mecánica estadística. Con lo anterior se podría contribuir a cerrar la brecha disciplinaria entre las ciencias naturales y sociales, a partir de la adopción de métodos matemáticos, físicos y computacionales bien establecidos que permitan estudiar dichos fenómenos sociales. En este capítulo, se realiza una revisión de los antecedentes en las ciencias sociales y sociofísica asociados a la modelación de la dinámica de formación de opinión y se presentan los modelos cinéticos de formación de opinión relevantes para esta tesis (modelos FOD, FOLCCC y FOLCCCE), los cuáles permiten describir los fenómenos de consenso. En la vida cotidiana, los grupos de individuos se ven obligados a tomar decisiones de forma compartida. Sin embargo, establecer un consenso es uno de los aspectos más importantes en la dinámica de los grupos sociales; debido a su complejidad.

2.1. Antecedentes en las ciencias sociales y sociofísica

Uno de los primeros trabajos concebido desde otra área del conocimiento, para el caso psicología, y que tiene relación directa con la dinámica de un grupo de individuos, además de tener relación directa con la física, fue el propuesto por W. Weidlich en 1971. En este trabajo se utiliza un modelo probabilístico, originalmente construido para la descripción del desarrollo dinámico de un grupo de espines iterectuentes, que se reformula para estudiar la estructura de grupos de individuos que influyen mutuamente con respecto a su comporta-

miento de decisión, mostrando posteriormente el efecto de polarización en la sociedad. En ese trabajo también se muestra la relación entre el modelo lo Ising y su interpretación a nivel social [5]. Clifford, en 1973, propone un modelo estocástico para describir los procesos de competencia entre dos especies. Además sugiere que bajo ciertas condiciones ideales puede ser posible estimar la duración de una lucha espacial por la vida al observar en algún momento la configuración de los territorios que posee cada especie [30].

En 1981, Latané escribe un artículo que tiene por título "La psicología del impacto social", donde propone una teoría del impacto social que especifica el efecto de otras personas en un individuo. Según la teoría, cuando otras personas son la fuente del impacto y el objetivo es el individuo, el impacto debe ser una función multiplicativa de la fuerza, la inmediatez y el número de otras personas. Se proponen entonces tres principios: (i) Los individuos pueden ser fuentes u objetivos de influencia social; (ii) el impacto social es el resultado de fuerzas sociales que incluyen la fuerza de la fuente del impacto, la inmediatez del evento y el número de fuentes que ejercen el impacto; (iii) cuantos más objetivos de impacto existan, menor será el impacto de cada objetivo individual. El autor revisa la evidencia relevante de la investigación sobre la conformidad y la imitación, el miedo escénico y la vergüenza, etc [3]. Posteriormente, Serge Galam, en 1982, propone un modelo para describir el comportamiento de una huelga, haciendo referencia a un entorno microscópico y macroscópico. Para el primero de ellos define los conceptos de (a) producción individual, refiriéndose a la medida de la cantidad de producción de un individuo (agente) i dentro un número N de agentes; (b) producción individual normalizada, refiriéndose a dos estados del agente, estar o no en huelga; (c) contacto, refiriéndose a la medida de interacción mutua entre agentes. Mientras que para el segundo entorno define los conceptos de (a) producción promedio normalizada, haciendo referencia al promedio de la producción individual de todos los agentes; (b) Permeabilidad social, que mide la posible respuesta de un individuo a cierta influencia debido a la atmósfera social en la que está inmerso; (c) salario efectivo, que incluye el salario del trabajador, así como las reglas de antigüedad, pensión y derechos de vacaciones, etc. Se introduce una función de insatisfacción con un principio básico que establece que el estado estable de la planta es un estado que minimiza esta función. Se encuentra que la planta puede estar en una de dos fases: la «fase colectiva» y la «fase individua». Estas dos fases están separadas por un punto crítico en el grupo de vecinos, donde el sistema es muy sensible a pequeños cambios en los parámetros. La fase colectiva incluye una región de parámetros para los cuales el sistema tiene dos estados posibles: un « estado de trabajo » y un « estado de ataque ». El estado real del sistema depende de los parámetros y de la "historia del sistema". La irreversibilidad de la transición entre estos dos estados indica la existencia de estados metaestables [6]. Para estos estados particulares, el efecto de pequeños grupos de trabajadores o de una pequeña perturbación en el sistema resulta en cambios drásticos en el estado de la planta.

Nowak Andrzej, Jacek Szamrej y Bibb Latané, en 1990, evidencian que las interacciones

de tipo individual (micronivel) dentro de una población pueden generar fenómenos globales (macronivel), como por ejemplo polarizaciones o consensos de opinión, que se evidencia haciendo uso de la herramienta de simulación por computador. El trabajo propone un modelo de influencia individual operando de acuerdo a los principios generales de la teoría de impacto social formulada en 1981 por Latané [3], que muestra como los individuos pueden ser influenciados por otros para generar una opinión de tipo público. En la simulación, cada individuo es representado por un conjunto de 4 parámetros que muestran cómo este puede influenciar a los demás. El primero es la *actitud individual*, que muestra la postura de opinión que tiene un individuo dentro del grupo; el segundo, *persuasión*, describe el grado de éxito que un individuo tiene persuadiendo al otro con su opinión; el tercero, *apoyo*, indica el nivel de intensidad con el que un individuo puede reforzar o apoyar la opinión del otro, y el cuarto *intermediación*, que puede ser entendida como la distancia social (física) a otro individuo con el cual se desea compartir opinión. Los resultados de este trabajo muestran que es posible obtener estados de polarización en la opinión de la población definiendo adecuadamente las reglas de interacción, y estudia también la forma en la cual se llega a los equilibrios en la población [4]. En 1992, los mismos autores publican otro trabajo [31] para relacionar la teoría de campo medio propuesta en el contexto de la física con la teoría de impacto social propuesta en el contexto de la psicología. Para esto, el diseña un modelo de autómatas celulares probabilísticos que pueden describir la dinámica del impacto social.

Serge Galam en 1991 presenta un estudio donde propone el esquema de un modelo para los fenómenos colectivos, un modelo de ruptura de simetría combina una serie de hipótesis bien establecidas de psicología social con conceptos recientes de física estadística. El autor propone la idea de tratar los fenómenos de polarización de una manera diferente, tanto desde un punto de vista empírico como teórico. Además, es posible demostrar que, en principio, la polarización es una función directa de la interacción y, más allá de un umbral crítico, una función inversa de la diferenciación entre los miembros del grupo. El autor también muestra la emergencia del consenso dentro de un agregado de individuos, la transformación de individuos y los parámetros asociados al consenso [7]. Nowak en 1996 propone un modelo de simulación basado en autómatas celulares dando extensión a lo trabajado por Latané en 1990. Se discute la teoría del campo medio, mostrando que los modelos exhiben un comportamiento intermitente complejo [32].

Serge Galam en 1997 propone que la modificación de un modelo de Ising asociado a fenómenos ferromagnéticos en presencia de un campo magnético externo y a temperatura cero puede ser adaptado para describir la toma de decisiones grupales, considerando la manera como se puede lograr un consenso mediante la minimización de conflictos individuales. Los campos pueden tener un promedio distinto de cero. Se asume un postulado de conflictos interindividuales mínimos, y luego las interacciones producen una polarización grupal a lo largo de una opción que, sin embargo, se selecciona aleatoriamente. Se muestra que una pequeña

presión social externa tiene un efecto drástico sobre la polarización. Los sesgos individuales relacionados con los antecedentes personales, los valores culturales y las experiencias pasadas se introducen a través de campos locales que compiten entre sí. Se ha demostrado que estos campos locales son fundamentales para generar un espectro más amplio de nuevas opciones colectivas más allá de las iniciales. En particular, se encuentra que el compromiso es el resultado de la existencia de un sesgo de competencia individual, y que el conflicto debilita la polarización del grupo [8]. Sznajd en el 2000 propone un modelo de Ising simple que describe un mecanismo para tomar una decisión en una comunidad cerrada. Muestra mediante la simulación de Monte Carlo que reglas de intercambio simples a nivel microscópico conducen a dinámicas complicadas a nivel macro. Concluye que la evolución de opinión en una comunidad cerrada conduce a una dictadura, y si se requiere democracia debe ser en una comunidad abierta [33]. Posteriormente, en el 2001, Bernardes, basado en las ideas de Sznajd, propone un modelo de Lattice para describir el resultado de ciertas elecciones en Brasil, usando la simulación describe adecuadamente la distribución de los votos mostrados en una encuesta previa [34]. A continuación, en el 2002, basado en las ideas de redes complejas de Barabasi y Albert, Bernardes propone un modelo de crecimiento preferencial donde un nuevo nodo está vinculado a los antiguos con una probabilidad proporcional a su conectividad, y lo aplica a los resultados de las elecciones brasileñas. La aplicación de la regla Sznajd, que solo un acuerdo de parejas de personas puede convencer a sus vecinos, otorga una distribución de votos en buen acuerdo con la realidad [11].

En 2001 Holyst realiza una revisión de los modelos de impacto social mostrados anteriormente, haciendo énfasis en las ventajas y desventajas de cada uno, además de los estudiar algunos casos limite [35]. Stauffer en 2004, basado en la ideas de consenso de Deffaut [29], propone que el intercambio sea restringido a individuos conectados por una red sin escala, dando como resultado que el número de opiniones diferentes es proporcional al número de individuos [36]. Weisbuc, en el mismo año, basado en las ideas de Deffaut y Barabasi, estudia las posibles topologías de redes sociales a causa de esta regla de intercambio [37]. Toscani, en el 2006, discute ciertos modelos cinéticos de formación de opinión (continua) que involucren tanto el intercambio de opinión entre agentes individuales como la difusión de información, y muestra condiciones que aseguran que el modelo cinético alcance estados estacionarios no triviales en caso de falta de difusión en correspondencia con algún punto de opinión. Los resultados analíticos se obtienen luego de considerar un límite asintótico adecuado del modelo que produce una ecuación de Fokker-Planck para la distribución de la opinión entre los individuos [38]. Serge Galam en el 2008 realiza una revisión de los modelos de formación de opinión: voto democrático en sistemas jerárquicos de abajo hacia arriba, toma de decisiones, fragmentación frente a coaliciones, terrorismo y dinámica de opinión. Este autor muestra que usando estos modelos se predijeron con éxito varios eventos políticos reales importantes, incluida la victoria del partido de extrema derecha francesa en la primera vuelta de las elecciones presidenciales francesas de 2000, la votación a cincuenta-cincuenta

en varios países democráticos (Alemania, Italia, México) y victoria del «no» al referéndum francés de 2005 sobre la constitución europea. También discute las perspectivas y los desafíos para hacer de la sociofísica un campo sólido predictivo de la ciencia [39].

Boudin en 2009 utiliza los métodos de la mecánica estadística de no equilibrio para derivar una ecuación que modela algunos mecanismos de formación de opinión, prueba las principales propiedades matemáticas del modelo y proporciona algunos resultados numéricos [40]. Posteriormente, en el 2010 propone un modelo cinético para describir la evolución de la opinión en un grupo cerrado con respecto a la elección entre múltiples opciones (por ejemplo, partidos políticos) que tiene en cuenta dos mecanismos principales de formación de opinión, a saber: la interacción entre individuos y el efecto de los medios de comunicación. Luego, prueba numéricamente el modelo en algunos casos relevantes [41]. Lallouache, en 2010, propone un modelo multiagente mínimo para las dinámicas colectivas de formación de opinión en la sociedad mediante la modificación de las dinámicas de intercambio cinético estudiadas en el contexto del ingreso, el dinero o las distribuciones de riqueza en una sociedad. Este modelo muestra una ruptura espontánea de la simetría al estado de opinión polarizado a partir del estado de opinión no polarizado. Para analizar el modelo, introduce una versión iterativa del mapa del modelo, que tiene características estadísticas muy similares. También proporciona un análisis teórico aproximado de los resultados numéricos, basado en la versión del mapa iterativo [42]. Biswas en el 2011 presenta la solución exacta para un rango finito y discreto de un modelo de formación de opinión. El modelo muestra una transición de fase de absorción activa, similar a la que se encuentra numéricamente en su versión continua recientemente propuesta por Lallouache, además de las interacciones de dos agentes. También muestra el efecto de tener interacciones de tres agentes. El diagrama de fase tiene una línea de transición continua (dominada por la interacción de dos agentes) y una línea de transición discontinua (dominada por la interacción de tres agentes) separada por un punto tricrítico [43].

Crokidakis en el 2014 propone un modelo de formación de opinión sobre una población totalmente conectada que participa de un debate público con dos opciones distintas, donde los agentes pueden adoptar tres actitudes diferentes: favorables a una opción, a la otra, o indecisos. Las interacciones entre agentes ocurren por pares y son competitivas, y muestra que la presencia de agentes inflexibles afecta el comportamiento crítico del sistema, provocando el desplazamiento del punto crítico o la supresión de la transición de fase de ordenación, dependiendo de los grupos de opiniones a los que pertenecen los intransigentes; también discute la relevancia del modelo para sistemas sociales reales [44]. Brugna en el 2015 considera una ecuación cinética no lineal de tipo Boltzmann que tiene en cuenta la influencia de la convicción durante la formación de la opinión en un sistema de agentes que se relacionan mediante intercambios binarios, y muestra que la presencia de convicción tiene el potencial de romper la simetría y producir grupos de opiniones [45]. En la siguiente sección, se presentarán

los modelos cinéticos de formación de opinión, donde la opinión de cada agente puede tomar valores continuos, y es posible, de manera general establecer un consenso.

2.2. Modelos cinéticos de formación de opinión

En la sección 2.1 se realizó la revisión de modelos de formación de opinión, que en su mayoría permiten definir el valor de la variable asociada a la opinión de manera discreta. Sin embargo, existen otros modelos donde la opinión puede tomar valores continuos. Los primeros trabajos en los cuales el valor de la opinión puede tomar valores continuos fue realizado por matemáticos. Por ejemplo, Stone en 1961 propuso un modelo de ecuaciones lineales que tenía como objetivo identificar las condiciones bajo las cuales un panel de expertos llegaría a una decisión común [18]. Al igual, en 1977 Chatterjee propuso un modelo estocástico para describir el problema de la tendencia al consenso en una operación de intercambio de información [19]. De la misma manera, en 1986 Cohen propuso un modelo de matrices aleatorias para desarrollar un modelo de consenso [20].

Por otro lado y desde el punto de vista de la sociofísica, los primeros trabajos realizados en esta dirección son los modelos propuestos por Deffaunt en 2000 [12], Hegselmann y Krause en 2002 [15], Weisbuch en 2003 [46], Fortunato y Castellano en 2007 [47], y Lallouache y Chakrabarti en 2010 [48]. En adición a lo anterior, también en el año 2000 Dragulescu y Yakovenko proponen el primer modelo cinético de distribución de dinero en econofísica, en el que se plantea que un sistema económico cerrado constituido por N agentes que intercambian dinero entre pares se puede modelar análogamente a un gas ideal, de tal forma que las transacciones de dinero entre pares de agentes se comportan como colisiones entre pares de partículas que intercambian energía cinética. En este modelo cinético de distribución de dinero, el dinero para el sistema en equilibrio se distribuye como una **función exponencial decreciente**, es decir como una función tipo Boltzmann [49]. Casi simultáneamente, A.Chakraborti y B.Chakrabarti propusieron un modelo cinético de distribución de dinero en el que los agentes económicos presentan la propiedad de propensión al ahorro de dinero [21]. En este último trabajo, se plantea que el sistema económico cerrado está constituido por N de agentes que poseen una cantidad total M de dinero, por lo que la temperatura económica del sistema es considerada como el dinero promedio por agente $m_i = \frac{M}{N} = T$. En este modelo, los agentes durante las transacciones de dinero entre pares de agentes solamente intercambian una fracción del dinero que poseen antes de la transacción, es decir ellos conservan una parte de su dinero inicial, que es proporcional al dinero que poseen antes de la transacción. La constante de proporcionalidad se conoce como parámetro de **propensión al ahorro**, el cual toma un valor constante e igual para todos los agentes en el intervalo continuo $[0, 1]$. En este modelo cinético de distribución de dinero, el dinero entre los N agentes se distribuye como una **función de distribución gamma**, de tal forma que cuando el parámetro de propensión al ahorro es nulo, la función de distribución de dinero corresponde a la

de Boltzmann, es decir se tiene el caso particular del modelo de Dragulescu y Yakovenko [21].

En este capítulo se realiza una revisión de los modelos de formación de opinión desde la sociofísica basados en la idea de gas ideal (modelos cinéticos de formación de opinión). Así, es posible afirmar que un **modelo cinético de formación de opinión** está constituido por una población de N agentes, cada uno con valores de opinión que se representan por un número, donde para $t = 0$ todos los individuos pueden tener valores de opinión diferentes o iguales, asignados aleatoriamente siguiendo alguna función de probabilidad. Usualmente, para este tipo de modelos se da el intercambio de opinión entre agentes de manera binaria, es decir se seleccionan aleatoriamente dos agente i y j , permitiendo que sus opiniones cambien $O_i(t) \rightarrow O_i(t+1)$ y $O_j(t) \rightarrow O_j(t+1)$. La forma en como se debe realizar el intercambio y sus restricciones es llamada **regla de intercambio**, y depende de la estructura de cada modelo cinético. El proceso de intercambio debe repetirse un número de veces igual a T hasta que el sistema logre su estado de equilibrio, es decir un estado en el cual la distribución de la opinión de los N se mantiene constante en el tiempo. Para lo anterior frecuentemente se utiliza el método de simulación de Monte Carlo.

2.2.1. Confianza limitada, modelo FOD

En el modelo cinético de formación de opinión propuesto por Deffaut (FOD) [12] se considera una población de N agentes i , con valores de opinión continua O_i variando entre $[0, 1]$. Se realiza una simulación de Monte Carlo y en cada paso de tiempo se selecciona de forma aleatoria un par de agentes i e j , los cuales pueden compartir su opinión según las reglas de intercambio

$$O_i(t+1) = O_i(t) + \mu[O_j(t) - O_i(t)], \quad (2-1)$$

$$O_j(t+1) = O_j(t) + \mu[O_i(t) - O_j(t)]. \quad (2-2)$$

Este intercambio se ajusta suponiendo un límite en el intercambio de opinión de la forma $|O_j(t) - O_i(t)| < d$, donde d es llamado el parámetro límite, que representa la distancia social a otro agente para compartir alguna opinión, y μ es el parámetro de convergencia, que representa el nivel de persuasión de un agente hacia otro (con $0 < d < 0,5$ y $0 < \mu < 0,5$). Los valores de opinión inicial para cada agente $O_i(t = 0)$ se asignan de manera aleatoria según una función de probabilidad uniforme entre 0 y 1. El parámetro límite d controla el número de picos máximos en la distribución de la opinión del grupo de agentes, según la expresión $p_{max} = \frac{1}{2d}$. En la figura 2.1 se muestran dos configuraciones, la primera C1($\mu = 0,5$, $d = 0,5$) donde la función de entropía es calculada para cada paso de tiempo mediante la expresión de Shannon

$$E = - \sum_{i=1}^N P(i) \log P(i), \quad (2-3)$$

con un número de particiones (bins) igual a 100 sobre el rango de opinión de $[0, 1]$. Así, en (2.1a) para $t = 0$ a cada agente se asignó un valor de opinión tomado de una función de distribución uniforme entre 0 y 1; es decir, todos los valores de opinión son igual de probables. De manera que el valor máximo de entropía corresponde a,

$$E_{maxC1} = - \sum_{i=1}^{100} \frac{2,5}{250} \log\left(\frac{2,5}{250}\right) = - \log\left(\frac{1}{100}\right) = 4,6052. \quad (2-4)$$

En la segunda configuración C2($\mu = 0,5$, $d = 0,2$), para $T > 5000$ (pasos de tiempo) el sistema ha alcanzado el equilibrio y solo es accesible un único estado donde la opinión promedio del grupo de agentes es 1 (ver 2.1b), haciendo que la entropía tome el valor mínimo igual a cero. En el caso (2.1e) el valor de la entropía máxima tiende a 4.6052. Sin embargo, para pasos de tiempo superiores a $T > 7500$ se tienen dos estados accesibles, uno con probabilidad 0.58 cerca a un valor de opinión de 0.3, y otro con probabilidad de 0.42 cerca a un valor de opinión de 0.8 (ver 2.1f). Así, el valor de la entropía mínima o en el estado de equilibrio se puede calcular como,

$$E_{minC2} = -0,58 \log(0,58) - 0,42 \log(0,42) = 0,6803, \quad (2-5)$$

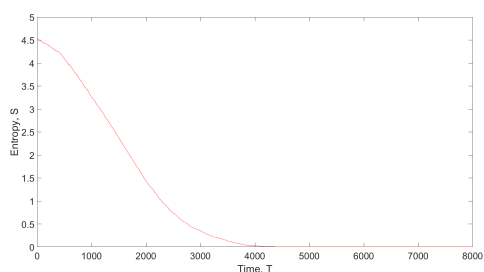
El valor de E_{minC2} se puede observar en 2.1e. En la figura 2.2 se observan otras dos configuraciones, la primera C3($\mu = 0,5$, $d = 0,133$) (ver 2.2a) donde la entropía máxima se calcula como,

$$E_{maxC3} = - \sum_{i=1}^{20} \frac{15}{300} \log\left(\frac{15}{300}\right) = - \log\left(\frac{1}{20}\right) = 2,9957. \quad (2-6)$$

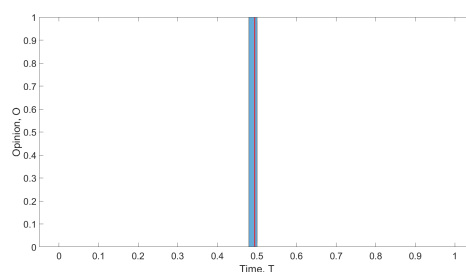
Por otro lado, para el estado de equilibrio del sistema (ver 2.2b) se observan tres estados accesibles, uno con probabilidad 0.38 cerca a un valor de opinión de 0.15, otro con probabilidad de 0.28 cerca a un valor de opinión de 0.58, y otro con probabilidad de 0.34 cerca a un valor de opinión de 0.7. Así, el valor de la entropía mínima o en el estado de equilibrio se puede calcular como,

$$E_{minC3} = -0,38 \log(0,38) - 0,28 \log(0,28) - 0,134 \log(0,34) = 1,0909, \quad (2-7)$$

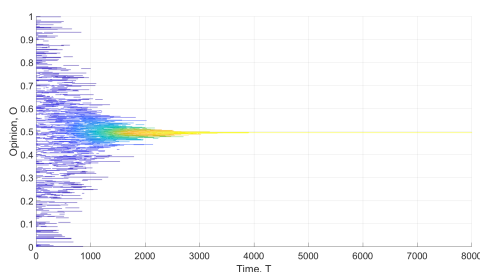
El valor de E_{minC3} se puede observar en 2.2a. Para 2.2e es posible realizar un calculo similar al mostrado en las ecuaciones 2-6 y 2-7 para la configuración C4, encontrando que $E_{maxC4} = 2,9957$ y $E_{minC4} = 1,3746$ con cuatro estados accesibles.



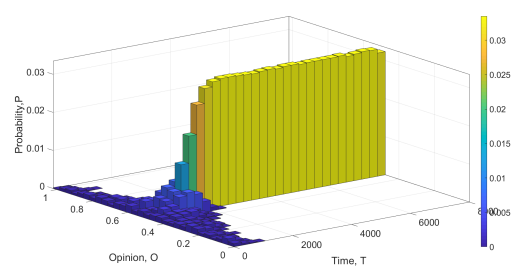
(a) Entropía C1



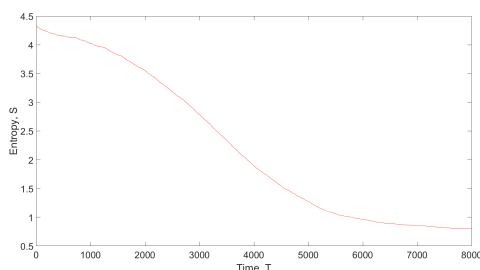
(b) Histograma 2D C1



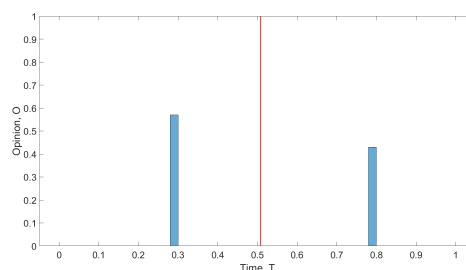
(c) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo C1



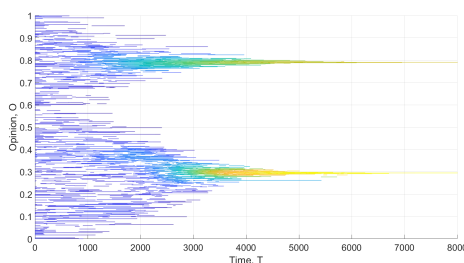
(d) Histograma 3D C1



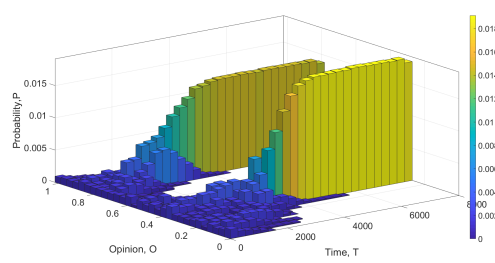
(e) Entropía C2



(f) Histograma 2D C2

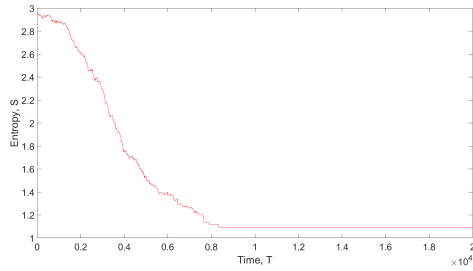


(g) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo C2

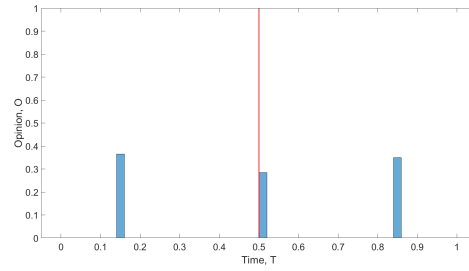


(h) Histograma 3D C2

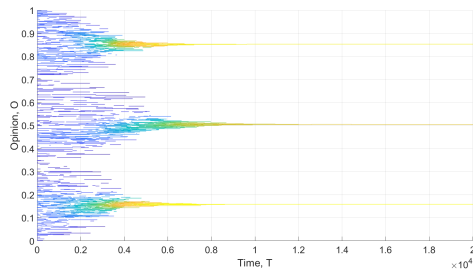
Figura 2.1.: Modelo FOD. Configuraciones C1($\mu = 0,5$, $d = 0,5$) y C2($\mu = 0,5$, $d = 0,2$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 125 pares de agentes. $N=250$ (agentes), $T=1e4$ (pasos de tiempo), $\text{bins}=100$ (número de particiones para el cálculo de la entropía).



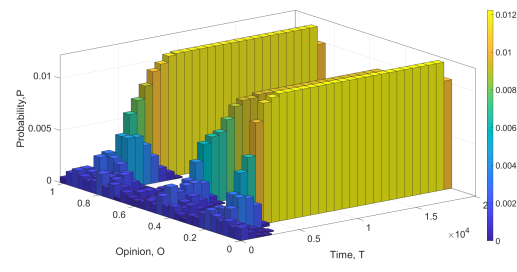
(a) Entropía C3



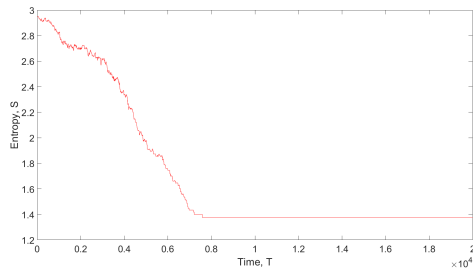
(b) Histograma 2D C3



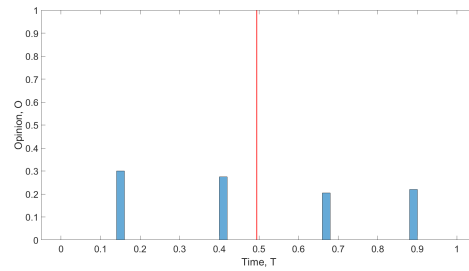
(c) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo C3



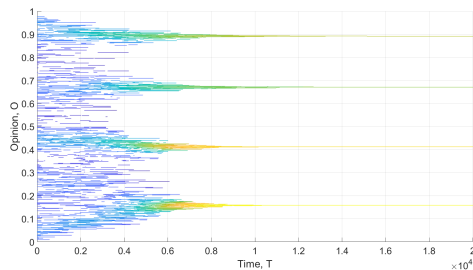
(d) Histograma 3D C3



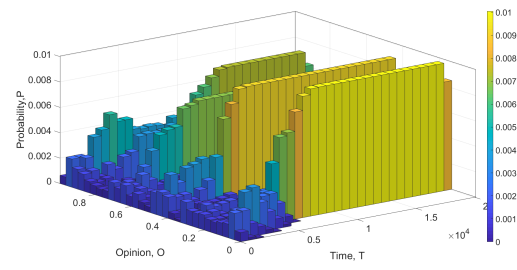
(e) Entropía C4



(f) Histograma 2D C4



(g) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo C4



(h) Histograma 3D C4

Figura 2.2.: Modelo FOD. Configuraciones C3($\mu = 0,5$, $d = 0,133$) y C4($\mu = 0,5$, $d = 0,125$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 150 pares de agentes, $N=300$, $T=1e4$ (pasos de tiempo), $\text{bins}=20$ (número de particiones para el cálculo de la entropía).

Se observan diferencias significativas, encontrando que a medida que el número de picos p_{max} aumenta, el número de pasos de tiempo en la simulación que se requieren para llegar a la minimización de la entropía es mayor (estado de equilibrio). Para $p_{max} = 1$ se requieren 4000, mientras que para un $p_{max} = 2$ se requieren 6000, en tanto que para $p_{max} = 3$ y $p_{max} = 4$ se requieren 10000. En la parte superior derecha se muestra un histograma en 2D, que se calcula con los valores de opinión de cada agente después de la minimización de la entropía, encontrando que para la configuración C1 el valor promedio para la opinión después de alcanzada la minimización tiende a 0,5, con una probabilidad de más del 99,9% y un valor esperado igual a $0,5 * 0,999 = 0,4995$ (línea roja). Para la configuración C2, tiende a 0,3 con una probabilidad aproximada de 51% y a 0,7 con una probabilidad aproximada de 48,5% y un valor esperado igual a $0,3 * 0,51 + 0,7 * 0,485 = 0,4925$ (línea roja). Para la configuración C4 tiende a 0,15 con una probabilidad aproximada de 29%, a 0,4 una probabilidad aproximada de 25%, a 0,67 una probabilidad aproximada de 22%, a 0,88 una probabilidad aproximada de 25% y un valor esperado igual a $0,15 * 0,29 + 0,4 * 0,25 + 0,66 * 0,22 + 0,87 * 0,25 \approx 0,5$ (línea roja). La forma en como cambia la opinión de los agentes en función del tiempo se muestra en la parte inferior izquierda de la misma figura. En el histograma en 3D se muestra el valor de opinión que tiene cada agente en el tiempo, comparado con la probabilidad asociada a T y O_{i*} ¹

La evolución de la opinión puede ser descrita para valores de d pequeños mediante la ecuación para las variaciones en la densidad de opinión

$$\delta\rho(x) = \frac{d^3}{2}\mu(\mu - 1)\frac{\partial^2(\rho^2)}{\partial x^2}. \quad (2-8)$$

¹ $i*$ es igual al número de bins del histograma.

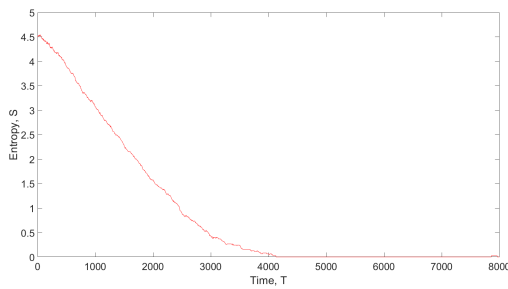
2.2.2. Transición espontánea, modelo FOLCCC

En el modelo de formación de opinión de Lallouache y Chakrabarti (FOLCCC) [22, 48] se considera un grupo de N agentes con un valor de opinión continuo $O_i(t) \in [-1, 1]$. Para un tiempo $t = 0$ se asigna a cada uno de los agentes un valor de opinión aleatorio dado por una distribución uniforme o se asigna a la mitad de la población -1 y a la otra mitad $+1$. Posteriormente haciendo uso de una simulación de Monte Carlo en un tiempo $t' = t + 1$ se comparte la opinión entre dos individuos en una interacción binaria descrita por

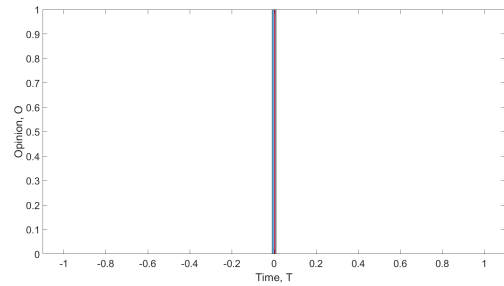
$$O_i(t + 1) = \lambda[O_i(t) + \varepsilon O_j(t)], \quad (2-9)$$

$$O_j(t + 1) = \lambda[O_j(t) + \varepsilon' O_i(t)], \quad (2-10)$$

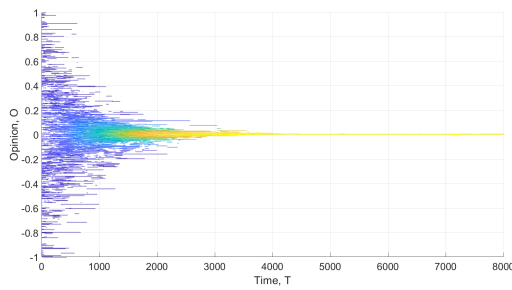
donde ε y ε' son números aleatorios no correlacionados entre 0 y 1. Este tipo de interacción conduce a un consenso (polaridad) en la opinión del grupo de individuos dependiendo del valor de λ (convicción). La opinión promedio del grupo de individuos en un tiempo t esta dada por $\bar{O} = \frac{\sum_i O_i}{N}$. El sistema comienza con un estado neutral para $\lambda < \frac{2}{3}$, donde el valor de la opinión para cualquier individuo es cero y en consecuencia $\bar{O} = 0$, después de un cierto tiempo de relajación $t = \tau$ se mueve al estado de absorción donde $O_i \sim 0$ y $\bar{O} \sim 0$ para $\lambda \sim \frac{2}{3}$. Cuando λ aumenta para $\lambda > \frac{2}{3}$, se presenta una ruptura de simetría, un estado ordenado donde $O_i \neq 0$ y $\bar{O} \neq 0$, si $\lambda \rightarrow 1$ entonces $\bar{O} \rightarrow 1$. La varianza de \bar{O} muestra una cuspide para $\lambda = \frac{2}{3}$ [48]. La forma en la cual crece la \bar{O} fue encontrada por [25], y el tiempo de relajación del sistema muestra una divergencia en el punto crítico τ , $\tau \sim |\lambda - \lambda_c|^{-z}$ con $\lambda_c = \frac{2}{3}$ (ver figura 2.6). La figura 2.3 muestra la configuración LCCC1 para el modelo FOLCCC donde el parámetro de convicción tiene el valor de $\lambda = 2/3$. El número de pasos de tiempo para que el sistema llegue al equilibrio es aproximadamente 2600 (2.3a). Es posible observar en (2.3b) que la opinión de todos los agentes es cero, haciendo que el sistema este un fase netural. La figura 2.4 muestra la configuración LCCC2 para el modelo FOLCCC donde el parámetro de convicción tiene el valor de $\lambda = 0,1$, al igual que en el caso anterior, el sistema se encuentra en una fase neutral. Sin embargo, los agentes llegan a tener una opinión igual a cero más rápidamente, con tan solo 1500 pasos en la simulación (2.4c). Por otro lado, en la configuración LCCC3 donde el parámetro de convicción tiene el valor de $\lambda = 0,9$, logra un consenso donde la opinión de los agentes del sistema tiene a 1 (2.4f) aproximadamente, en los 5000 pasos de la simulación.



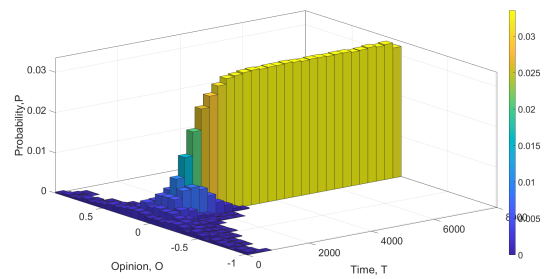
(a) Entropía LCCC1



(b) Histograma 2D LCCC1

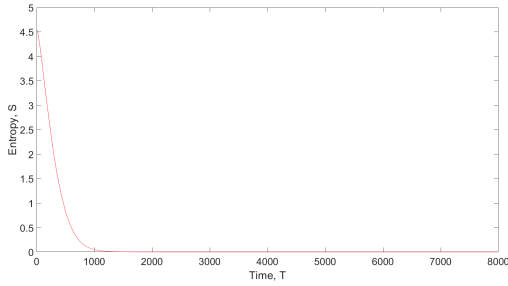


(c) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo LCCC1

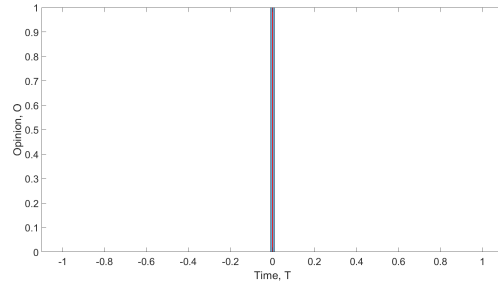


(d) Histograma 3D LCCC1

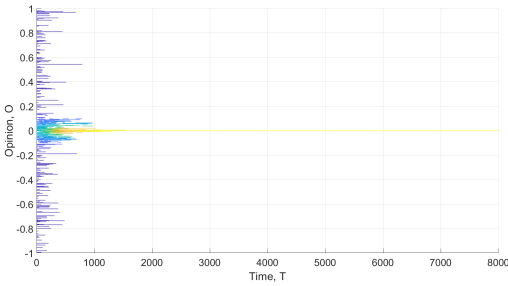
Figura 2.3.: Modelo FOLCCC. Configuración LCCC1($\lambda = 2/3$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de 125 pares de agentes. $N=250$ (agentes), $T=8e3$ (pasos de tiempo), $\text{bins}=100$ (número de particiones para el cálculo de la entropía).



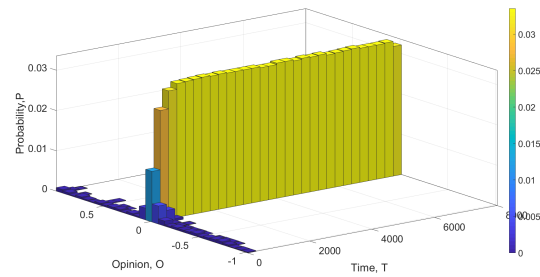
(a) Entropía LCCC2



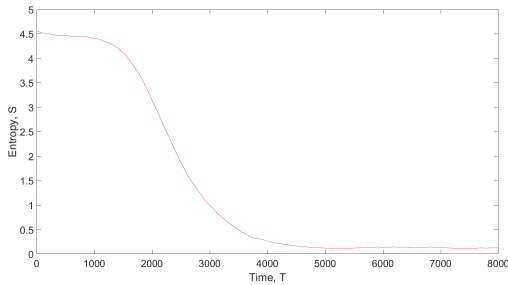
(b) Histograma 2D LCCC2



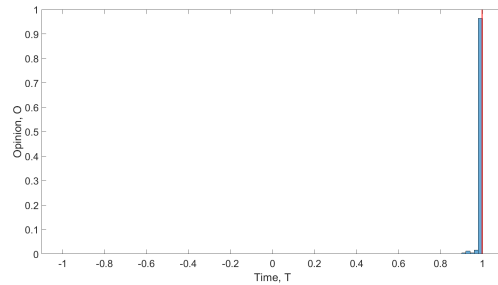
(c) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo LCCC2



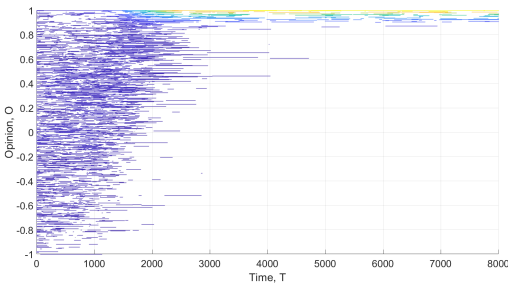
(d) Histograma 3D LCCC2



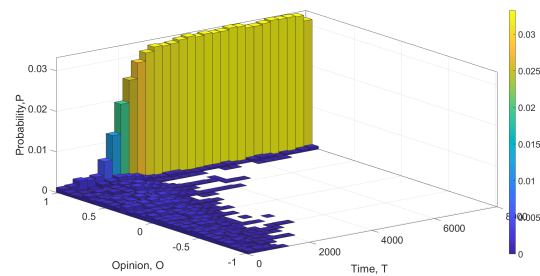
(e) Entropía LCCC3



(f) Histograma 2D LCCC3



(g) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo LCCC3



(h) Histograma 3D LCCC3

Figura 2.4.: Modelo FOLCCC. Configuraciones LCCC2($\lambda = 0,1$) y LCCC3($\lambda = 0,9$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de 125 pares de agentes. $N=250$, $T=8e3$ (pasos de tiempo), $\text{bins}=100$ (número de particiones para el cálculo de la entropía).

2.2.3. Modelo FOLCCC generalizado

El modelo de formación de opinión de Parongama Sen (FOPS) introduce otro parámetro a la regla de intercambio dada en el modelo de FOLCCC, el cual mide la capacidad o habilidad de un individuo de imponer su opinión sobre otro μ (influencia). Además, brinda la flexibilidad para que cada individuo tenga su propia convicción e influencia, lo cual se acerca a la no homogeneidad de una sociedad. Luego, las interacciones binarias quedan descritas por

$$O_i(t+1) = \lambda_i O_i(t) + \varepsilon \mu_j O_j(t), \quad (2-11)$$

$$O_j(t+1) = \lambda_j O_j(t) + \varepsilon' \mu_i O_i(t). \quad (2-12)$$

El modelo FOLCCC se recupera cuando $\lambda = \mu$. En el estado estacionario, la condición no nula para \bar{O} es

$$(1 - \lambda)^2 = \langle \varepsilon \varepsilon' \rangle \mu^2. \quad (2-13)$$

Al considerar que no hay diferencias significativas entre ε y ε' , la condición anterior se reduce a

$$\lambda = 1 - \frac{\mu}{2}. \quad (2-14)$$

Luego, para esta condición de frontera existen dos fases; la absorbida y la activa [24] (ver figuras 2.5 y 2.6).

2.2.4. Variante 1 del Modelo FOLCCC

Esta variante del modelo FOLCCC modifica las reglas de intercambio dadas por las ecuaciones 2-9 y 2-10 de modo que se transforman en,

$$O_i(t+1) = \lambda O_i(t) + \varepsilon O_j(t), \quad (2-15)$$

$$O_j(t+1) = \lambda O_j(t) + \varepsilon' O_i(t). \quad (2-16)$$

Si se realiza una aproximación de campo medio, el valor estable de la opinión O es

$$O(1 - \lambda - \langle \varepsilon \rangle) = 0. \quad (2-17)$$

Luego $\lambda_c = 1/2$. Así, para $\lambda < \lambda_c$ todos los individuos tienen un valor de opinión $O_i = 0$ con $\bar{O} = 0$, pero que para $\lambda > \lambda_c$ se tiene que $\bar{O} > 0$, y cuando $\lambda \rightarrow 1$ $\bar{O} \rightarrow 1$ [25] (ver figura 2.6).

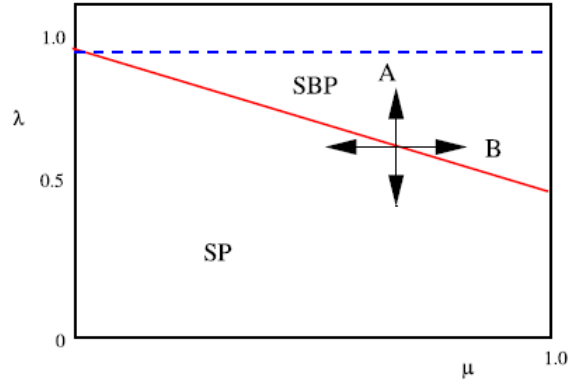


Figura 2.5.: El límite de fase obtenido por simulación numérica coincide exactamente con el dado en la ecuación. 2-14. Los acrónimos SP y SBP denotan la fase simétrica y la fase de simetría interrumpida, respectivamente. Los caminos A y B son trayectorias posibles a lo largo de las cuales se pueden hacer los diferentes estudios. A lo largo de la línea discontinua $\lambda = 1$, las opiniones de todos los agentes son iguales y toman valores extremos de dos maneras posibles, ya sea $O_i = 1$ o $O_i = -1$ para todos i . Tomado de [24].

2.2.5. Variante 2 del modelo FOLCCC

Esta variante del modelo FOLCCC modifica las reglas de intercambio dadas por las ecuaciones 2-9 y 2-9, se adiciona una fracción de la opinión promedio del grupo de agentes en cada paso de tiempo, el cual se entiende como la influencia del grupo sobre cada individuo. Así, las reglas se transforman en

$$O_i(t+1) = \lambda[O_i(t) + \varepsilon O_j(t)] + \varepsilon' \bar{O}(t), \quad (2-18)$$

$$O_j(t+1) = \lambda[O_j(t) + \eta O_i(t)] + \eta' \bar{O}(t). \quad (2-19)$$

En este modelo la simetría de fase ocurre para $\lambda \leq \frac{1}{3}$ y el rompimiento se obtiene para $\lambda > \frac{1}{3}$. Luego una aproximación en el estado estacionario para \bar{O} es

$$\bar{O} = \lambda(1 + \langle \varepsilon \rangle) \bar{O} + \langle \varepsilon' \rangle \bar{O}. \quad (2-20)$$

Así se tiene que $\lambda_c = \frac{1}{3}$ (ver figura 2.6).

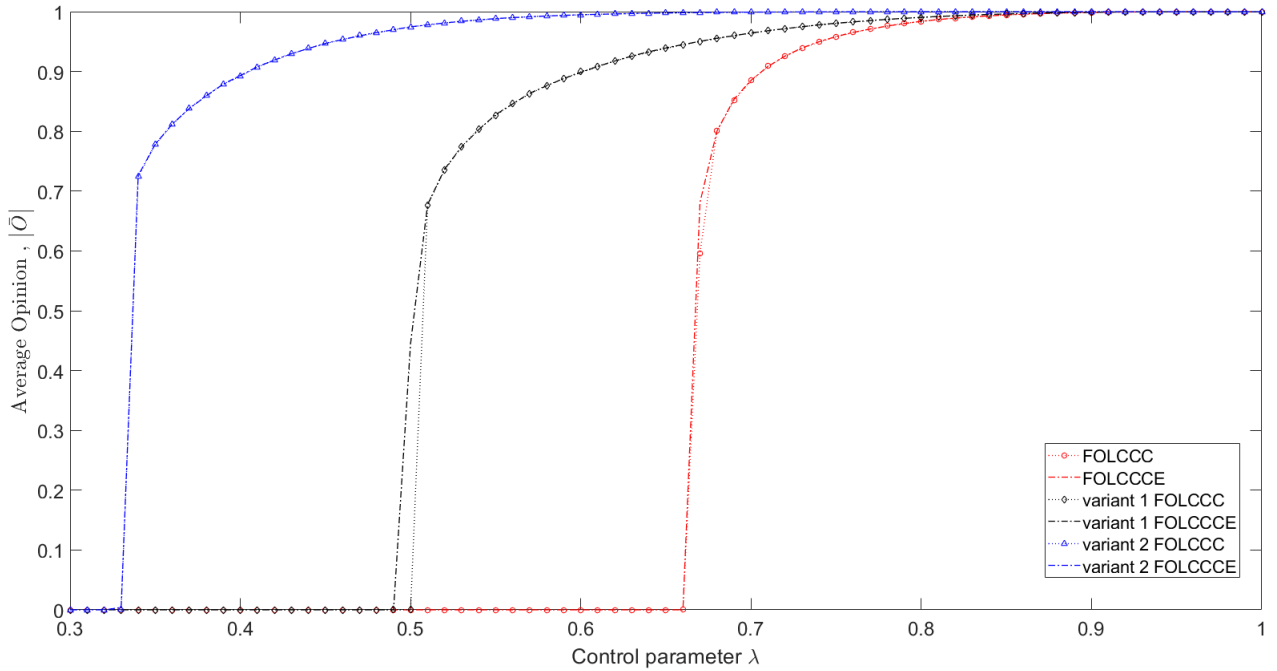


Figura 2.6.: Diagrama de Fase para los modelos FOLCCC y FOLCCCE. Comportamiento del parámetro de orden O . $N=200$ (agentes), $T=1e5$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e3$ (numero de simulaciones).

En la figura 2.6 se muestra la opinión promedio de un grupo de N agentes en función del parámetro λ para el modelo FOLCCC, variante 1 y 2 (líneas continuas). También se muestra una modificación (líneas punteadas), la cual consiste en permitir que el valor de la opinión de cada agentes este únicamente en el rango de $[0, 1]$. A este modelo se le denominará en adelante **FOLCCCE (extendido)**. La diferencia entonces radica en un pequeño corrimiento a izquierda del punto crítico en la variante 2 del modelo.

2.2.6. FOLCCC y FOLCCCE, confianza limitada.

Biswas propone que los agentes compartan su opinión según las reglas de intercambio 2-9 y 2-10 solo cuando $|O_j(t) - O_i(t)| \leq d$. De esta manera se tienen dos casos extremos: (a) cuando $d = 1$, donde se recupera el modelo LCCC usual; (b) $d = 0$, donde los agentes i e j solo intercambian opinión si $O_j(t) = O_i(t)$. Por otro lado, para este modelo se definen 3 estados: el primero cuando la opinión promedio del grupo de agentes es $\bar{O} \neq 0$ (estado ordenado), el segundo cuando $\bar{O} \simeq 0$ con $O_i \neq 0$ para todo i (estado desordenado), y el tercero cuando $O_i = 0$ para todo i con $\bar{O} = 0$ (estado neutral) [43]. Este modelo es una extensión del modelo FOLCCC.

En la figura 2.7 se muestra que el estado ordenado aparece para $\lambda_{c1} \simeq 2/3$ y es independiente del valor de d . Para un valor fijo de d el valor de la opinión promedio del grupo de agentes

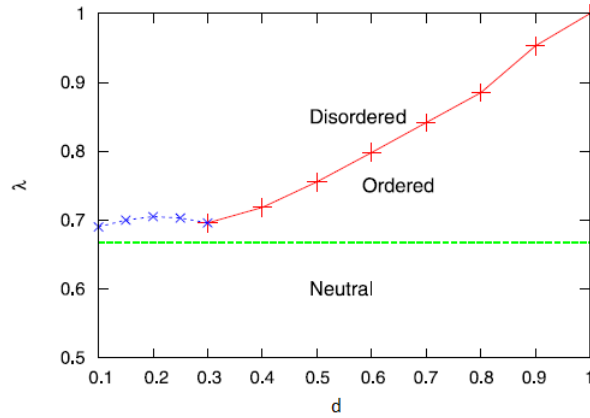


Figura 2.7.: El diagrama de fase en el plano $d - \lambda$ muestra la existencia de una región neutral (para $\lambda \leq \lambda_{c1} \leq 2/3$), una región ordenada y una región desordenada. El orden y el desorden están separados por límite de primer orden (continua en la línea roja) que para $d \geq 0,3$ se obtiene usando un análisis de tamaño de escala finito. Para $d \leq 0,3$, el límite de fase (se rompe en la línea azul) se ha obtenido aproximadamente del comportamiento del parámetro de orden. Tomado de [50].

aumenta a medida que el valor de λ aumenta y disminuye a cero cuando $\lambda \geq \lambda_{c2} > 2/3$, la disminución se hace más pronunciada con d y el tamaño del sistema N . Para $\lambda_{c1} \leq \lambda \leq \lambda_{c2}(d)$ existe una región ordenada donde existen opiniones de un mismo signo. Para $d \geq 0,3$ la transición de fase es de primer orden mientras que para $d \leq 0,3$ la fase ordenada se contrajo a una región más pequeña en el diagrama de fase.

En la figura 2.8 se muestra la comparación de los modelo FOLCCC donde $O_i(t) \in [-1, 1]$ y el modelo FOLCCCE donde $O_i(t) \in [0, 1]$ con sus dos variantes además de considerar la condición $|O_j(t) - O_i(t)| \leq d$. Luego, para un valor de $\mathbf{d}=1$ las diferencias entre los modelos FOLCCC Y FOLCCCE son mínimas. Esta condición muestra que \bar{O} (parámetro de orden) se comporta de manera idéntica a lo que se había mostrado anteriormente en la figura 2.6. De igual manera, para esta condición es posible observar dos estados: (i) el estado neutral, para $\lambda < \lambda_c$, según sea el caso; (ii) el estado ordenado, para $\lambda \geq \lambda_c$, lo cual también coincide con lo mostrado en la figura 2.7. Para $\mathbf{d}=0.9$, se observan cambios significativos. Si se considera el modelo FOLCCC es posible observar que para las reglas de intercambio usuales y sus variantes existen tres estados posibles: (i) el estado neutral, para $\lambda < \lambda_{c1}$ según sea el caso; (ii) el estado ordenado, para $\lambda_{c1} \leq \lambda < \lambda_{c2} \approx 0,93$; (iii) el estado desordenado, para $\lambda \geq \lambda_{c2}$. Mientras que al considerar el modelo FOLCCCE la opinión promedio se comparte de la misma manera que para $\mathbf{d}=1.0$. Lo anterior también coincide con lo mostrado en la figura 2.7.

De igual manera, para $\mathbf{d}=0.5$, el modelo FOLCCC presenta nuevamente tres estados. Sin embargo, en esta ocasión el punto crítico λ_{c2} cambia de valor: (i) el estado neutral, para $\lambda < \lambda_{c1}$ según sea el caso; (ii) el estado ordenado, para $\lambda_{c1} \leq \lambda < \lambda_{c2} \approx 0,74$; (iii) el estado desordenado, para $\lambda \geq \lambda_{c2}$. Se observa también que el valor de opinión promedio alcanza su valor máximo dependiendo de la regla de intercambio. En el modelo FOLCCCE para la regla de intercambio dada por las ecuaciones 2-15 y 2-16 (variante 1) el punto crítico λ_{c1} se traslada tomado un valor aproximado de 0.45 pero siguen existiendo el estado neutral y ordenado. Por otro lado, para las reglas de intercambio dadas por las ecuaciones 2-18 y 2-19 (variante 2) se observa un cambio mínimo en el valor de la opinión promedio para $\lambda < \lambda_{c1}$. Para $\mathbf{d}=0.2$ el modelo FOLCCC presenta nuevamente tres estados. Sin embargo en esta ocasión el valor de λ_{c2} depende de la regla de intercambio. Por ejemplo en el caso de las ecuaciones 2-9 y 2-10 (regla de intercambio usual) $\lambda_{c2} \approx 0,73$, para la variante 1 $\lambda_{c2} \approx 0,75$ y para la variante 2 $\lambda_{c2} \approx 0,65$. Si se considera el modelo FOLCCCE, se observa que la noción de punto crítico se comienza a perder y se convierte en una zona de transición, aunque igualmente están presentes el estado neutro y el ordenado.

A modo de ejemplo en las figuras 2.9 y 2.14, se muestra la distribución de las opiniones de los agentes en el estado de equilibrio, para valores de λ y d específicos.

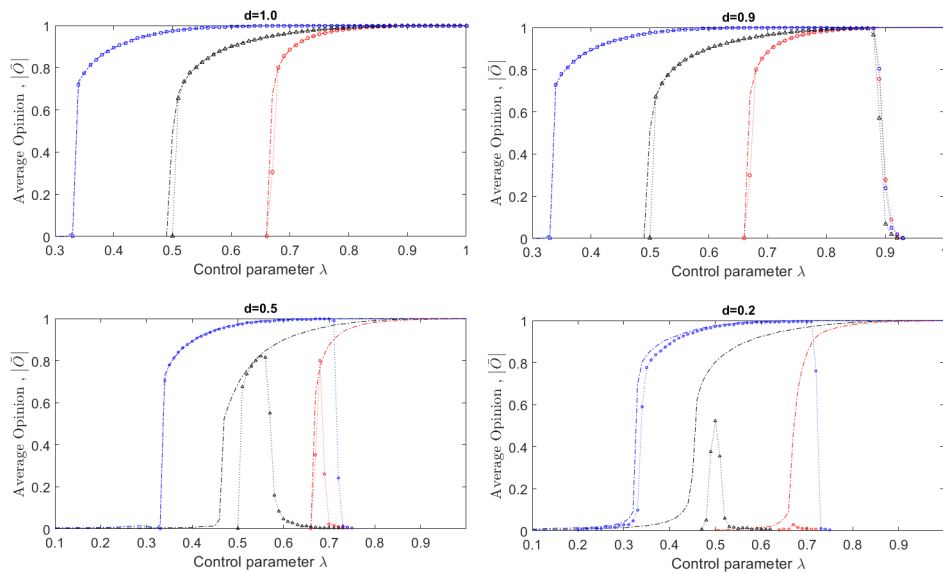


Figura 2.8.: Transición de Fase, Confianza limitada: línea punteada (modelo FOLCCC) , línea semipunteada (modelo FOLCCCE). Rojo (reglas de intercambio usuales), Negro (Variante 1), Azul (Variante 2), Comportamiento parámetro de orden para diferentes valores del parámetro límite d . $N=300$ (agentes), $T=1e5$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).

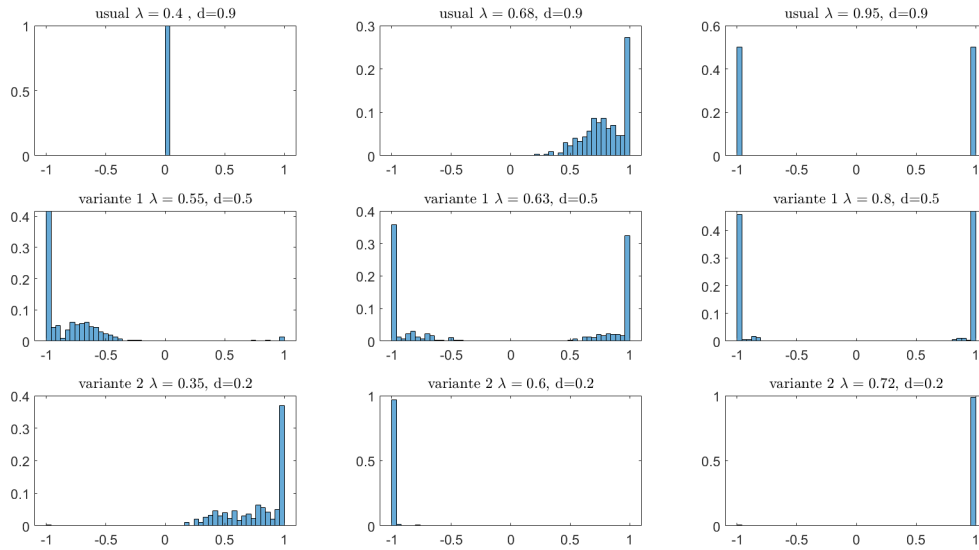
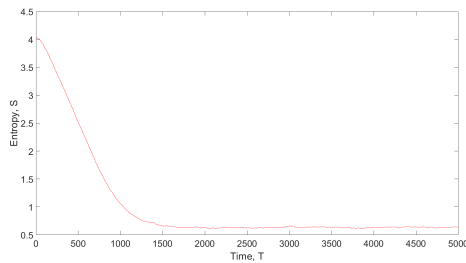
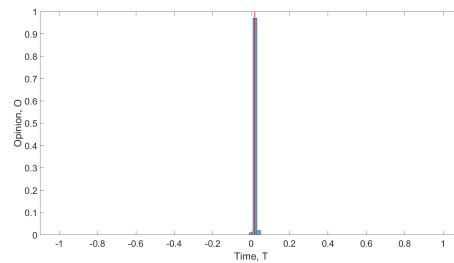


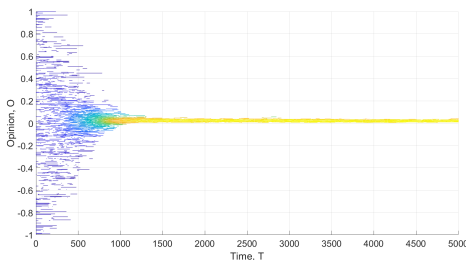
Figura 2.9.: Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Distribución de opinión para diferentes configuraciones: $N=300$ (agentes), $T=1e5$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).



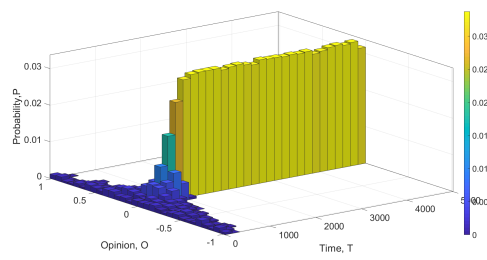
(a) Entropía LCCC4



(b) Histograma 2D LCCC4



(c) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo LCCC4



(d) Histograma 3D LCCC4

Figura 2.10.: Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Configuración LCCC4 ($\lambda = 2/3$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 50 pares de agentes. $N=100$, $T=5e3$. (pasos de tiempo), $bins=100$ (número de particiones para el cálculo de la entropía).

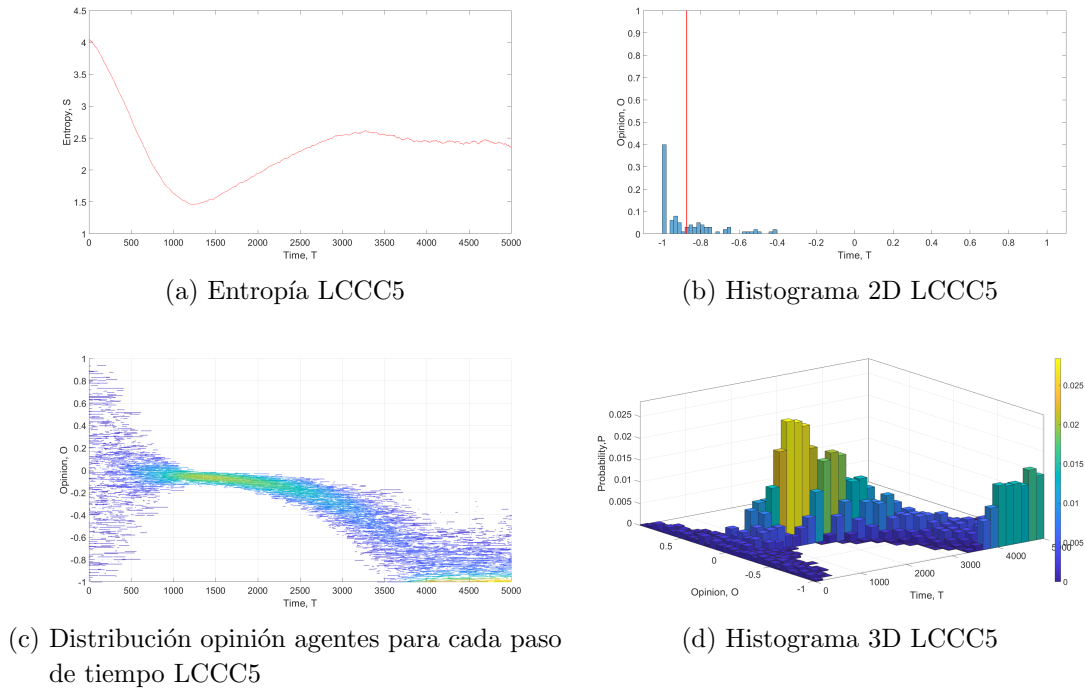


Figura 2.11.: Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Configuración LCCC5 ($\lambda = 0,7$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 50 pares de agentes. $N=100$, $T=5e3$. (pasos de tiempo), bins=100 (número de particiones para el cálculo de la entropía).

La figura 2.12 muestra diferencias con su similar 2.3, limitar la distancia social a la cual los agentes pueden intercambiar su opinión utilizando el parámetro d , ayuda a que la opinión de los agentes se consolide en menos pasos de tiempo. Si bien el consenso en ambas figuras tiende a un valor de opinión igual a cero, el valor mínimo de la entropía. Esto es porque en (2.10b) se observa que el valor de opinión cero tiene una probabilidad aproximada de 0.9 distribuyendo el 0.1 restante en diferentes valores de opinión en el estado de equilibrio.

En la figura 2.11 el valor del parámetro de d logra que la función de entropía tenga un valor mínimo local que se evidencia entre 1000 y 1500 pasos de tiempo (2.11a). Posteriormente los intercambios en el sistema continúan logrando finalmente el equilibrio en $T = 5000$. Para este tiempo distribución de los agentes es heterogénea más no de consenso como en los casos anteriores.

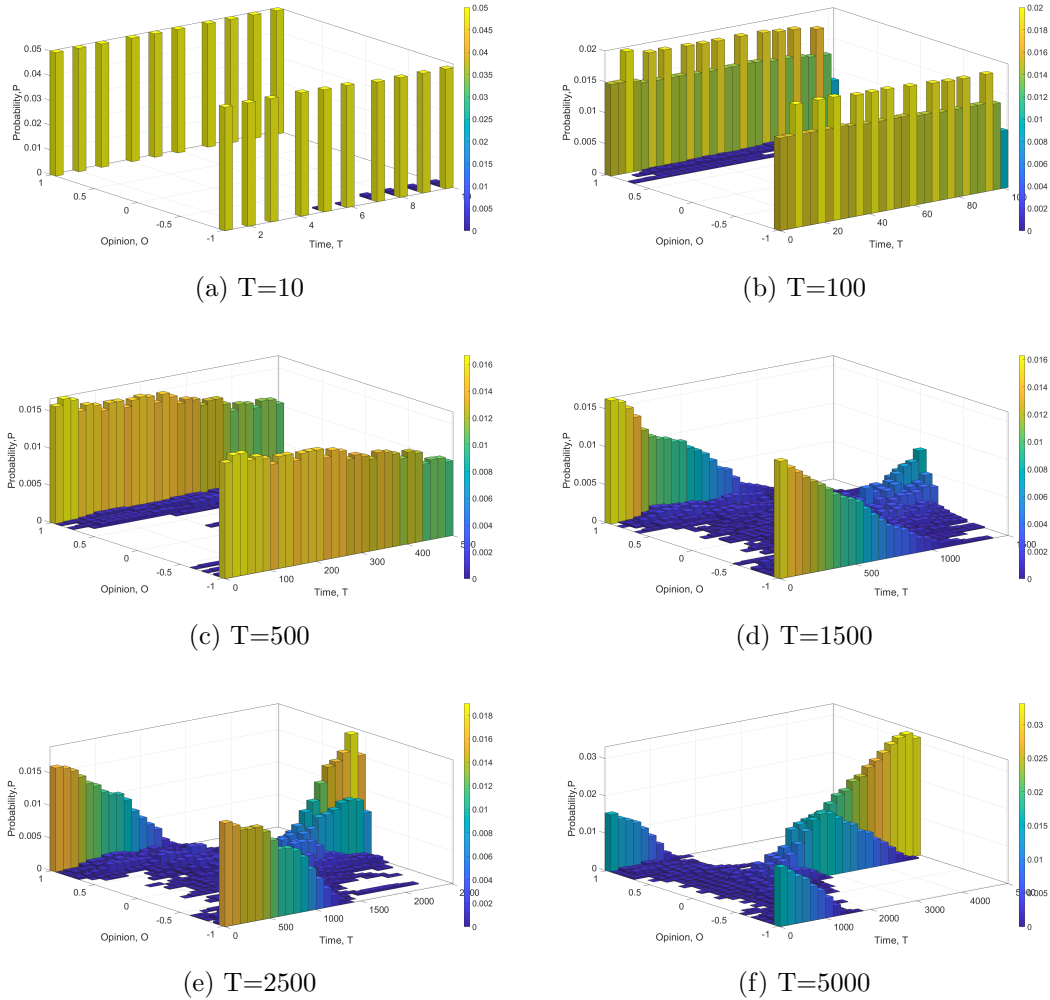


Figura 2.12.: Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Histograma 3D para diferentes pasos de tiempo. Configuración LCCC4($\lambda = 2/3$, $d = 0,75$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 100 pares de agentes. $N=200$ (agentes).

En la figura 2.12 se muestra la distribución de opinión de los agentes para diferentes pasos de tiempo haciendo uso de un histograma en 3D. En $t=0$ se define para el sistema un estado inicial donde la mitad de los agentes tiene una opinión igual a -1 y la otra mitad igual a +1. Para pasos de tiempo entre $0 \leq T \leq 500$ es posible afirmar que pocos agentes tienen opinión con valores entre $[-0,5, 0,5]$; esto tiene que ver con el valor asociado al parámetro d que pasa el caso es 0,75 diferente a los mostrado en (2.3d) donde el valor de d podría asumirse como 1. Algo similar también se pudo observar en (2.13d).

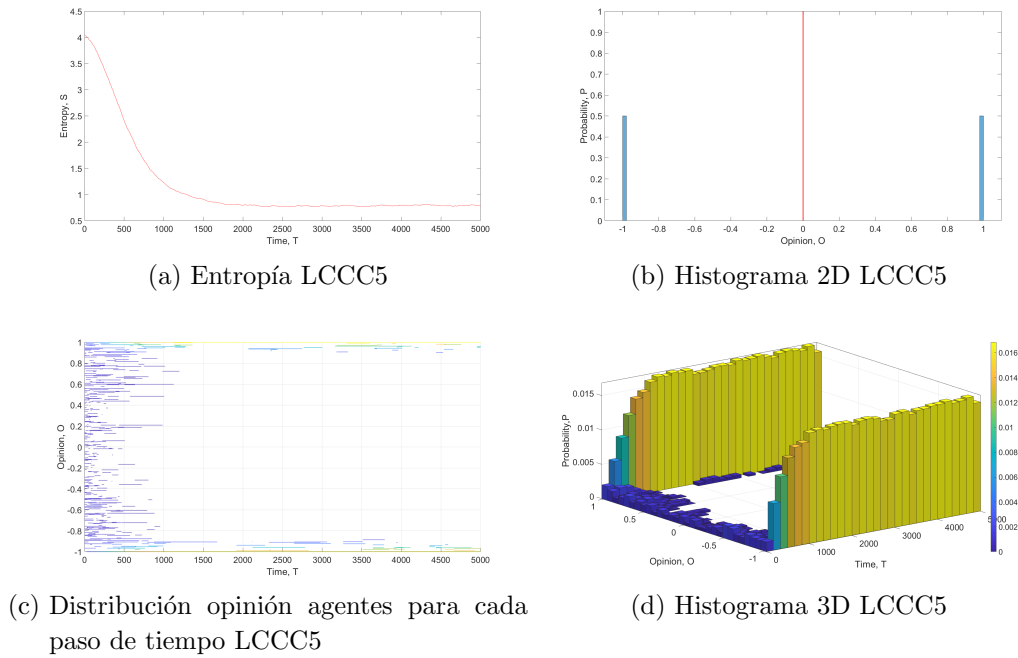


Figura 2.13.: Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Configuración LCCC5($\lambda = 0,9$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 50 pares de agentes. $N=100$ (agentes), $T=5e3$. (pasos de tiempo), bins=100 (número de particiones para el cálculo de la entropía).

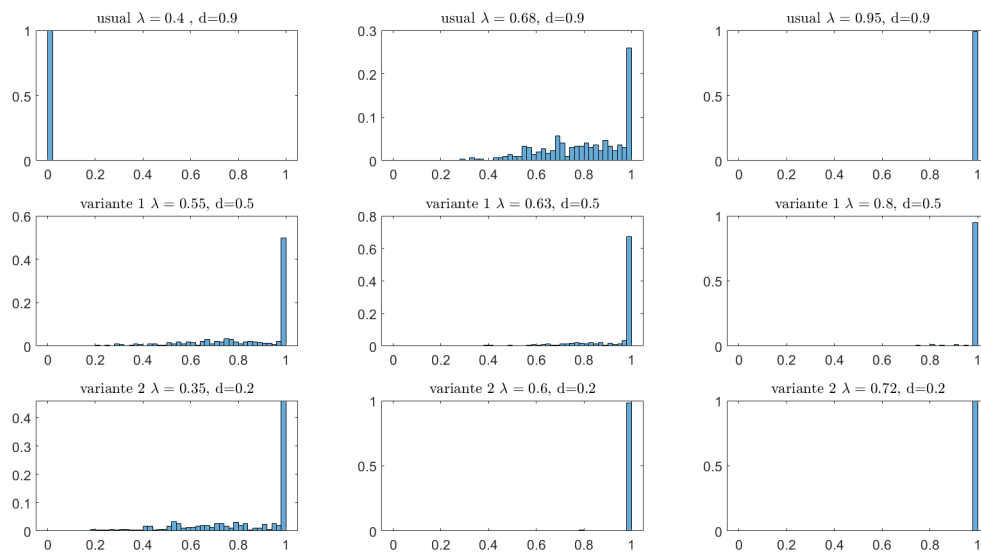
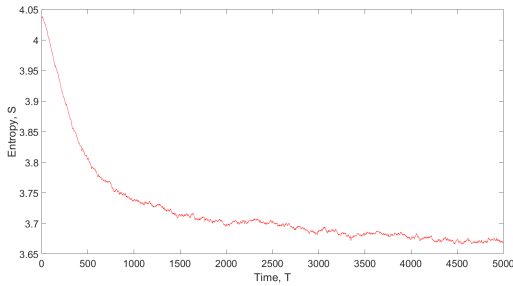
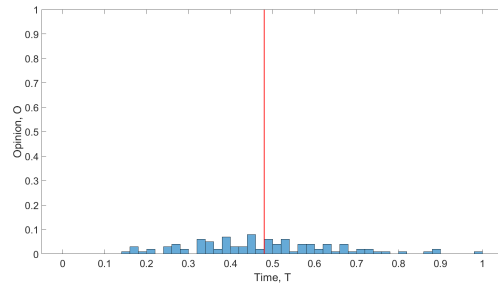


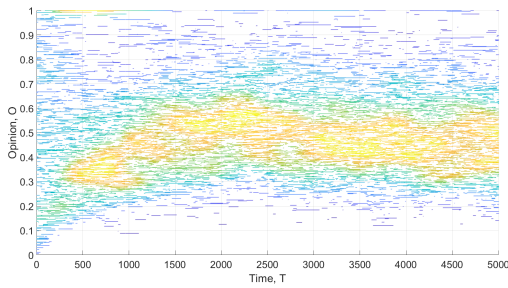
Figura 2.14.: Modelo FOLCCCE con confianza limitada d , Distribución de opinión para diferentes configuraciones: $N=300$ (agentes), $T=1e5$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).



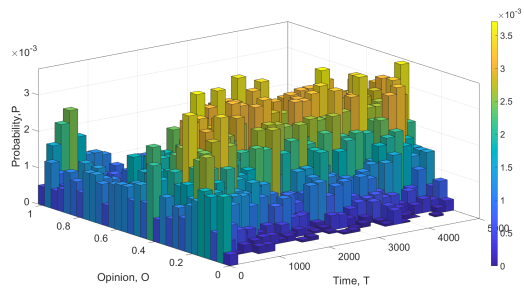
(a) Entropía LCE1



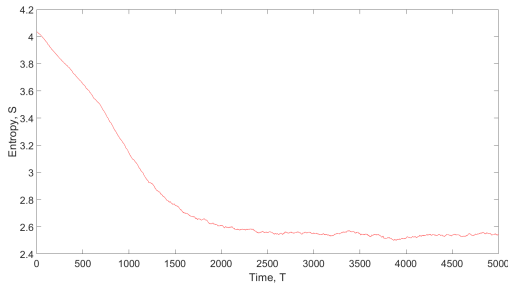
(b) Histograma 2D LCE1



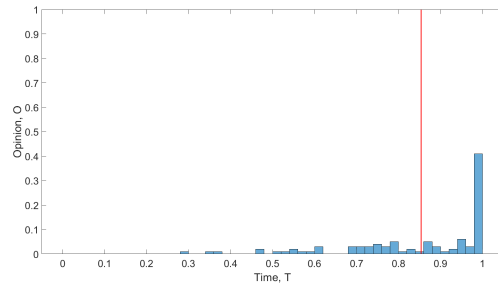
(c) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo LCE1



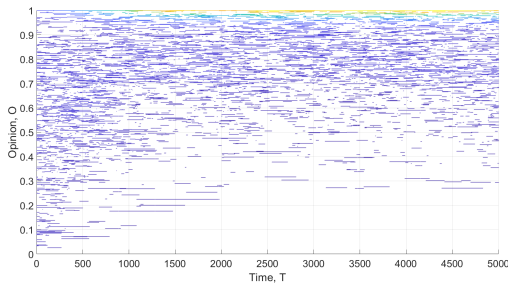
(d) Histograma 3D LCE1



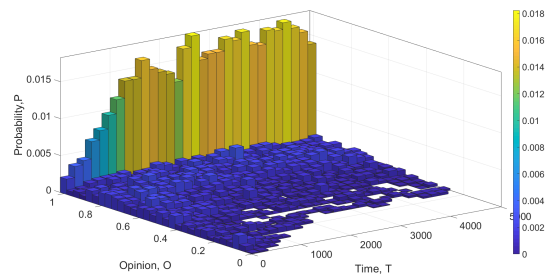
(e) Entropía LCE2



(f) Histograma 2D LCE2



(g) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo LCE2



(h) Histograma 3D LCE2

Figura 2.15.: Modelo FOLCCCE con confianza limitada d , Configuraciones LCE1($\lambda = 2/3$, $d = 0,5$) y LCE2($\lambda = 0,7$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 100 pares de agentes. $N=100$, $T=5e3$. (pasos de tiempo), $N=100$ (agentes), bins=100 (número de particiones para el cálculo de la entropía)..

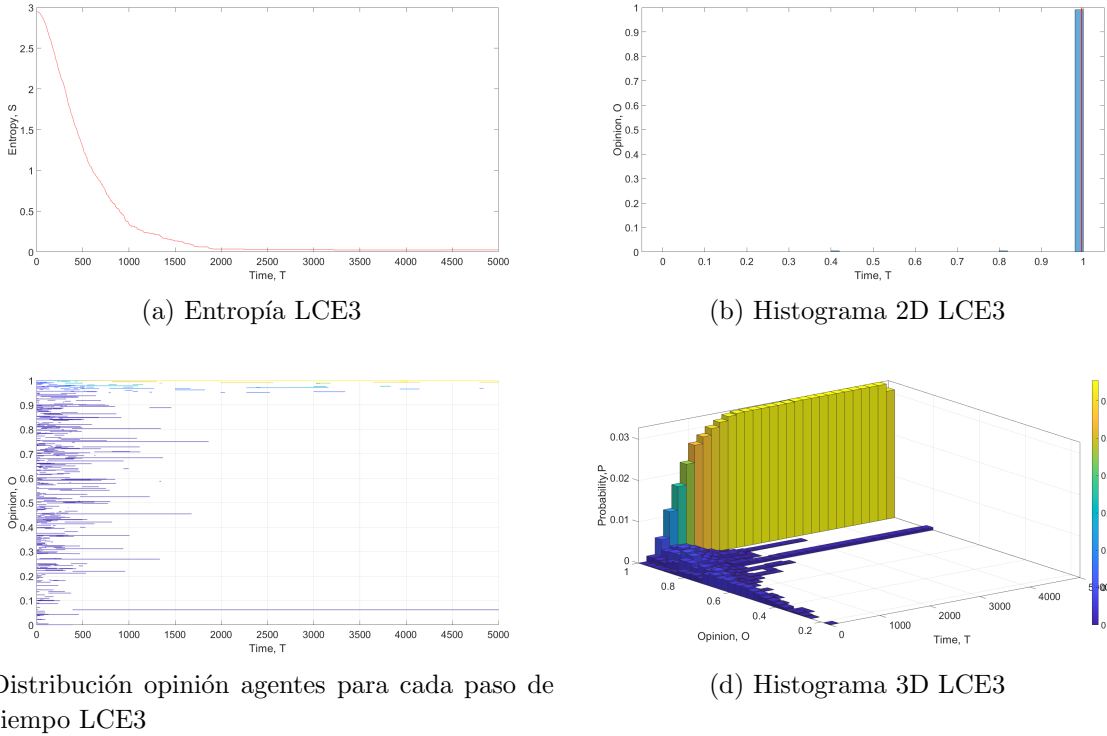


Figura 2.16.: Modelo FOLCCCE con confianza limitada d , Configuraciones LCE3($\lambda = 0,9$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 50 pares de agentes. $N=100$, $T=5e3$. (pasos de tiempo), $N_{sim}=50$ (número de simulaciones).

En la figura 2.10 se muestra la entropía de Shannon y la distribución de la opinión de los agentes para dos configuraciones diferentes cuando se permite que exista un límite en la diferencia de opinión entre las opiniones de los agentes i y j en el intercambio. La consecuencia de este límite se evidencia de forma clara en (2.13c) comparada con (2.3c), puesto que la forma en la cual se distribuye la opinión en el tiempo sufre un corrimiento a la derecha, además de presentar un agujero para tiempos cercanos al inicio del intercambio. Por otro lado, en la figura 2.10 se observa un cambio en la tendencia de evolución de la entropía: ahora es creciente y cóncava hacia abajo (2.13a), mostrando que la opinión promedio del grupo de agentes tiende a cero (2.13b). En las figuras 2.15 y 2.16 se muestra la entropía y la distribución de opinión de los agentes para el modelo FOLCCCE. A partir de (2.15b) es posible afirmar que la modificación del rango en la opinión de los agentes al pasar de $[-1, 1]$, en el modelo de FOLCCC, a $[0, 1]$, en el modelo FOLCCCE, permite que la opinión se distribuya de manera continua cerca al centro de la distribución, lo cual también se evidencia en (2.15c).

Serge Galam en 1982 propuso un modelo para describir el comportamiento de una huelga, haciendo referencia a un entorno microscópico y macroscópico. Para el primero de ellos de-

fine los conceptos de: (a) producción individual, refiriéndose a la medida de la cantidad de producción de un individuo (agente i) dentro un número N de agentes; (b) producción individual normalizada, refiriéndose a dos estados del agente (estar o no en huelga), (c) contacto, en alusión a la medida de interacción mutua entre agentes. Mientras que para el segundo enfoque macroscópico, define los conceptos de: (a) producción promedio normalizada, como el promedio de la producción individual de todos los agentes; (b) permeabilidad social, que mide la posible respuesta de un individuo a cierta influencia debido a la atmósfera social en la que está inmerso, y (c) salario efectivo, que incluye el salario del trabajador, así como las reglas de antigüedad, pensión y derechos de vacaciones, etc. [6]. Más adelante, en 1991 propone otro modelo para describir fenómenos colectivos y actitud usando un modelo de Ising, y muestra cómo medir el grado de convergencia o divergencia, es decir el grado de acuerdo o conflicto de los agentes implicados [7].

Teniendo en cuenta los conceptos de contacto e interacción previamente mencionados, se propone para esta tesis el parámetro **Descriptor D** , que comparte similitudes con el parámetro de orden \bar{O} **Opinión promedio**, el cual se expresa como

$$D = \sum O_i O_j; \quad (2-21)$$

y por otro lado, la varianza asociada al parámetro de orden,

$$V = E(\bar{O}^2) - E(\bar{O})^2. \quad (2-22)$$

Es posible realizar una simulación de Monte Carlo usando las reglas de intercambio dadas por las ecuaciones 2-9 y 2-10, donde se han supuesto ϵ iguales y diferentes para valores de opinión entre $[0, 1]$, obteniendo los resultados mostrados en la figura 2.17. En ésta figura se observa que la diferencia entre suponer ϵ diferentes y ϵ iguales radica en la rapidez de la convergencia hacia un consenso. Por lo tanto, los puntos críticos se mantienen con el mismo valor, mientras las alturas en la varianza disminuyen un poco. Se nota casi de inmediato, las similitudes entre el parámetro de orden \bar{O} y el descriptor D . Por lo tanto, se podría decir que el descriptor funciona también como un parámetro de orden. En la figura 2.18 se ha considerado el modelo FOLCCCE tomando $|O_j(t) - O_i(t)| \leq d$, donde en $t = 0$ a cada agente en el sistema se le asignó un valor de opinión aleatorio entre $[0, 1]$, mediante el uso de una función de distribución uniforme. Se muestra que a medida que el parámetro el d (que limita el intercambio de opinión) tiende a cero, el estado neutral sufre modificaciones y el parámetro de orden tiende a 0,5 mientras el descriptor tiende a $2e4$, y así mismo se pierde la noción de punto crítico y se convierte en una región de transición. El cambio de fase ahora no es espontáneo. Por otro lado, la varianza sufre cambios considerables en su forma funcional y orden de magnitud.

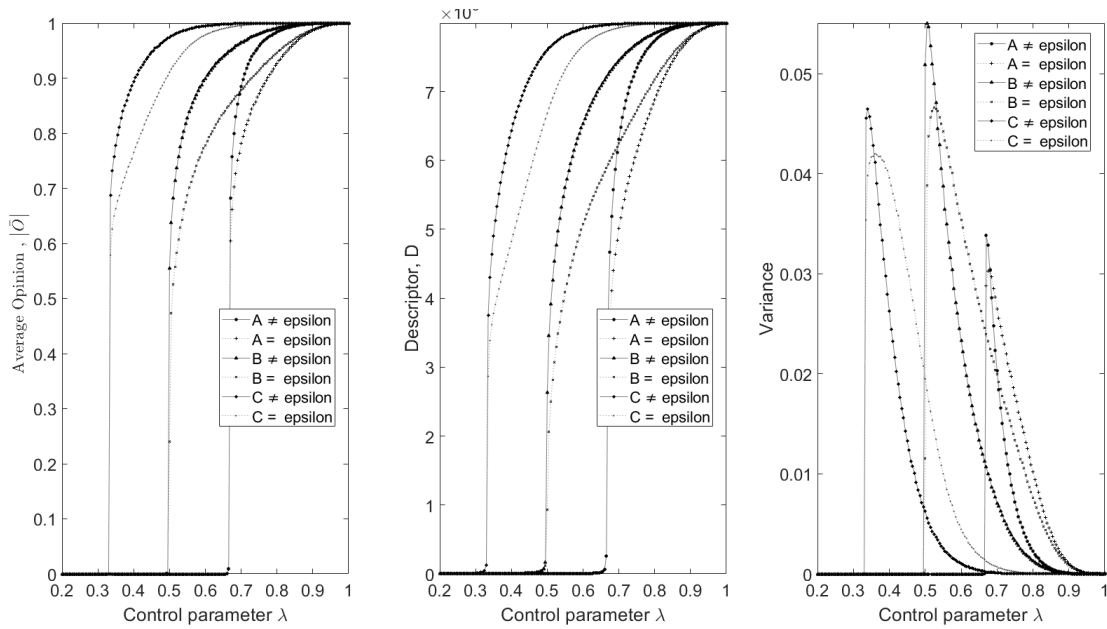


Figura 2.17.: Diagrama de fase, descriptor y varianza para el modelo de FOLCCCE, A: FOLCCC Usual, B: Variante 1, C: Variante 2. 'Comportamiento del parámetro de orden O '. $N=1000$ (agentes) , $T=8e4$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).

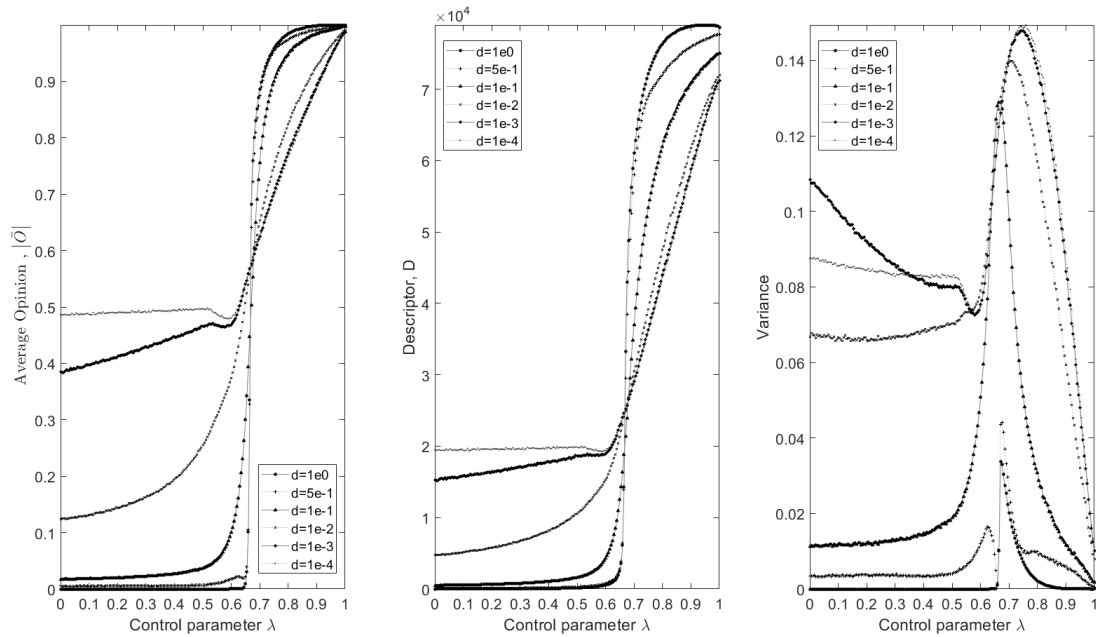


Figura 2.18.: Diagrama de fase, descriptor y varianza para el modelo de FOLCCCE, donde el valor de intercambio de opinión esta restringido por d . 'Comportamiento del parámetro de orden O '. $N=1000$ (agentes) , $T=8e4$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).

2.3. Análisis de la entropía en los modelos cinéticos

En las figuras 2.1 y 2.2 es evidente el cambio que sufre la función de la entropía al cambiar el valor de los parámetros en las reglas de intercambio 2-1 y 2-2. En la figura 2.19, correspondiente al modelo FOD, se muestra que el cambio en dicha función no sólo tiene que ver con el valor de los parámetros, pues también tiene que ver con el tamaño del sistema. Para el caso en el cual el parámetro de convergencia μ (que en adelante se denominará D) es igual al parámetro $d = 0,5$ la entropía alcanza un valor mínimo e igual a cero para los tamaños de $N=200, 500, 1000, 1500$ y el número de pasos de tiempo máximo en la simulación para que se alcance el equilibrio es del orden de $T = 3e4$. Para el caso en el cual se tiene dos picos, figura 2.1 ($D = 0,5$ y $d = 0,2$), la función de entropía converge a un valor cercano a 0.75 para todos los tamaños y para alcanzar el equilibrio los pasos de tiempo máximo son del orden de $T = 6e4$. Cuando el número de picos aumenta figura 2.2 ($D = 0,5$ y $d = 0,1$), la función de entropía converge a 1.5, aproximadamente, y los pasos de tiempo máximo que son requeridos para alcanzar el equilibrio superan el orden de $T = 1e5$. En conclusión, cuando en el modelo de FOD se cambia el valor de los parámetros sin cambiar el tamaño del sistema, se requiere cambiar el número de pasos tiempo en ordenes de magnitud para conseguir la estabilidad de la función entropía (equilibrio). Por otra lado, si se cambia el tamaño del sistema dejando del valor de los parámetros fijo también se requieren más pasos de tiempo, pero no es necesario cambiar su orden de magnitud.

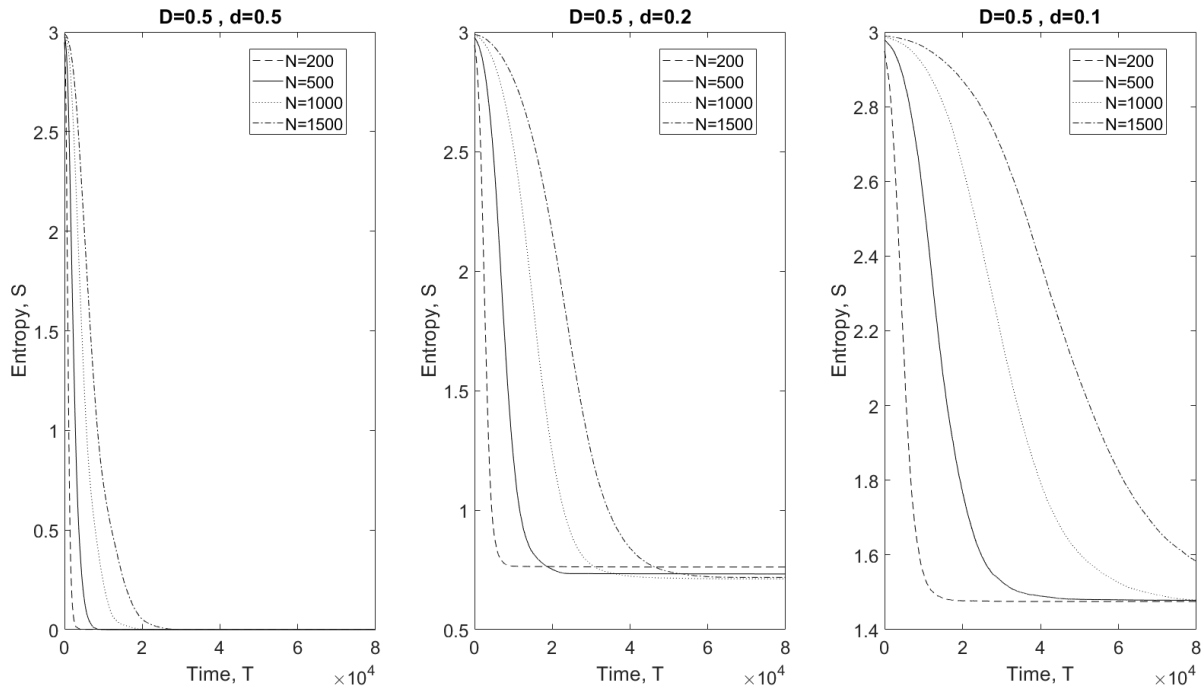


Figura 2.19.: Modelo FOD. Entropía para diferentes valores de convicción (D) y parámetro límite (d). $T=8e4$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).

En la figura 2.21 se muestra el análisis de la entropía para el modelo FOLCCCE y las dos variantes mencionadas anteriormente, sin tener en cuenta el parámetro de confianza limitada. Para todos los casos, se seleccionan intencionalmente valores de $\lambda \in [0, 1]$ cercanos a los puntos extremos cercanos al punto donde ocurre la transición de fase en cada caso. Se encuentra que, independientemente de la variante al modelo FOLCCCE que se considere, la función entropía diverge para valores de λ cercanos al λ_c , según el caso y el tamaño del sistema, mientras que para valores de λ cercanos a los extremos, la función de la entropía se comporta suavemente. En el caso que se quieran realizar simulaciones con valores de λ cercanos al λ_c se sugiere tomar un tamaño de sistema grande para encontrar la estabilidad en el sistema (ver figura 2.20).

Para la condición $\lambda = 2/3$ y $N = 1500$ en la figura 2.20, la función de densidad de probabilidad para la opinión de los agentes se puede ajustar a una función Jhonson SB, cuya forma funcional es $f(x) = \frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi z(1-z)}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right)$, donde γ y δ son parámetros de forma, λ parámetro de escala y $z = \frac{x-\xi}{\lambda}$ con ξ parámetro de localización. Para el ajuste, se debe utilizar ($\gamma = 1,4366$, $\delta = 2,1648$, $\lambda = 1,4835$, $\xi = -0,01712$).

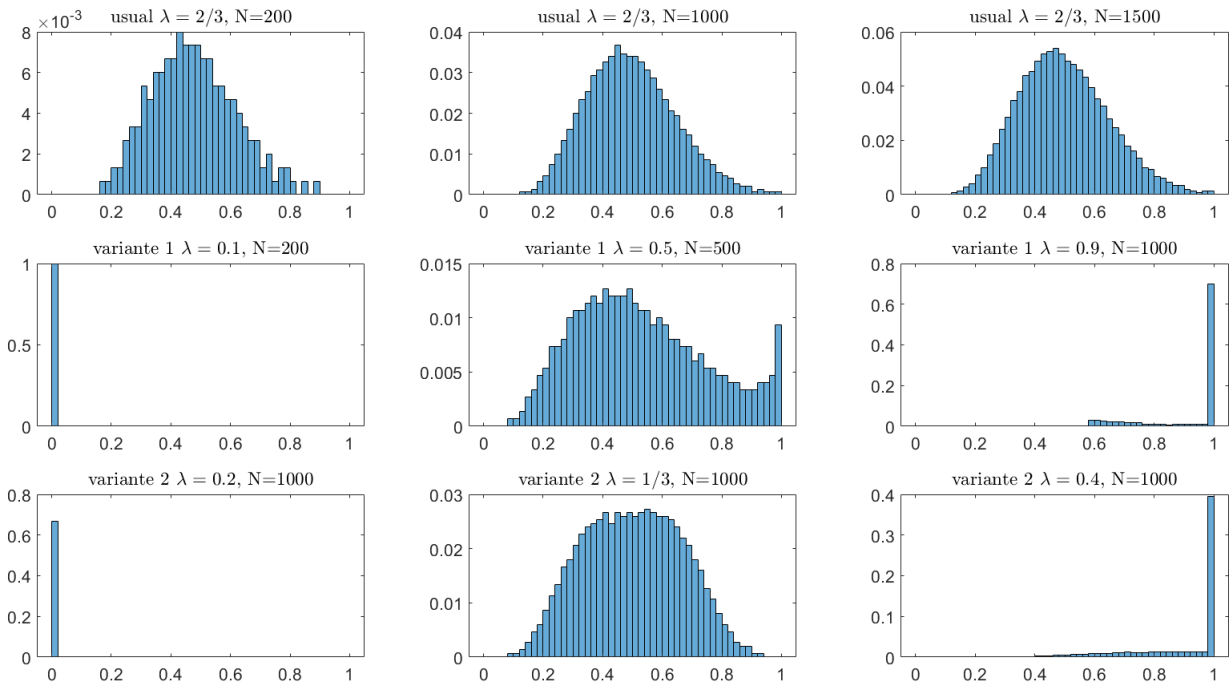
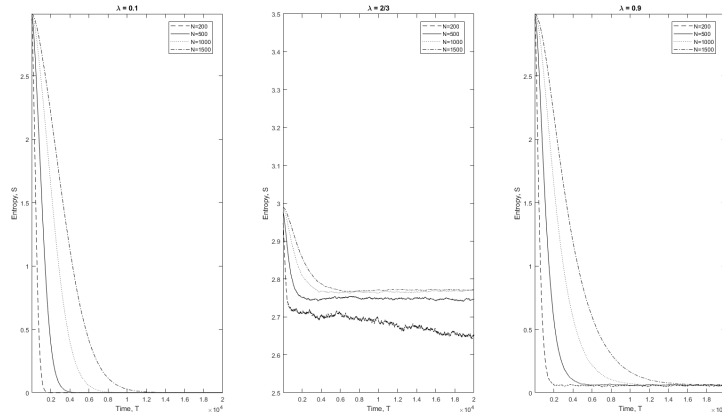
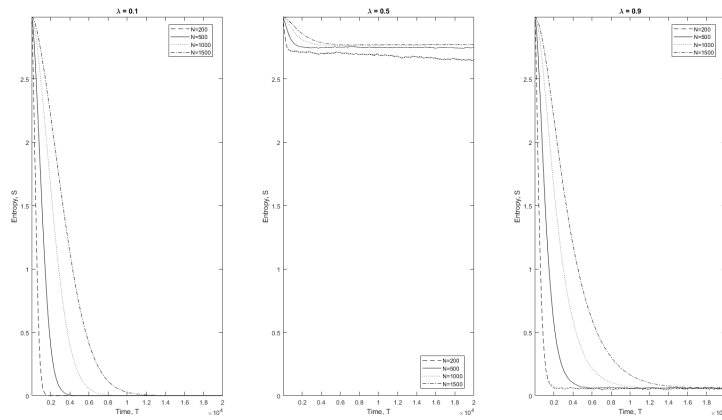


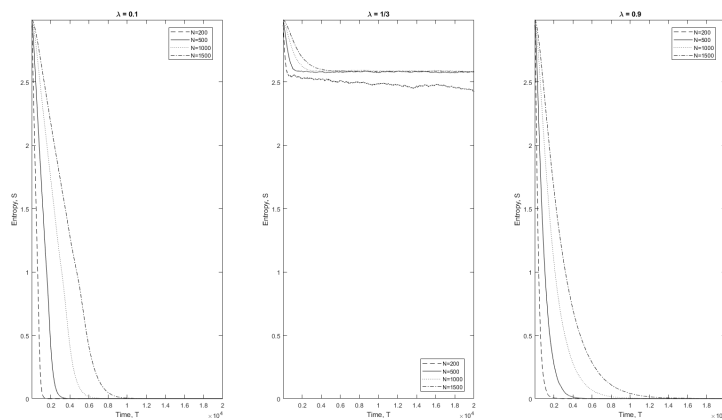
Figura 2.20.: Modelo FOLCCM. Distribución de opinión para diferentes configuraciones. $T=2e4$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).



(a) Modelo usual



(b) Variante uno



(c) Variante dos

Figura 2.21.: Modelo FOLCCCE y sus variantes. Entropía para diferentes valores del parámetro de convección. $T=8e4$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).

A partir de la figura 2.21, también es posible afirmar que la función de entropía para los tres casos de estudio (a), (b) y (c) se comporta de manera estable, independientemente del tamaño del sistema para el caso lejos del λ crítico. Para el caso λ cercanos al cambio de fase, la función de entropía diverge de manera considerable para tamaños de sistema menores a 500 y tiende a ser estable para tamaños de sistema superiores a 1000. Lo anterior sugiere, que para estudios posteriores del modelo FOLCCC y sus variantes se hace necesario seleccionar tamaños de sistemas acordes para no tener inconvenientes con la convergencia de la entropía, puesto que no hacerlo puede conducir a funciones de distribución de opinión diferentes, según el caso. Por otro lado, se observan similitudes en el orden de los pasos de tiempo en la simulación para un λ dado. También es posible afirmar, dependiendo del valor de λ , que la entropía igual que en el modelo FOD, puede converger a valores diferentes de cero.

3. Modelo cinético de formación de opinión nuevo (FON)

En el presente capítulo se presenta un modelo cinético de formación de opinión nuevo (FON), objeto principal de esta tesis de maestría, el cual resulta de la superposición del modelo cinético de formación de opinión de Deffuant (FOD) y del modelo cinético de formación de opinión de Lallouache, Chakrabarti, Chacrabarti y Chakrabarti extendido (FOLCCCE). Gracias a la mencionada superposición, y de acuerdo con los valores que tomen ciertos parámetros de entrada que son parte del nuevo modelo, cuando el sistema se encuentra en un estado de equilibrio se pueden presentar las siguientes configuraciones macroscópicas: (i) homogeneidad caracterizada por la polarización de los agentes, es decir que una sola opinión o algunas pocas opiniones son tomadas por la totalidad o por la mayoría de los agentes del sistema, de tal forma que se reproducen por separado los resultados de los modelos de FOD y de FOLCCCE, siendo estos dos modelos casos particulares del nuevo modelo que se presenta; (ii) heterogeneidad, caracterizada por una diversidad de opiniones que se distribuyen de forma continua entre todos los agentes, con lo cual se encuentran patrones de distribución que puede ser ajustados a algunas determinadas funciones de distribución bien conocidas. Se muestra el análisis del modelo, considerando las diferentes configuraciones (diferentes rangos para valores de los parámetros asociados a la regla de intercambio), donde para cada una de ellas se estudia el parámetro de orden \bar{O} , el descriptor dado por la ecuación 2-21, la varianza 2-22 y las funciones de probabilidad asociadas al equilibrio en cada caso. El modelo FON esta motivado en la necesidad de aplicar los modelos cinéticos de opinión en la reproducción de datos empiricos y tener una perspectiva desde la sociofísica a sistemas reales.

Siguiendo las ideas del modelo FOD y del modelo FOLCCCE con sus variantes, a continuación se presenta el modelo FON, donde el sistema esta conformado por N agentes con valores de opinión $O_i(t)$ entre $[0, 1]$ como se mostró en el FOLCCCE. Para $t = 0$ se asigna a cada agente un valor de opinión de manera aleatoria siguiendo una distribución uniforme. El modelo FON permite para cada paso de tiempo posterior el intercambio binario entre pares de agentes i y j haciendo uso de la siguiente regla:

$$\begin{aligned} O_i(t+1) &= \|\Omega_i - \lambda[O_i + \varepsilon O_j(t)]\|, \\ O_j(t+1) &= \|\Omega_j + \lambda[O_j + \varepsilon O_i(t)]\|, \end{aligned} \tag{3-1}$$

donde se ha definido el operador $\|x\|$ como

$$\|x\| = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 0 \\ \text{intercambio} & \text{si } 0 \leq x \leq 1 \\ 1 & \text{si } x > 1, \end{cases} \quad (3-2)$$

con Ω_i y Ω_j como

$$\begin{aligned} \Omega_i &= O_i(t) + D[O_j(t) - O_i(t)], \\ \Omega_j &= O_j(t) + D[O_i(t) - O_j(t)]. \end{aligned} \quad (3-3)$$

Es necesario que el intercambio opinión se ajuste a un limite mediante $|O_i(t) - O_j(t)| \leq d$. El modelo FON mantiene los parámetros de convergencia D y limite d del modelo FOD, adicionando el parámetro de convicción λ del modelo FOLCCCE. El valor de ϵ corresponde a un número aleatorio entre 0 y 1 para cada paso de tiempo, el cual se obtiene de una función de distribución uniforme. El rango de valores para los parámetros λ , D , d está entre $[0, 1]$.

Con el fin de realizar un análisis exhaustivo del modelo, se realizan varias simulaciones de Monte Carlo, utilizando conjuntos diferentes de parámetros (λ, D, d) , llamados configuraciones, tal que para cada una de ellas se obtienen estados y funciones de distribución de opinión diferentes, según sea el caso. Bajo la luz del artículo propuesto por Latané [3], para el modelo FON el parámetro λ juega el papel de convicción o actitud individual, es decir mide el grado de convencimiento que el individuo tiene sobre su propia opinión; el parámetro D juega el papel de persuasión, es decir la capacidad que tiene un individuo de convencer al otro de su opinión, y por ultimo el parámetro d , que juega el papel de distancia social a otro individuo con el cual se desea intercambiar opinión, hace referencia a que tan distante esta la opinión de un agente respecto a otro.

3.1. Análisis de configuraciones

Con el objetivo de mostrar que el modelo FON reproduce los resultados de los modelos FOD y FOLCCCE, se tomarán las siguientes configuraciones en función de los parámetros de la regla de intercambio mostrada en la ecuación 3-1:

- i) **Homogeneidad FOD**, teniendo en cuenta que en el modelo FOD el valor de la $\bar{O} \neq 0$ (para cualquier combinación de parámetros D y d), entonces solo existe el estado ordenado, que se obtiene de forma básica anulando en el modelo FON el aporte del modelo

FOLCCCE cuando $\lambda = 0$, dejando variar libremente los parámetros D y d (ver figura 3.1). En esta configuración se obtienen tres diferentes tipos de consenso. Por otro lado; una forma de reproducir el resultado mostrado en la 3.1b es considerar una configuración donde $(\lambda + D) < 1$, $D < \lambda$, $d \leq (\lambda + D)$ para $D \neq 0$ y $(0,1 \leq \lambda \leq 0,5)$ (ver figura 3.2). Otra forma de reproducir el mismo resultado es suponer $D = 0$ en cuyo caso deberá cumplirse que $0 \leq d \leq 0,7$ con $0,1 \leq \lambda \leq 0,5$. Como ejemplo se tomará la configuración $(\lambda = 0,2, D=0, d=0.5)$, anulando una sección de la regla de intercambio asociada al modelo FON (ver figuras 3.3 y 3.4) e incluso recuperando el valor de $\bar{O} \approx 0,5$. De esta manera se muestra que el consenso alcanzado en el FDO, puede reproducirse de varias formas con el modelo propuesto FON. En la figura 3.5 se muestran otras posibles configuraciones para este último resultado. Sin embargo la opinión promedio cambia.

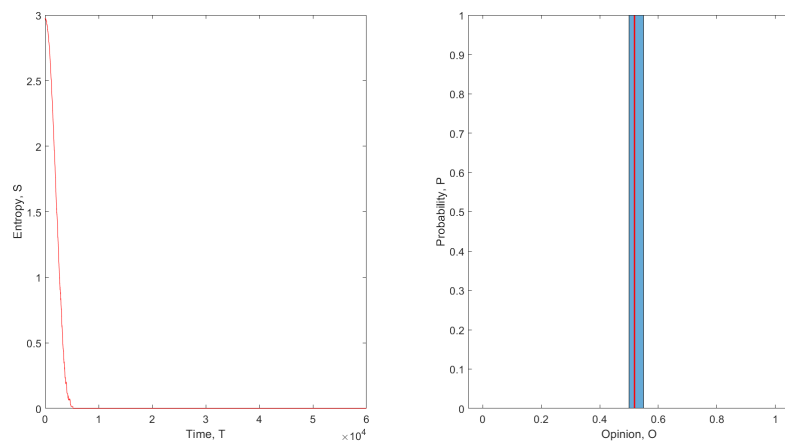
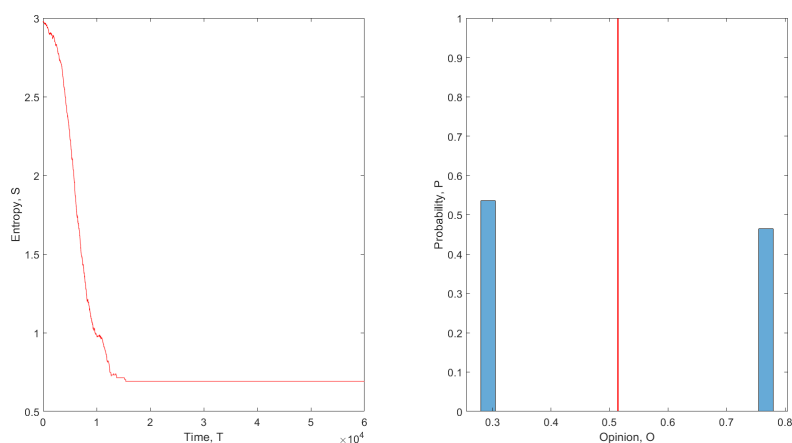
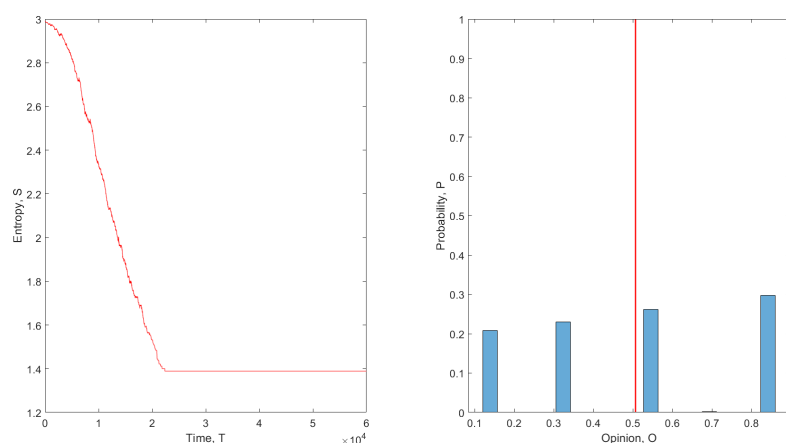
(a) $D=0.5$, $d=0.5$ (b) $D=0.5$, $d=0.2$ (c) $D=0.5$, $d=0.125$

Figura 3.1.: Modelo FON, Configuración de homogeneidad FOD ($\lambda = 0$). Entropía e histograma normalizado (la línea roja muestra el valor de \bar{O}), $N=500$ (agentes), $T=6e4$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).

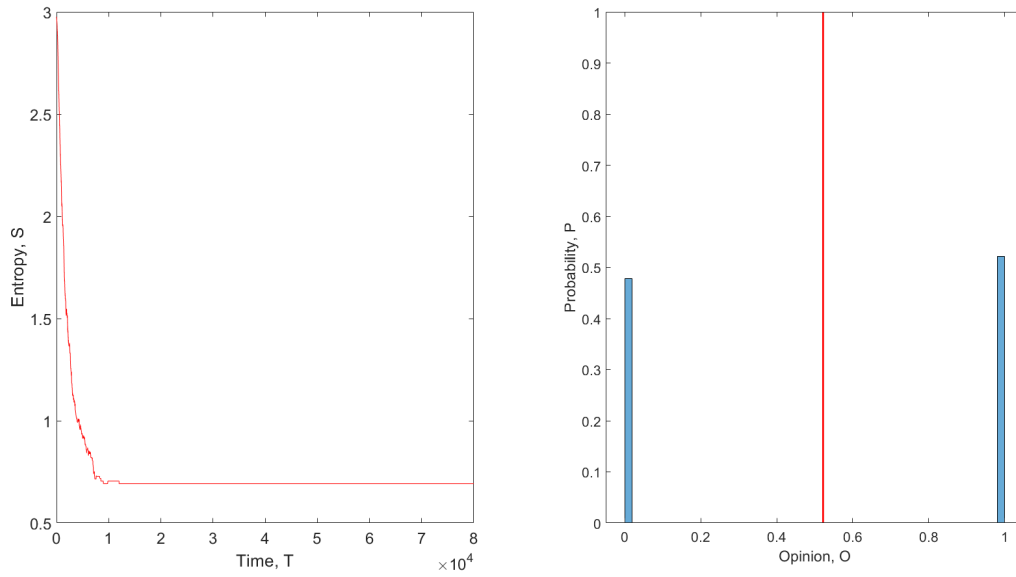


Figura 3.2.: Modelo FON, Configuración de homogeneidad FOD ($\lambda = 0,4$, $D=0,3$, $d=0,8$). Entropía e histograma normalizado (la línea roja muestra el valor de \bar{O}), $N=500$ (agentes), $T=6e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).

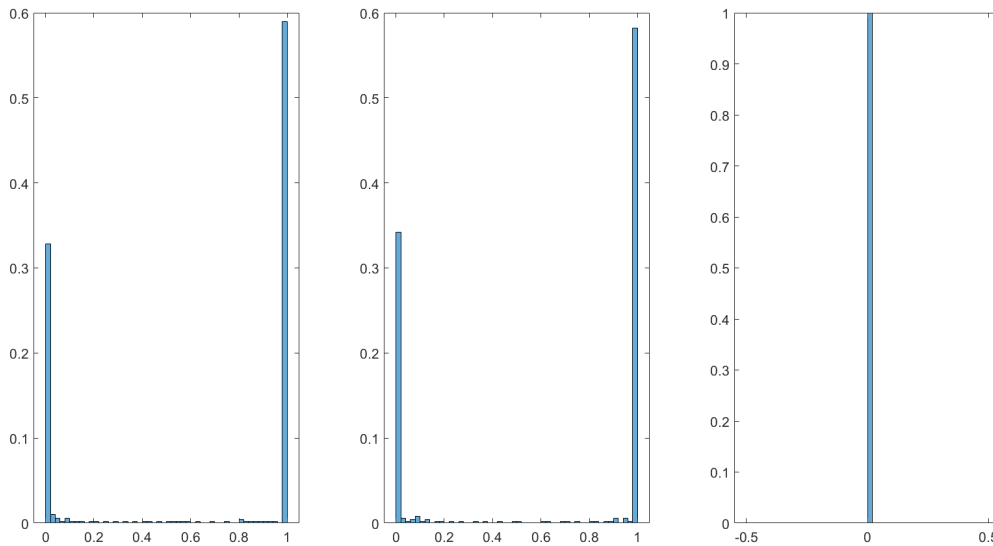


Figura 3.3.: Modelo FON, histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones: izquierda ($\lambda = 0,50$, $D = 0,30$, $d = 0,1$), centro ($\lambda = 0,4$, $D = 0,30$, $d = 0,371$), y derecha ($\lambda = 0,80$, $D = 0,30$, $d = 0,371$). $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).

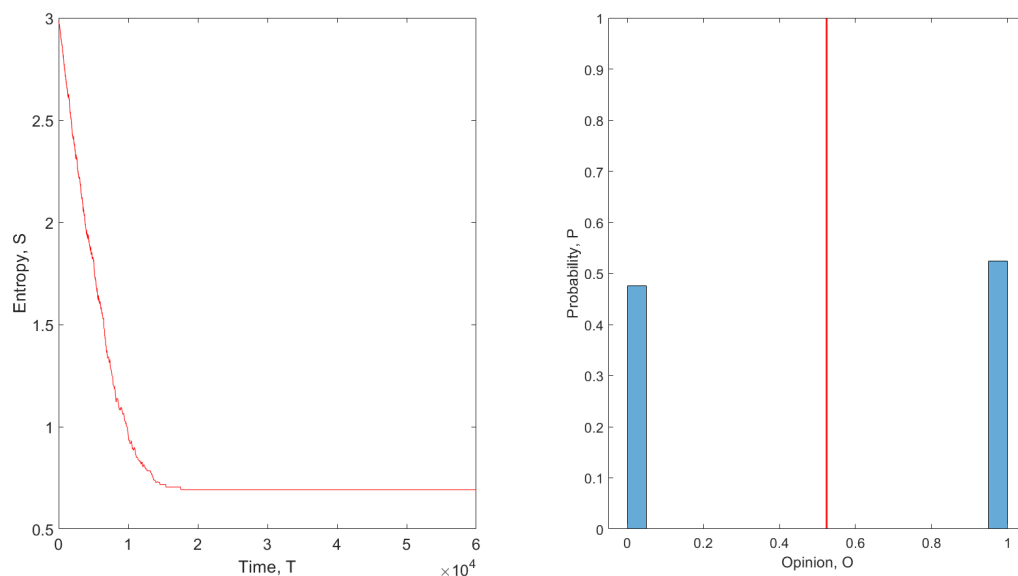


Figura 3.4.: Modelo FON, Configuración de homogeneidad FOD ($\lambda = 0,2$, $D=0$, $d=0.5$). Entropía e histograma normalizado (la línea roja muestra el valor de \bar{O}), $N=500$ (agentes), $T=6e4$ (pasos de tiempo).

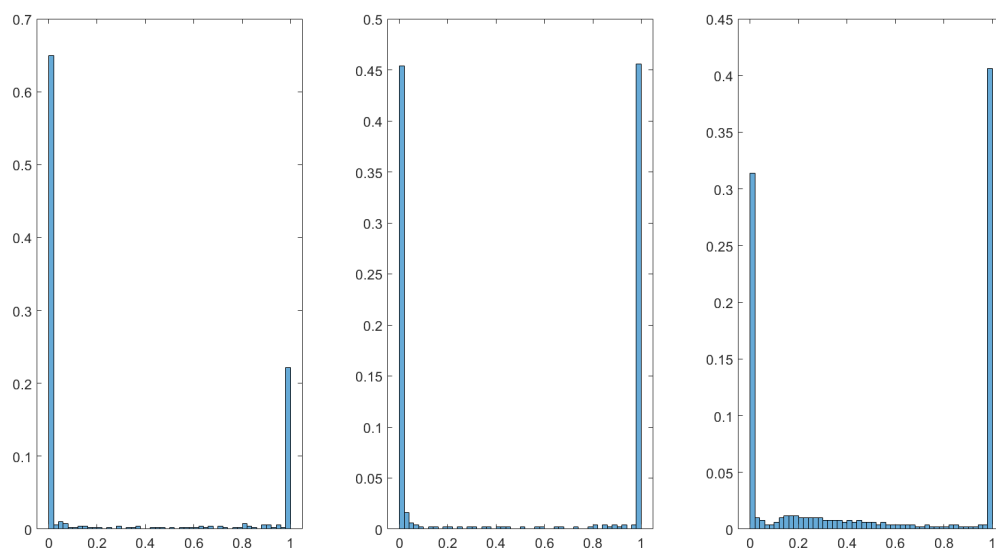


Figura 3.5.: Modelo FON, Histograma normalizado (opinión agentes) con $D = 0$. Diferentes configuraciones: izquierda ($\lambda = 0,45$, $d = 0,80$, $\bar{O} \approx 0,24$), centro ($\lambda = 0,20$, $d = 0,50$, $\bar{O} \approx 0,5$), y derecha ($\lambda = 0,10$, $d = 0,09$, $\bar{O} \approx 0,5$). $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).

ii) **Homogeneidad FOLCCCE**, teniendo en cuenta que el modelo FOLCCCE presenta los estados neutral cuando $\bar{O} \approx 0$ y ordenado cuando $\bar{O} \neq 0$, es posible realizar la reproducción de dichos estados con el modelo propuesto FON. De manera general, al considerar la condición $\lambda + D = 1$ es posible diferenciar los estados neutral y ordenado así: para $D < \lambda$, se obtendrá un estado neutral, mientras que para $D \geq \lambda$ se obtendrá un estado ordenado con $\bar{O} \rightarrow 1$, indiferente del valor de d que se seleccione (ver figuras 3.6 y 3.7). También de manera general es posible afirmar que el estado neutral $\bar{O} \rightarrow 0$ en FON se alcanza cuando $\lambda > 0,5$ para cualquier combinación de D y d (ver figuras 3.11 y 3.10). Vale la pena mencionar que ésta no es la única forma de obtener el estado neutral. Por ejemplo, si se considera la configuración $(0,3 < \lambda < 0,5, D = 0, d = 0,9)$ los agentes también tienden a tener un valor de opinión igual a cero (ver figura 3.10). Al considerar $\lambda + D > 1$ es posible afirmar que el sistema tiende a un estado neutral, indiferente nuevamente del valor de d . Por otro lado, al considerar $\lambda + D < 1$ con $\lambda < 0,5$ y $D > \lambda$ el sistema tiende al estado ordenado con $\bar{O} \rightarrow 1$ (ver figura 3.8).

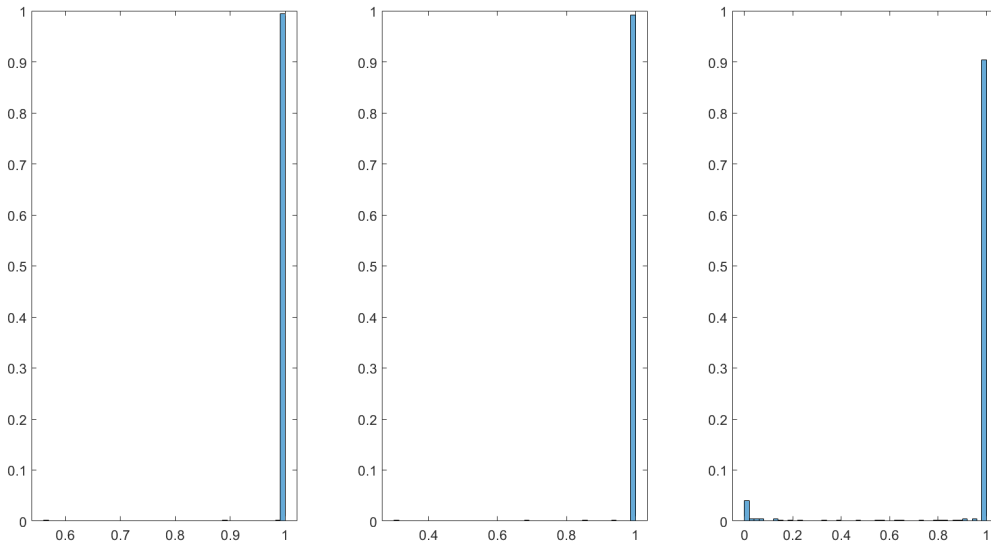


Figura 3.6.: Modelo FON, Histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones ($\lambda + D = 1$ con $D > \lambda$): izquierda ($\lambda = 0,05, D = 0,95, d = 0,01$), centro ($\lambda = 0,3, D = 0,7, d = 0,4$), y derecha ($\lambda = 0,5, D = 0,5, d = 0,8$). $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).

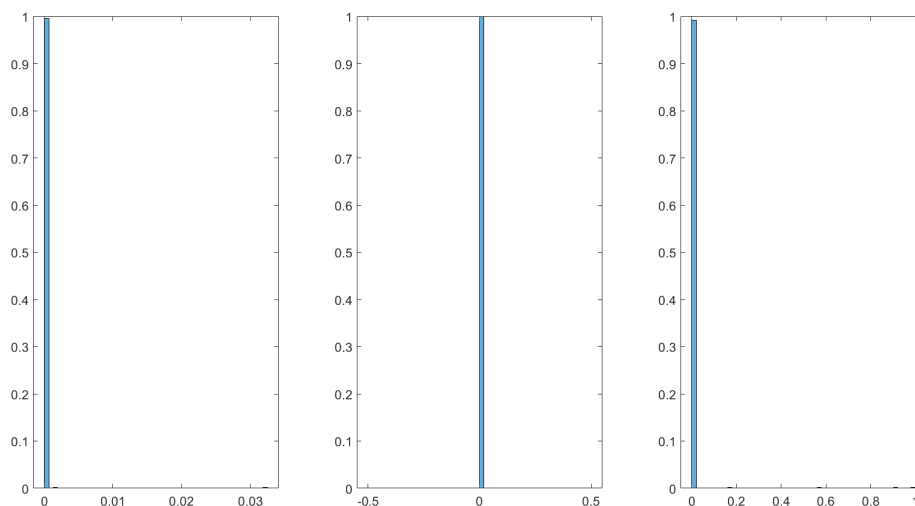


Figura 3.7.: Modelo FON, Histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones ($\lambda + D = 1$ con $D < \lambda$): izquierda ($\lambda = 0,75$, $D = 0,25$, $d = 0,01$), centro: ($\lambda = 0,60$, $D = 0,40$, $d = 0,371$), y derecha: ($\lambda = 0,90$, $D = 0,10$, $d = 0,80$). $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).

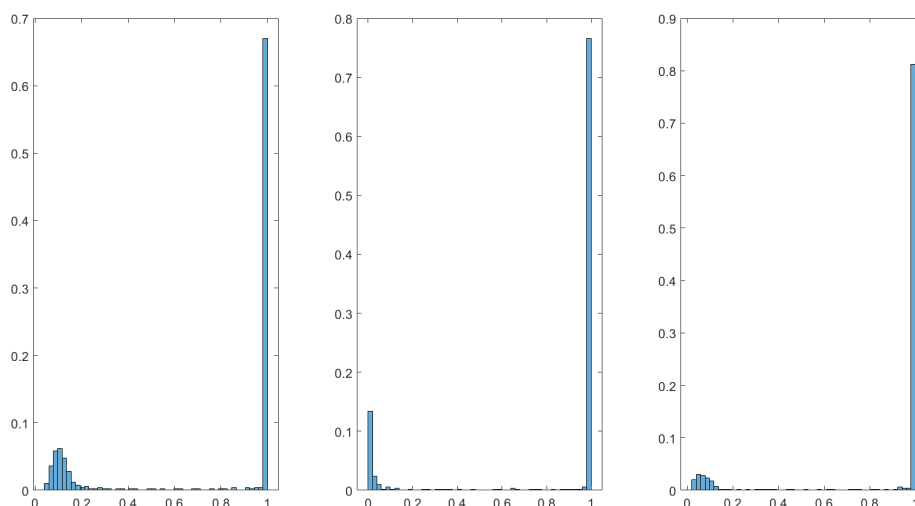


Figura 3.8.: Modelo FON, Histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones ($\lambda + D < 1$ con $\lambda < 0,5$): izquierda ($\lambda = 0,01$, $D = 0,80$, $d = 0,1$), centro: ($\lambda = 0,40$, $D = 0,50$, $d = 0,371$), y derecha: ($\lambda = 0,20$, $D = 0,70$, $d = 0,50$). $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).

III) **Heterogeneidad**, se da al considerar cualquier configuración en el modelo FON donde $\lambda + D < 1$, $|d - D| \geq 0,01$, $\lambda < 0,1$ y $d > 0,3$. Los patrones de distribución pueden ser ajustados a funciones de distribución conocidas (ver figura 3.9).

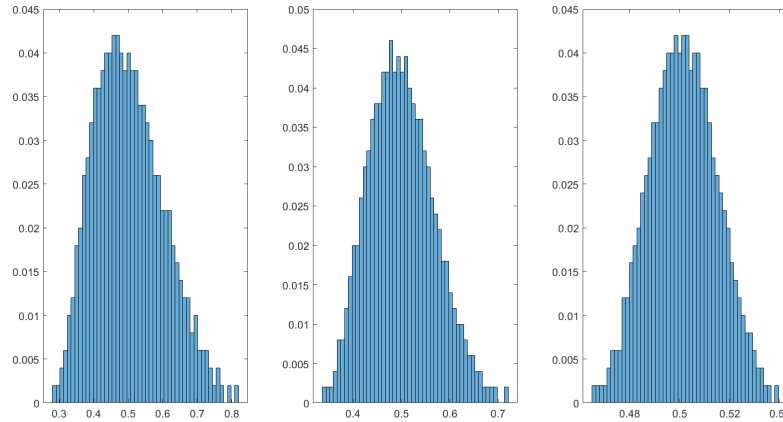


Figura 3.9.: Modelo FON, histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones: izquierda: ($\lambda = 0,09$, $D = 0,40$, $d = 0,9$), centro ($\lambda = 0,05$, $D = 0,20$, $d = 0,60$), y derecha: $\lambda = 0,01$, $D = 0,80$, $d = 0,90$. $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).

A continuación se muestra el análisis del parámetro de orden \bar{O} , el descriptor y la varianza en función de los diferentes parámetros del modelo FON para diferentes configuraciones. En la figura 3.10 se supone el caso particular en el cual valor de $D = 0$. Para la **parte a)** $0,7 < d < 1$, se evidencia un estado neutral para $\lambda > 0,5$ indiferente del valor que tome d . En este estado, la mayoría de agentes tienen un valor de opinión casi cero, y la opinión promedio $\bar{O} \rightarrow 0$. Ahora, al considerar un valor limite particular. Por ejemplo, $d = 0,7$ y $0,1 \leq \lambda \leq 0,5$, se tiene un estado ordenado donde la opinión promedio $\bar{O} \neq 0$, con $\bar{O} \in (0, 0,7)$. En esta configuración, siempre se produce el consenso en dos opiniones particulares, tendiendo a los extremos 0 y 1 de la distribución (homogeneidad FOD). Al considerar $d = 0,9$ se observa un estado ordenado para $0,3 < \lambda \leq 0,5$, nuevamente neutral para $0,15 \leq \lambda \leq 0,3$ y finalmente ordenado para $\lambda < 0,15$ donde $\bar{O} \approx 0,5$ (heterogeneidad). Para la **parte b)** $0,3 < d < 0,6$, para $\lambda < 0,5$ se tiene un estado ordenado con dos consensos hacia los valores extremos 0 y 1 (homogeneidad FOD). Para la **parte c)** $0,05 < d < 0,2$, la función que representa la opinión promedio de los agentes es más estable, presentado también un estado neutral y uno ordenado. Como conclusión general de la figura 3.10, donde el valor de parámetro $D = 0$, es posible afirmar que al seleccionar valores para $0,1 \leq \lambda \leq 0,5$ y $0 \leq d \leq 0,7$ la función de distribución de opinión asociada al número total de agentes muestra consenso de dos grupos con valores de opinión totalmente opuestos y hacia los extremos (homogeneidad); pero si $\lambda \leq 0,15$ y $d > 0,7$ se tiene un estado ordenado (heterogeneidad). El descriptor

muestra similitudes con el comportamiento de la opinión promedio. Para valores de $d > 0,7$ la varianza muestra un comportamiento variable, mientras que para $d \leq 0,7$ se comporta suavemente.

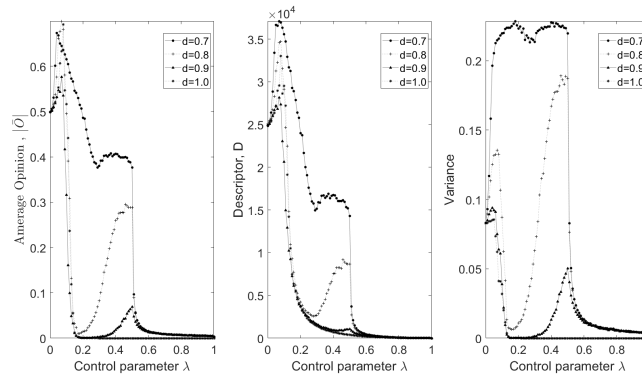
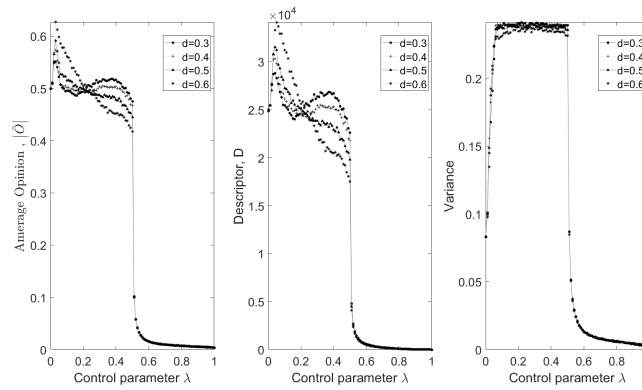
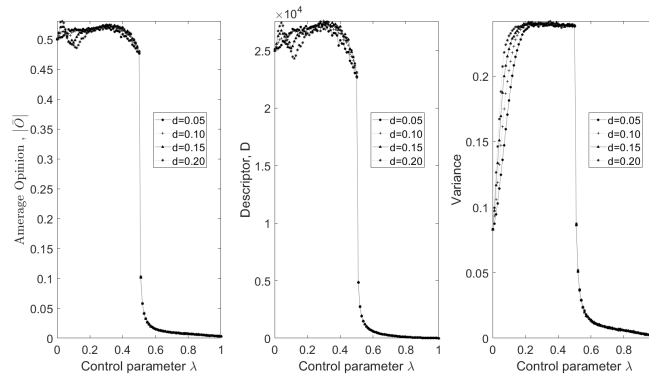
(a) $0,7 < d < 1,0$ (b) $0,3 < d < 0,6$ (c) $0,05 < d < 0,2$

Figura 3.10.: Diagrama de fase, descriptor y varianza, modelo FON con $D=0$. Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).

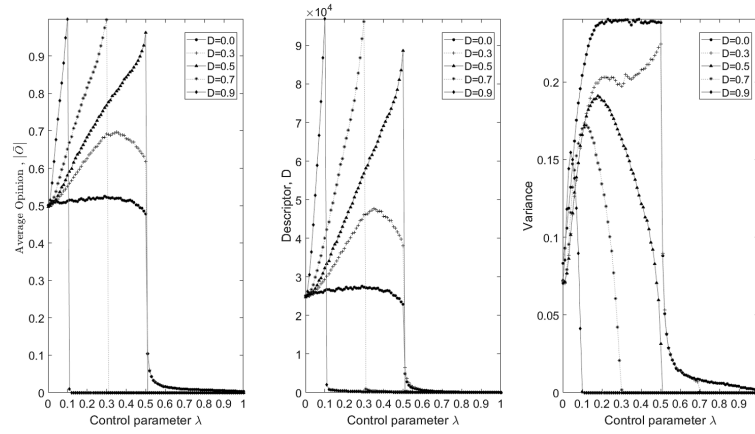
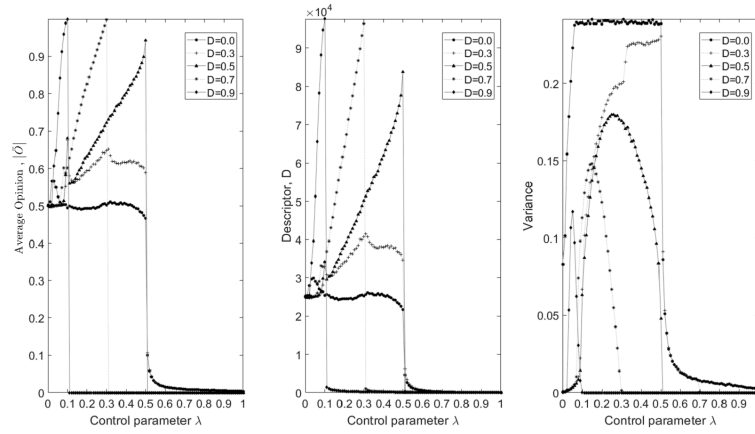
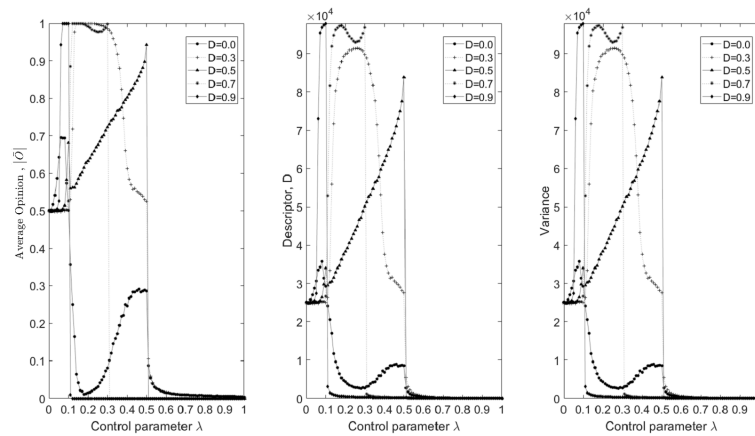
(a) $d = 0,100$ (b) $d = 0,371$ (c) $d = 0,800$

Figura 3.11.: Diagrama de fase, descriptor y varianza, modelo FON con $0,1 \leq D \leq 0,9$. Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).

En la figura 3.11 se muestran configuraciones donde se permite al parámetro $D \neq 0$. Para $d \leq 0,8$ y $D \leq 0,5$ existe una relación de complementariedad entre el valor de D y el valor asociado al punto crítico λ_c , que se expresa como $D + \lambda_c = 1$. Luego, para $\lambda > \lambda_c$ siempre se tiene un estado neutral, mientras que para $0,1 \leq \lambda \leq \lambda_c$ considerando un $D > \lambda$ se tiene un estado ordenado con $\bar{O} \rightarrow 1$ (homogeneidad FOLCCCE), pero si $D < \lambda$ se tiene un estado ordenado con $\bar{O} \rightarrow 0,5$ (homogeneidad FOD). Por otro lado, para un rango de $\lambda < 0,1$ se tiene un estado ordenado (heterogeneidad). Vale la pena mencionar que para valores de $d \leq 0,5$ se puede establecer una relación lineal entre la opinión promedio y el parámetro λ , siempre que $\lambda < \lambda_c$, y que para $d > 0,8$ el sistema tiende a tener una opinión promedio $\bar{O} \rightarrow 1$.

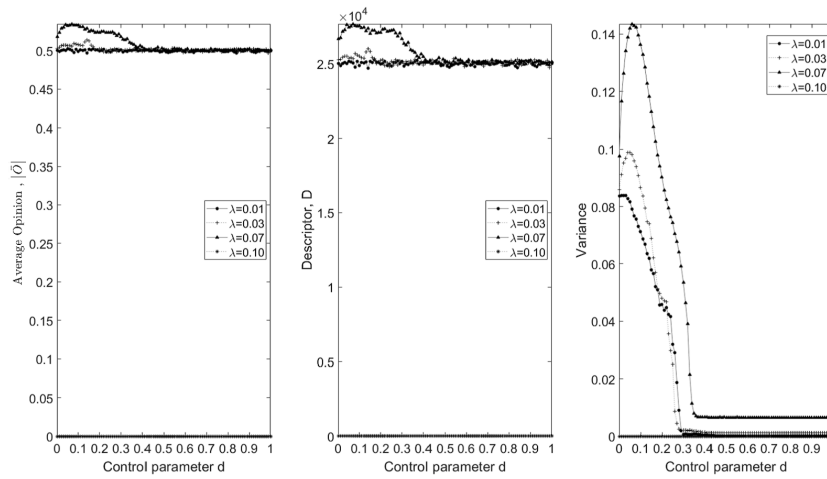
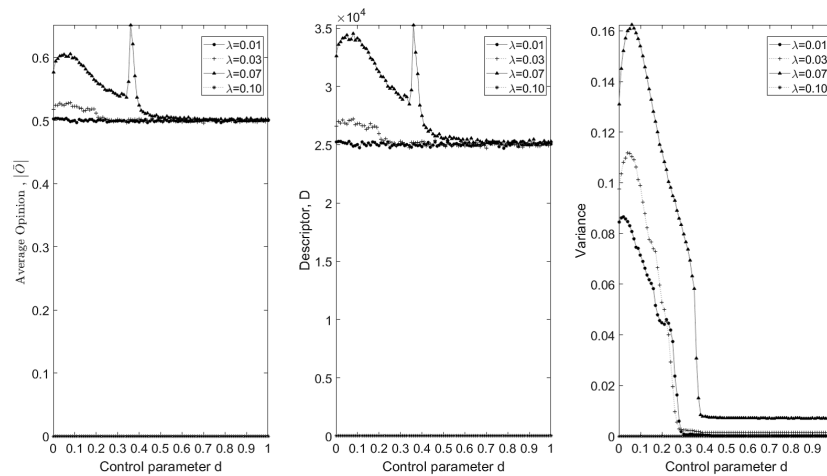
(a) $D = 0,331$, $0,01 < \lambda < 0,1$ (b) $D = 0,710$, $0,01 < \lambda < 0,1$

Figura 3.12.: Diagrama de fase, descriptor y varianza , modelo FON con $0,01 \leq \lambda \leq 0,1$ fijando el parámetro D . Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes) , $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones)

En las figuras 3.12 se muestran configuraciones donde $0,01 \leq \lambda \leq 0,1$, donde independientemente del valor que tome d es posible conseguir distribuciones de opinión con varios consensos, y $\bar{O} \rightarrow 0,5$. Sin embargo para valores de $\lambda \rightarrow 0,1$ la opinión promedio tiende a cero. Observese que en esta figura la opinión promedio se muestra ahora en función del parámetro límite d , encontrando algunas diferencias cerca a $d = 0,4$. En esta configuración, la varianza muestra similitudes en todo el rango de estudio. Si se observa ahora la figura 3.13, es posible afirmar que para valores de $\lambda > 0,1$, la opinión promedio tiene un rango mayor $\bar{O} \in [0,5; 1]$. Sin embargo el consenso se da siempre hacia 1.

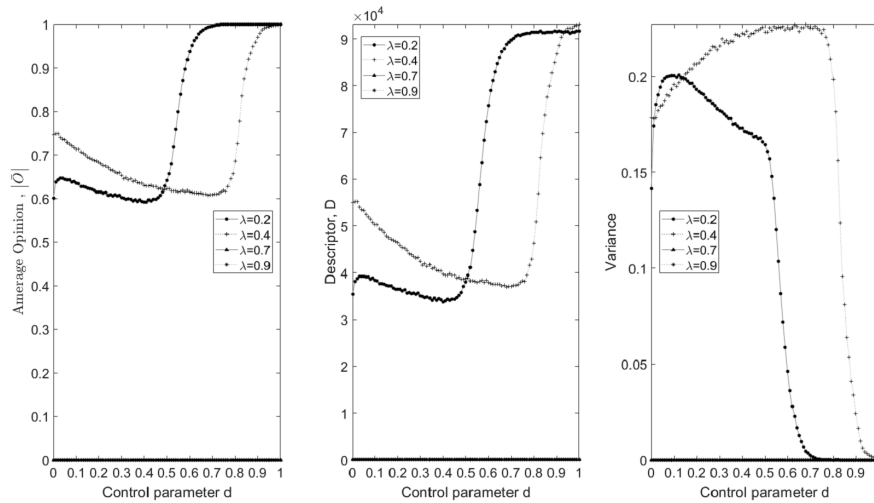
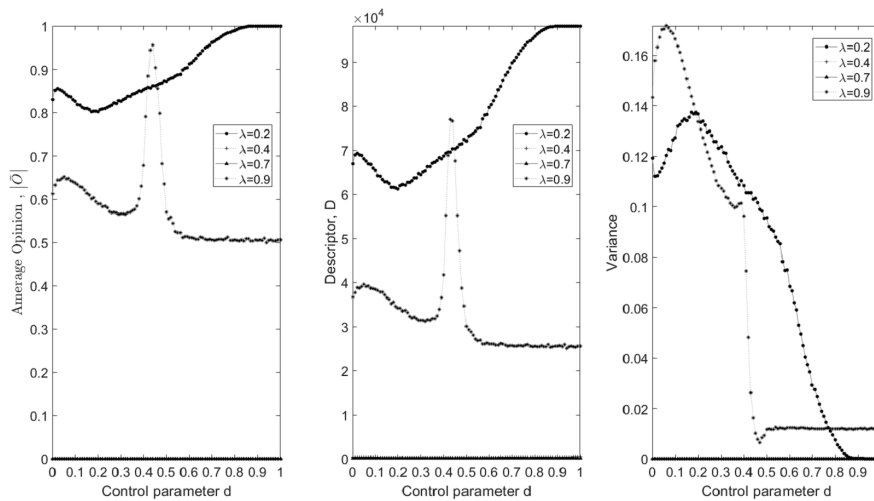
(a) $D = 0,331$, $0,2 < \lambda < 0,9$ (b) $D = 0,710$, $0,2 < \lambda < 0,9$

Figura 3.13.: Diagrama de fase, descriptor y varianza, modelo FON con $0,2 \leq \lambda \leq 0,9$ fijando el parámetro D . Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).

En la figura 3.14 se muestra la opinión promedio en función del parámetro D para un valor de d en particular, encontrando variabilidad en el valor de \bar{O} para un mismo λ siempre que $0,01 < \lambda < 0,10$; mientras que para $0,2 < \lambda < 0,9$ el valor de \bar{O} varía suavemente. La varianza muestra comportamientos diferentes para cada rango de estudio. En la parte(a), se pasa de un tendencia decreciente a creciente, mientras que en la parte (b) solamente es decreciente.

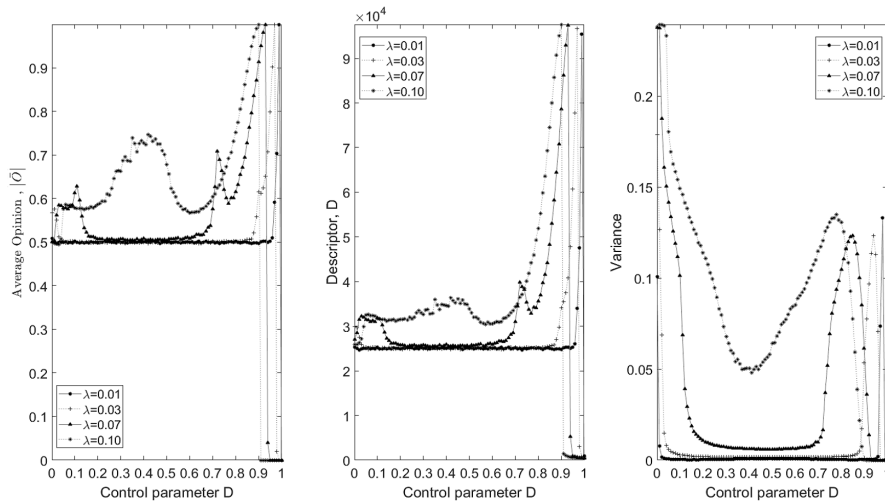
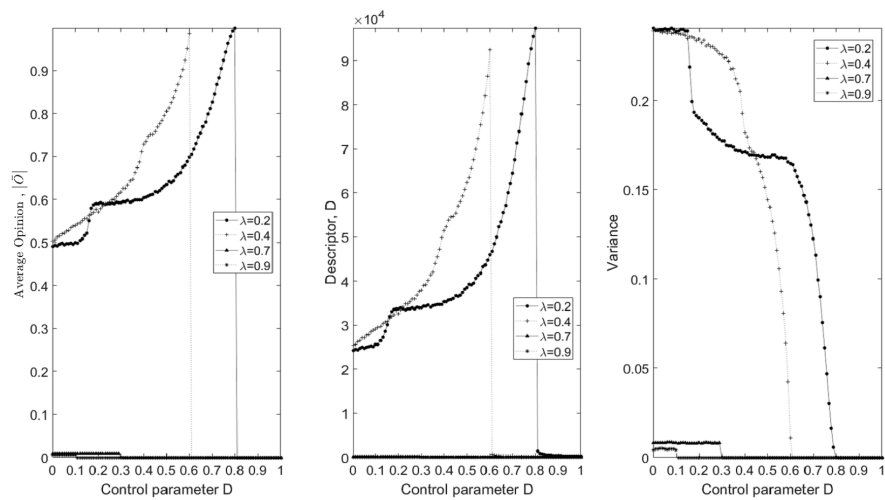
(a) $d = 0,371$, $0,01 < \lambda < 0,10$ (b) $d = 0,371$, $0,2 < \lambda < 0,9$

Figura 3.14.: Diagrama de fase, descriptor y varianza, modelo FON fijando el parámetro d . Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $N_{sim}=1e2$ (número de simulaciones).

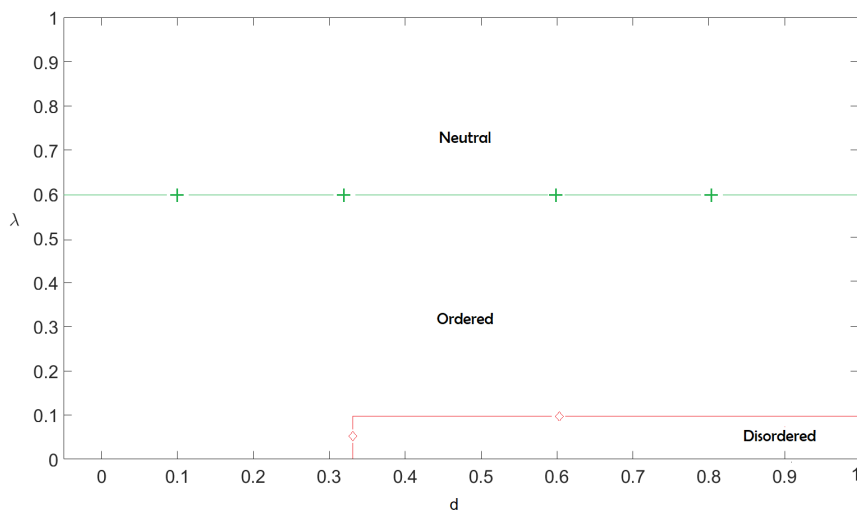


Figura 3.15.: Diagrama de fase en el plano λ - d para el modelo FON con $D=0.3$.

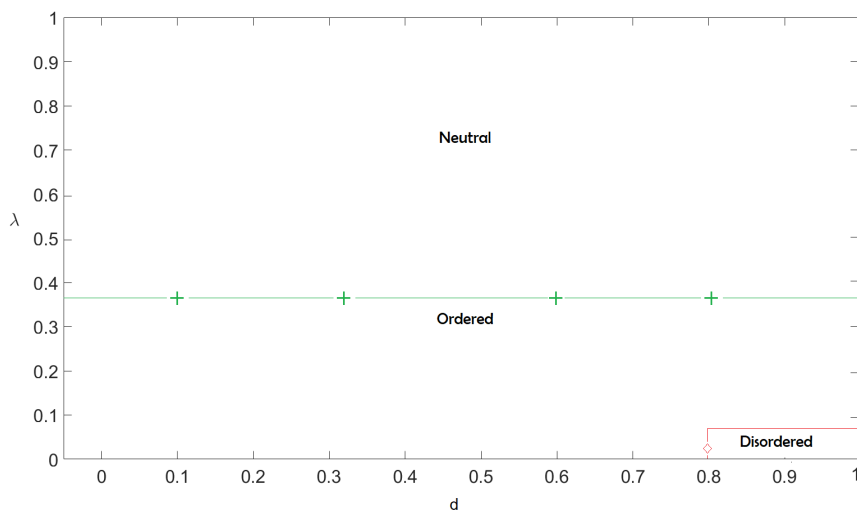


Figura 3.16.: Diagrama de fase en el plano λ - d para el modelo FON con $D=0.7$.

En las figuras 3.15 y 3.16 se muestran los diagramas de fase asociados al modelo FON para dos casos particular, se identifican tres fases en cada uno. Se observa que dependiendo del valor que se asigne al parámetro D el valor crítico para el parámetro λ cambia, el cual identifica el punto de transición de fase. Por ejemplo, para $D = 0.3$ el punto de transición entre la fase esta aproximadamente en $\lambda = 0.6$. Mientras que para $D = 0.7$ esta en $\lambda = 0.3$. Se observa también que la fase desordenado existe en un rango diferente de d y con un valor diferente para λ según el caso.

3.2. Funciones de distribución

El modelo FON permite establecer diferentes combinaciones de parámetros (λ, D, d) , correspondiente a diferentes configuraciones, tales que la entropía se minimiza para un determinado número de pasos de tiempo y su evolución lleva a diferentes funciones de distribución, asociadas a la opinión del número de agentes en el sistema. A modo de ejemplo se realizarán simulaciones utilizando el método de Monte Carlo (en MatLab), tomando configuraciones de tipo heterogéneo, donde el sistema tiene un tamaño igual a $N=500$, el número de pasos de tiempo es $T=1e5$ y el número de simulaciones es $N_{sim}=1e2$. Cada una es caracterizada por la combinación de parámetros mostrados en la tabla **3-1**.

Tabla 3-1.: Combinación de parámetros para el modelo FON con su distribución resultante.

λ	D	d	Distribución
0.050	0.282	0.448	Johnson SB
0.049	0.710	0.371	Burr(4P)
0.090	0.331	0.371	Gamma(3P)
0.015	0.890	0.310	Log-Logistic
0.010	0.011	0.941	Gen.Gamma

Tabla 3-2.: Valores asociados al histograma bins=4, Figure 3.17.

bin1	bin2	bin3	bin4	Distribución
0.164	0.480	0.300	0.056	Johnson SB
0.234	0.574	0.178	0.014	Burr(4P)
0.320	0.474	0.164	0.042	Gamma(3P)
0.472	0.518	0.060	0.040	Log-Logistic
0.128	0.546	0.294	0.032	Gen.Gamma

Para realizar el análisis de las distribuciones resultantes de las configuraciones mostradas en la tabla **3-1**, se construyeron histogramas normalizados con un rangos (bins) de 4 (ver tabla **3-2**) y 50 respectivamente (ver figuras 3.17 y 3.18). Para el ajuste se usó el software EasyFit Professional v5.4. En la figura 3.17, se observa que la entropía se minimiza en cada configuración con un valor diferente y en tiempos diferentes, obteniéndose también un valor para $\bar{O} \approx 0,5$. En la figura 3.18 se muestra el ajuste de los valores dados por el histograma y la función de distribución teórica. El software EasyFit Professional v5.4 realiza el ajuste utilizando los métodos de Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling y Chi-cuadrado, generando un lista de las posibles funciones para cada método de ajuste y al final selecciona la que tenga el mínimo error en los tres métodos simultáneamente (ver tabla **3-3**).

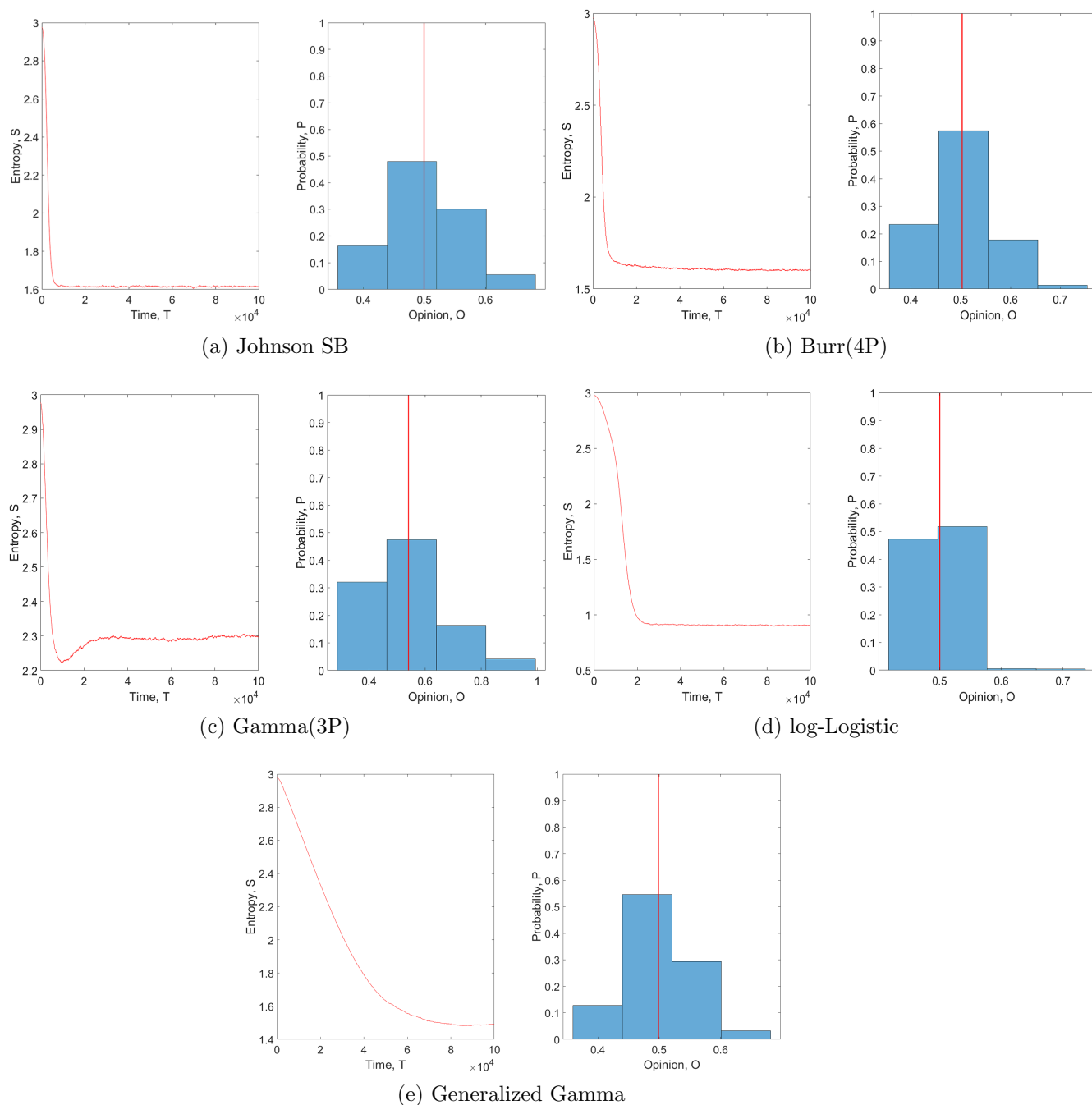
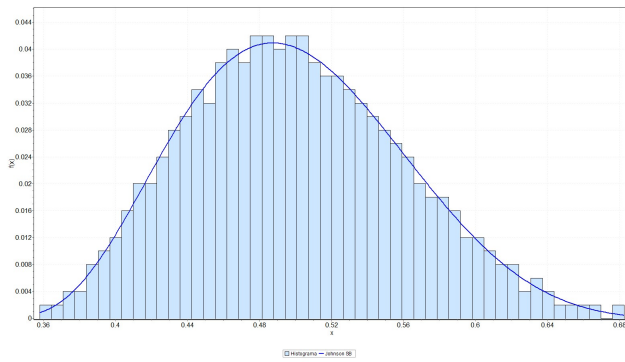
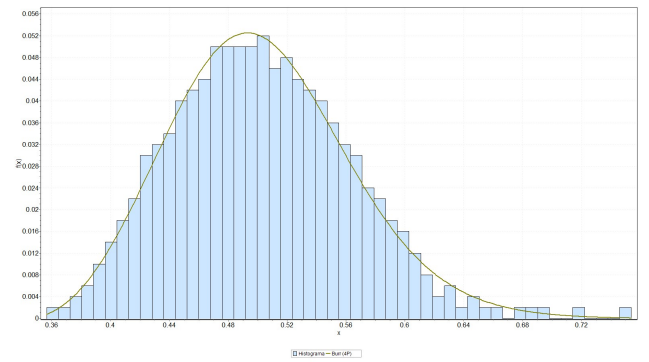


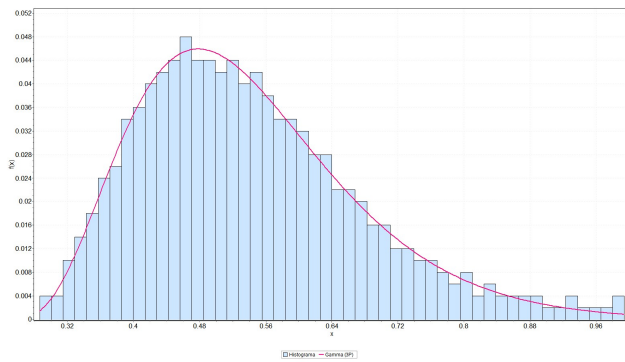
Figura 3.17.: Entropía e histograma normalizado, para las configuraciones dadas en la tabla **3-1** bins=4. $N=500$ (agentes), $T=1e5$. (pasos de tiempo) $N_{sim}=1e2$ (simulaciones).



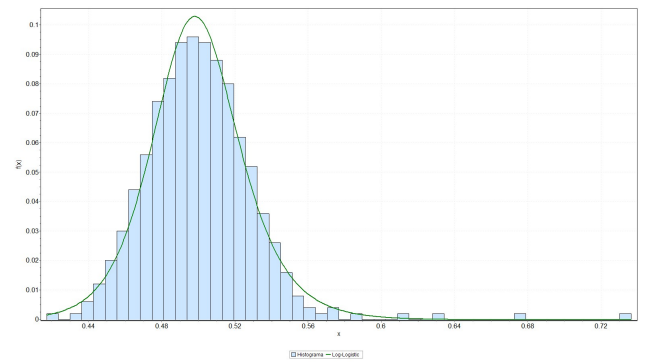
(a) Johnson, domain $\xi \leq x \leq \xi + \lambda$



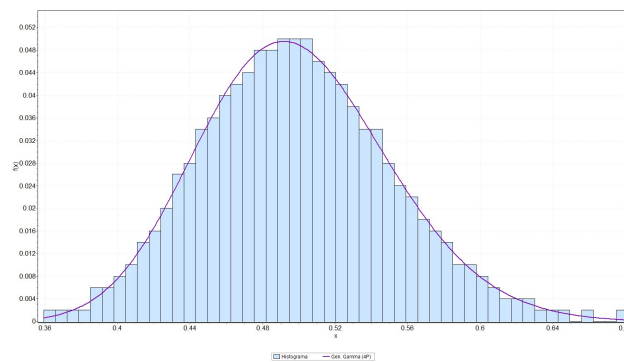
(b) Burr, domain $\gamma \leq x \leq \infty$



(c) Gamma, domain $\gamma \leq x \leq \infty$

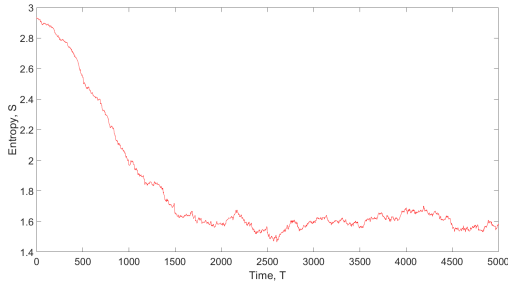


(d) Log-Logistic, domain $\gamma \leq x \leq \infty$

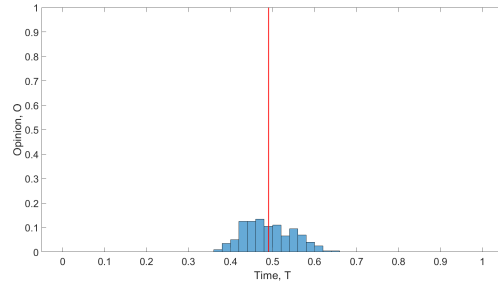


(e) Gen.Gamma, domain $\gamma \leq x \leq \infty$

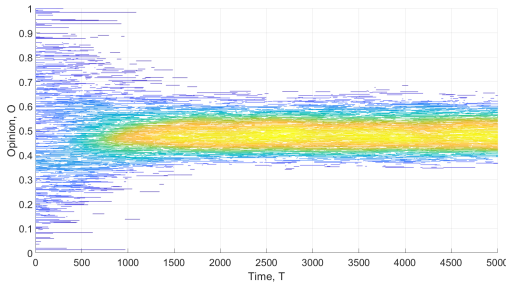
Figura 3.18.: Ajuste e histograma normalizado, para las configuraciones dadas en la tabla **3-1** bins=50. N=500 (agentes), T=1e5 (pasos de tiempo) Nsim=1e2 (simulaciones).



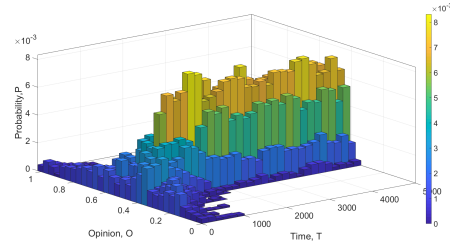
(a) Entropía MP1



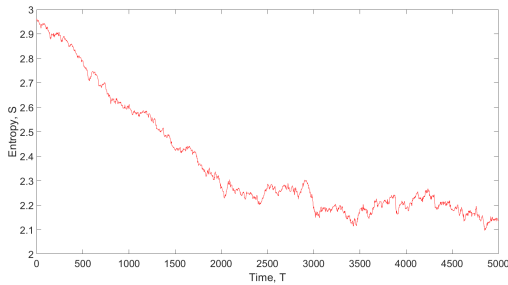
(b) Histograma 2D MP1



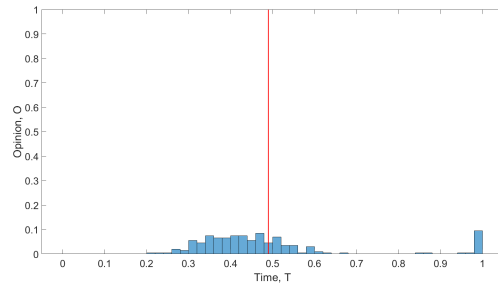
(c) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo MP1



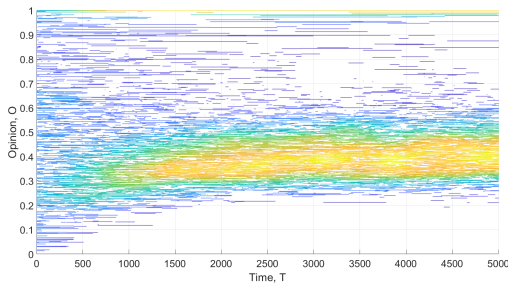
(d) Histograma 3D MP1



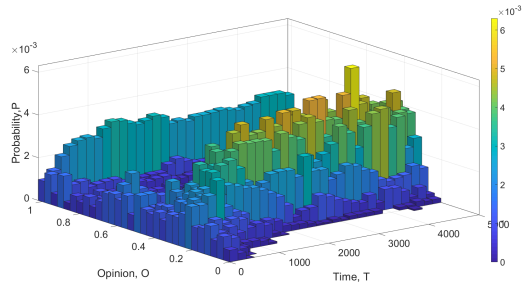
(e) Entropía MP2



(f) Histograma 2D MP2



(g) Distribución opinión agentes para cada paso de tiempo MP2



(h) Histograma 3D MP2

Figura 3.19.: Configuraciones MP1($\lambda = 0,05$, $D = 0,282$, $d = 0,448$) y MP2($\lambda = 0,09$, $D = 0,331$, $d = 0,371$). Modelo FOLCCCE Usual. Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 100 pares de agentes. $N=200$, $T=5e3$ (pasos de tiempo), $Nsim=50$ (número de simulaciones).

Tabla 3-3.: Parámetros de ajuste. Funciones de distribución teóricas (Software EasyFit): Nombre(N), J:Johnson, B: Burr(4P), G: Gamma(3P), L.L:log-logistic, G.G: Generalized Gamma.

N	Función de distribución	Parámetros
J	$\frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi z(1-z)}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right)$	$\gamma(0,76274)$
		$\delta(1,7593)$
		$\lambda(0,47083)$
		$\xi(0,31126)$
B	$\frac{\alpha k \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1}}{\beta(1+(\frac{x-\gamma}{\beta})^\alpha)^{k+1}}$	$k(5,7224)$
		$\alpha(3,1927)$
		$\beta(0,30123)$
		$\gamma(0,34062)$
G	$\frac{(x-\gamma)^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp(-(x-\gamma)/\beta)$	$\alpha(4,71900)$
		$\beta(0,06236)$
		$\gamma(0,24621)$
L.L	$\frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} \left(1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha\right)^{-2}$	$\alpha(32,141)$
		$\beta(0,49915)$
		$\gamma(0,0000)$
G.G	$\frac{k(x-\gamma)^{k\alpha-1}}{\beta^{k\alpha} \Gamma(\alpha)} \exp(-((x-\gamma)/\beta)^k)$	$k(1,3247)$
		$\alpha(22,078)$
		$\beta(0,03155)$
		$\gamma(0,17387)$

4. Aplicaciones del modelo propuesto FON

En el presente capítulo el lector encontrará la aplicación del modelo propuesto FON, la cual consiste en simular los patrones de distribución de opinión empíricos asociados a 24 entidades públicas colombianas del orden nacional que han respondido la encuesta EDI ¹, que aplica anualmente el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) desde el año 2010, la cual tiene como propósito conocer la percepción sobre el ambiente y desempeño institucional (capacidades dinámicas organizacionales) como una aproximación para la medición del desarrollo institucional en el país. El modelo FON se usará en su configuración de **heterogeneidad**, caracterizada por una diversidad de opiniones que se distribuyen de forma continua entre todos los agentes, con lo cual se encuentran patrones de distribución que puede ser ajustados a algunas determinadas funciones de distribución bien conocidas y que se ajustan bastante bien a las distribuciones de opinión empíricas obtenidas mediante la encuesta EDI. Se muestra cómo los valores de los parámetros de entrada del nuevo modelo de formación de opinión FON sirven para medir el nivel de desarrollo institucional de las empresas públicas seleccionadas, y también para evaluar el ambiente y el desempeño institucional de las mismas.

Actualmente la simulación por computador es un método importante en los estudios de organización y gestión estratégica [63]. Si bien hay muchos usos para la simulación por computador (incluyendo el desarrollo de sistemas de ingeniería dentro de las empresas de alta tecnología), la mayoría de los académicos en los campos de la gestión estratégica y estudios organizacionales usan simulaciones por computador para comprender cómo operan las organizaciones. Más recientemente, sin embargo, los investigadores también han comenzado a aplicar la simulación por computador para entender el comportamiento organizacional a un nivel micro, centrándose tanto en la persona, su cognición y comportamiento [64], como en el trabajo en equipo [65]. Los investigadores que estudian las organizaciones y utilizan simulaciones por computador usan una variedad de distinciones y definiciones básicas que son comunes en la ciencia computacional, por ejemplo:

- Basado en agentes vs basado en ecuaciones: los modelos basados en agentes se desa-

¹ver: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/gobierno/encuesta-sobre-ambiente-y-desempeno-institucional-nacional-edi>

rrollan de acuerdo con las interacciones de las acciones relativamente simples, mientras que los modelos basados en ecuaciones se basan numéricamente en una variedad de ecuaciones de estado estacionario dinámico. Algunos sostienen que esto es algo de una falsa distinción, ya que algunos modelos basados en agentes utilizan ecuaciones para dirigir el comportamiento de sus agentes.

- Modelo simplificado: versiones del mundo real que contienen elementos esenciales solamente de interés teórico [66].
- Modelos complejos: el número de piezas conceptuales en el modelo y las conexiones entre las partes [67].
- Determinista vs estocástico: modelos determinísticos se desarrollan exactamente como se especifica por alguna lógica pre-especificada, mientras que los modelos estocásticos dependen de una variedad de sorteos de distribuciones de probabilidad.
- Optimización vs. descriptivo: modelos con actores que buscan optimizar.

Hay una variedad de diferentes enfoques metodológicos en el área de simulación computacional enfocados a las organizaciones. Estos incluyen,

- Modelos basados en agentes: modelos computacionales que investigan la interacción de múltiples agentes.
- Autómatas celulares: los modelos que exploran múltiples actores en el espacio físico cuyo comportamiento se basa en reglas.
- Modelos de redes dinámicas: cualquier modelo que representa a actores y entidades no-actores (tareas, recursos, lugares, creencias, etc.) conectados a través de vínculos relacionales como en el análisis de redes dinámicas.
- Algoritmos genéticos: modelos de agentes cuya información genética puede evolucionar con el tiempo.
- Basado en la Ecuación (o modelado no lineal): modelos que usan un conjunto de ecuaciones típicamente no lineales que determinan el estado futuro de sus sistemas.
- Los modelos de red social: cualquier modelo que representa a actores como conectado a través de 'lazos' estereotipadas como en análisis de redes sociales
- Simulación estocástica: los modelos que involucran variables aleatorias o fuente de estocasticidad.
- Dinámica de sistemas: enfoque basado en la ecuación, junto con las existencias y los flujos de recursos.

- Modelado NK: actores modelados como nodos N vinculados a través de K conexiones.

Algunos de los estudios más recientes que contienen algún tipo de simulación son:

- Modelo de la demografía y cultura organizacional. [66].
- Modelo de de la estructura de la organización en ambientes impredecibles [68].
- Modelo buscando una experiencia cognitiva y experiencial [69].
- Estudio de la imitación estratégica [70].
- Modelo de puntos de inflexión desastrosos [71].
- Modelo de cambio organizacional puntuado [72].
- Modelo de la evolución estratégica y capacidades dinámicas [73].

Teniendo en cuenta lo anterior, se observa que no existe ningún tipo de estudio o modelación computacional que tenga sus fundamentos en el modelo cinético de formación de opinión y sea aplicado al estudio de las capacidades dinámicas organizacionales. Por lo tanto se concibe la aplicación del modelo FON como un forma innovadora dentro del estudio de las organizaciones.

4.1. El modelo FON aplicado a la encuesta EDI

La aplicación del modelo FON parte de los datos empíricos dados por la encuesta EDI 2010-2018 (Anexo B, distribuciones empíricas -percepción de los empleados) para la 24 entidades públicas colombianas del orden nacional relacionadas en la tabla 4-1, las cuales fueron seleccionadas de un total de 200 aproximadamente, con la intención de buscar comportamientos similares asociados a los parámetros del modelo. En la encuesta EDI las variables de estudio son: la percepción del servidor(a) frente al ambiente y desempeño institucional en términos de credibilidad en las reglas (CREREG), credibilidad en las políticas (CREPOL), Suficiencia de recursos y previsibilidad (RECPREV); gestión por resultados (GESRT), rendición de cuentas (RENCT), bienestar laboral (BIENLAB) y prevención de prácticas irregulares (PRIRRE). Para cada una de ellas se miden la distribución de frecuencias relativas porcentuales y los promedios aritméticos.

Para cada entidad mostrada en la tabla 4-1 se simulan los patrones de distribución referentes a los indicadores compuestos y sus categorías: Totalmente Favorable, Favorable, Desfavorable y Totalmente Desfavorable, para los diferentes años 2010-2018. Luego, se calcularon las alturas de un diagrama normalizado de 4 bins (una categoría por cada bin) para la distribución de opinión de los agentes después de alcanzar el equilibrio en una simulación de Monte Carlo con $N = 500$ agentes, $T = 1e4$ pasos de tiempo y $Nsim = 1e2$ simulaciones, utilizando una configuración de entrada (λ, D, d) diferente para cada una de ellas y para cada año, en el modelo FON. Con el ánimo de visualizar algunos resultados, para cada entidad se realizó un promedio en los años 2010-2018 para cada uno de los indicadores compuestos empíricos. Posteriormente se realizó la simulación para encontrar dichos valores empíricos. Las diferencias entre los valores empíricos y los valores simulados se muestran en el Anexo C: Porcentajes de error en la simulación de los valores empíricos. En dicho anexo se observa que el modelo tiene una aproximación por debajo del 5% en promedio para todas las variables de estudio. Dicho porcentaje de error es susceptible de mejora, ajustando a más cifras decimales los valores de (λ, D, d) en cada caso. Para encontrar los valores de los parámetros en cada caso, se calcularon las siguientes diferencias entre los valores empíricos de las categorías: 1. Favorable - Totalmente favorable, 2. Totalmente favorable-Desfavorable y 3. Desfavorable-Totalmente Desfavorable, para cada entidad por año y por variable. Por otro lado, se asigna un valor inicial a los parámetros de la simulación (por ejemplo $\lambda = D = d = 0,01$) teniendo en cuenta que esta logre el equilibrio y sea posible para la distribución de opinión final de los agentes, calcular un histograma normalizado que tenga cuatro bins (a los que se llamaran categorías simuladas). Para las categorías simuladas se calculan las mismas diferencias anteriormente mencionadas de manera que sea posible definir un error entre los valores de las categorías empíricas y simuladas. Dicho error se define como

$$E = asb(1emp - 1sim) + asb(2emp - 2sim) + abs(3emp - 3sim), \quad (4-1)$$

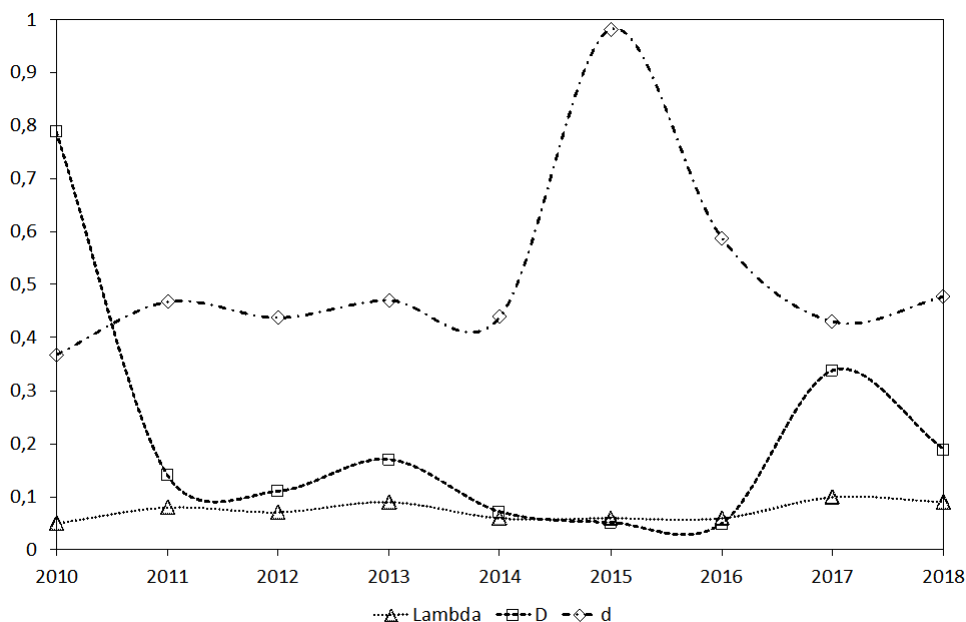
Posteriormente se selecciona un nuevo valor de los parámetros (por ejemplo $\lambda = D = d =$

0,02) y se calcula de nuevo el error (este proceso se hace de manera iterativa para diferentes conjuntos de parámetros). De manera que se selecciona el conjunto de parámetros que tenga el menor error.

Tabla 4-1.: Lista de entidades públicas del orden Nacional seleccionadas para la aplicación del modelo.

Sector	No	Entidad
1. Económico	1	Banco de Comercio Exterior Bancoldex
	2	Banco de la República
	3	Superintendencia Financiera de Colombia
	4	Departamento Nacional de Planeación DNP
	5	Fondo Nacional del Ahorro FNA
2. Educación	6	Universidad Nacional de Colombia UN
	7	Universidad Pedagógica Nacional UPN
	8	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC
	9	Universidad Tecnológica de Pereira UTP
	10	Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
3. Fuerzas	11	Policía Nacional
	12	Fuerza Aérea Colombiana FAC
	13	Ejército Nacional de Colombia
	14	Armada Nacional
4. Varios	15	Contraloría General de la Nación
	16	Procuraduría General de la Nación
	17	Fiscalía General de la Nación
	18	Contraloría General de La República
	19	Senado de La República
5. Ministerios	20	Ministerio de Defensa Nacional
	21	Ministerio de Educación Nacional
	22	Ministerio de Salud y de la Protección Social
	23	Ministerio de Justicia y del Derecho
	24	Ministerio de Transporte

En las figuras 4.2, 4.3 y 4.4 se muestran diagramas de caja para cada entidad asociados al valor de los parámetros (λ, D, d) del modelo FON, que reproducen el valor de las categorías de los indicadores compuestos en los años 2010-2018 para las variables AI, DI y PRIRRE. Se logra evidenciar que el parámetro que menor dispersión tiene es d . También se observa el rango de trabajo para cada uno de los parámetros: $\lambda \in [0,01; 0,1]$, $D \in [0,1; 0,9]$ y $d \in [0,1; 0,5]$. Al seleccionar una entidad y tomar el valor promedio para cada uno de los parámetros, es posible reproducir los valores de las categorías por medio del histograma. En el Anexo D: Diagramas de dispersión, se muestran las relaciones entre los parámetros del modelo FON y las categorías asociadas a los indicadores compuestos para cada entidad, encontrando generalidades, como por ejemplo que para la categoría «Totalmente favorable» la dispersión del valor de los parámetros tiende a cero, mientras que para las demás categorías tiende a 1. En el Anexo E se comparan las relaciones existentes entre los parámetros (λ, D, d) , diferenciando años, sectores y entidades. Se observa de manera general que no es posible encontrar relaciones directas entre los parámetros. Se observa que los parámetros d y D no se distribuyen de manera normal, mientras que para λ existe una posible normalidad. Por otro lado, existe una tendencia para la distribución del parámetro d , que tiende a tener valor medio definido, y para el parámetro D , que se sesga a la izquierda.



(a) Ambiente Institucional

Figura 4.1.: Evolución temporal de los parámetros para la Universidad Nacional de Colombia, variable Ambiente Institucional

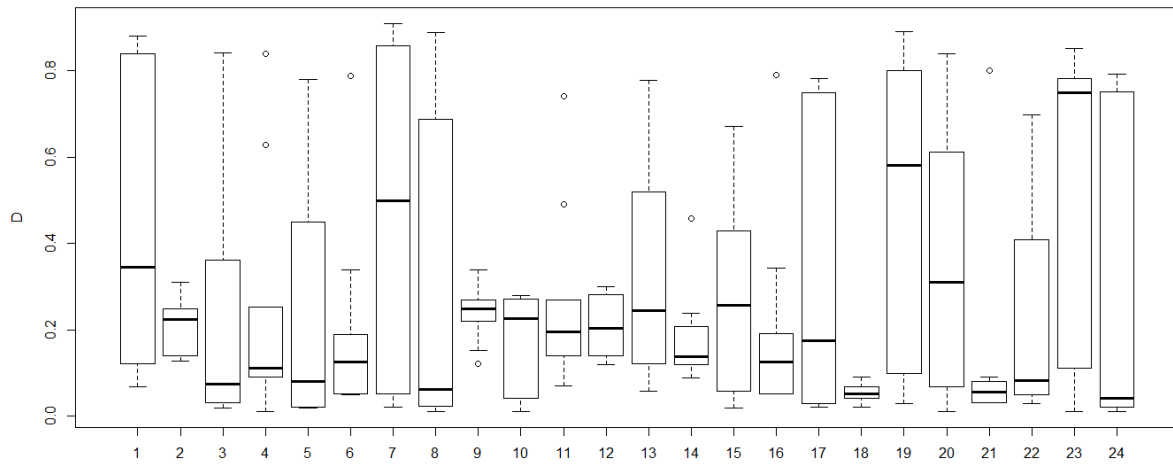
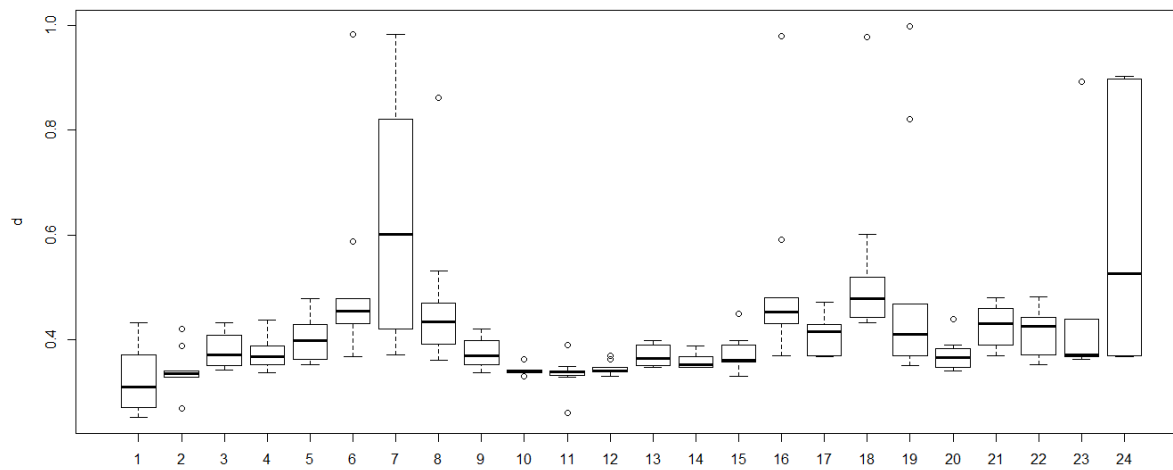
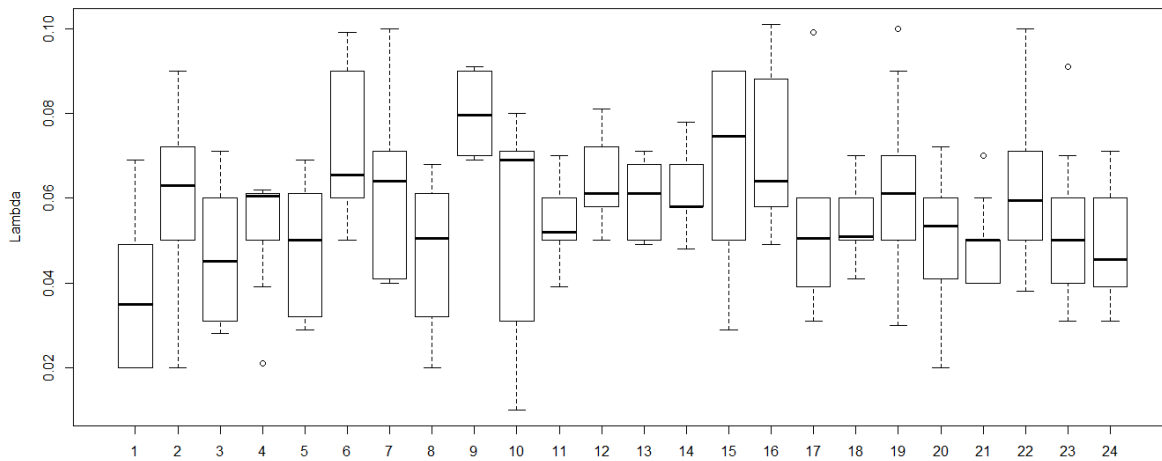
En la figura 4.1 se muestra la evolución temporal de los parámetros que permiten reproducir los valores empíricos asociados a las categorías de los indicadores compuestos (Totalmente Favorable, Favorable, Desfavorable y Totalmente Desfavorable) dados por le encuesta EDI para el periodo 2010-2018 en la Universidad Nacional de Colombia, variable Ambiente Institucional, haciendo uso del modelo propuesto FON.

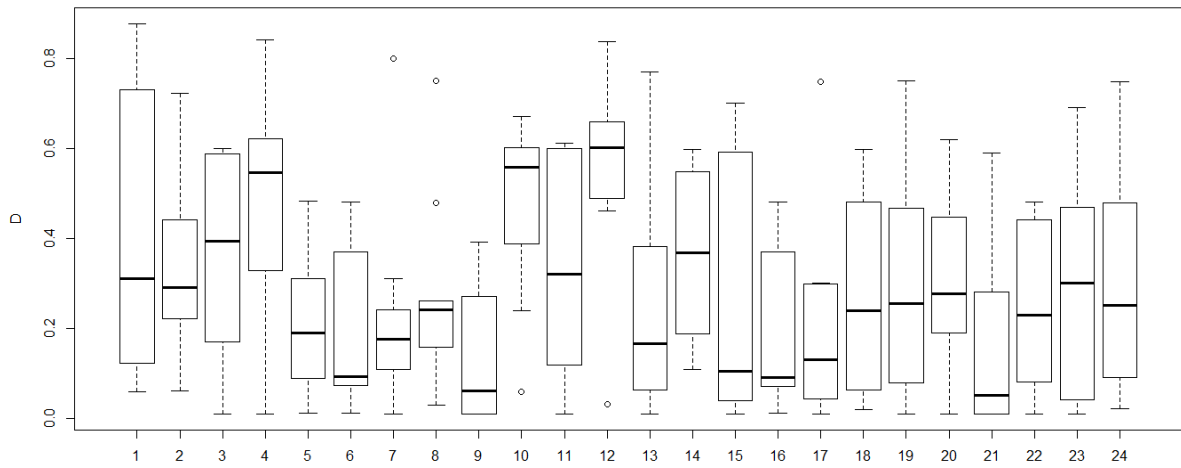
Con el objetivo de concluir el análisis de la aplicación del modelo FON a las 24 entidades, se toma como ejemplo la evolución temporal de los parámetros para el Banco de Comercio Exterior Bancoldex, Universidad Nacional de Colombia y Ministerio de Educación (ver Anexo F: Evolución temporal de los parámetros), con el fin establecer una posible tendencia para cada uno de ellos en cada entidad. Así, sin conocer los valores empíricos de las encuestas a futuro, será posible conocer su valor dando como entrada al modelo FON los valores nuevos de los parámetros (dados por la tendencia), obteniendo el valor de la percepción de los empleados de forma virtual. De esta manera se podrá evaluar el ambiente y el desempeño institucional de las entidades antes que dicha opinión se de, pudiendo establecer estrategias de mejora para las capacidades dinámicas organizacionales de forma prospectiva.

Tabla 4-2: Valores de los parámetros de entrada del modelo FON para reproducir las categoría de los indicadores compuestos, Universidad Nacional de Colombia. Variable: Ambiente Institucional

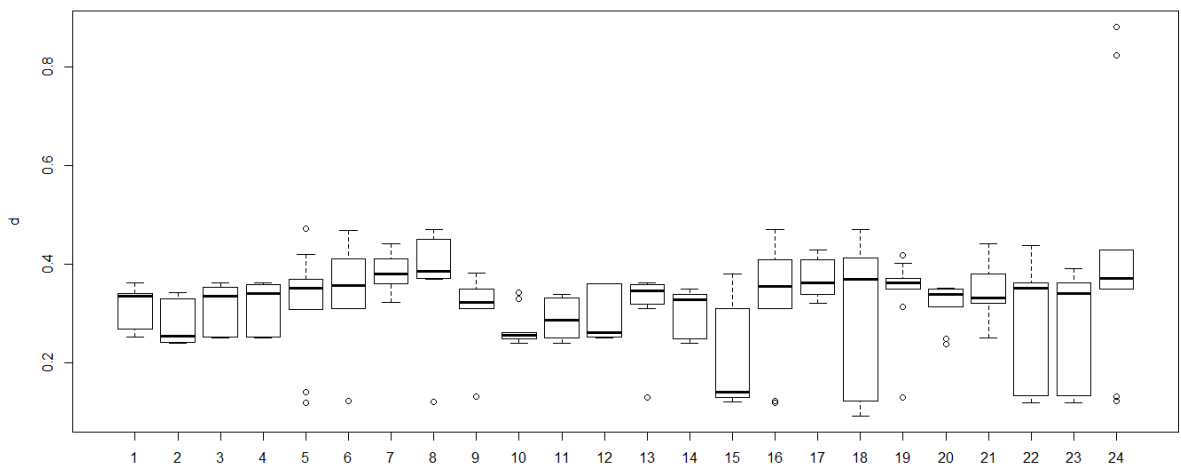
Año	λ	D	d
2010	0.050	0.789	0.368
2011	0.080	0.141	0.468
2012	0.071	0.110	0.438
2013	0.090	0.170	0.471
2014	0.060	0.071	0.440
2015	0.060	0.051	0.982
2016	0.060	0.049	0.588
2017	0.099	0.338	0.431
2018	0.090	0.189	0.478

Para clasificar las entidades y comparar su evolución en el tiempo se utilizaron los anexos [A](#), [F](#), [G](#) . De este se pueden tomar varios conjuntos de entidades. Para efectos de este análisis tres: el primer, compuesto por Banco de la República, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Fuerza aérea Colombiana y la Armada Nacional. Es posible afirmar que estas entidades presentan un comportamiento similar para la variable ambiente institucional en el periodo 2010-2018. El segundo, compuesto por la Universidad Nacional de Colombia, Ejército Nacional de Colombia, Procuraduría General de la Nación, Ministerio de Educación Nacional y Ministerio de Salud y Protección social. Es posible afirmar que estas entidades presentan un comportamiento similar para la variable desempeño institucional en el periodo 2010-2018. Y por último, el tercero compuesto por la Superintendencia Financiera de Colombia, Policía Nacional, Fuerza aérea de Colombia y Ministerio de Salud y Protección social, presentan comportamiento similar para la variable prevención de prácticas irregulares institucional en el periodo 2010-2018. A su vez, al revisar los mismos anexos mencionados anteriormente, los sectores 4 varios y 5 ministerios muestran un comportamiento similar en todas las variables de estudio, lo cual tiene que ver por la estructura organizacional del país.

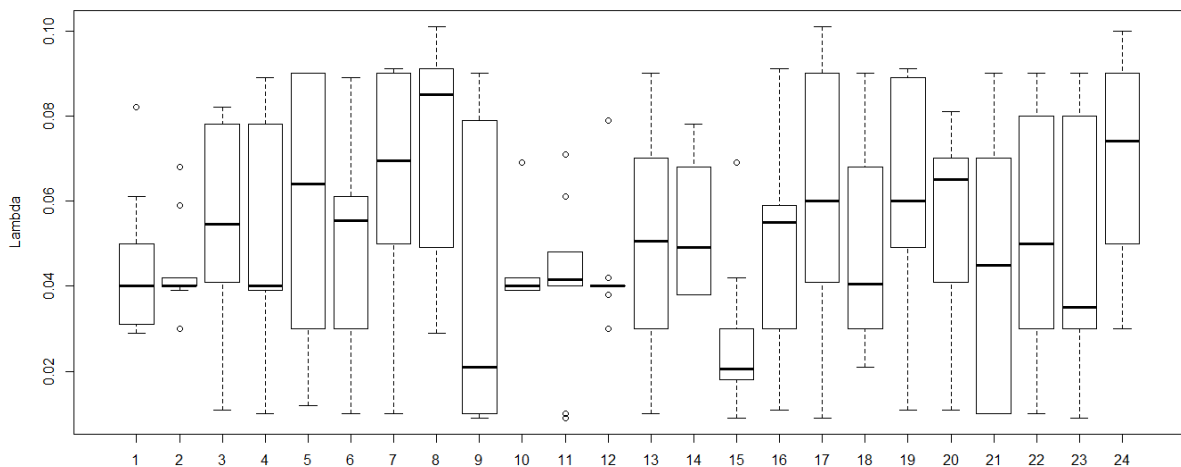
(a) Parámetro D (b) Parámetro d (c) Parámetro λ **Figura 4.2.:** Ambiente Institucional, Promedio de los diferentes años para cada Entidad.



(a) Parámetro D



(b) Parámetro d



(c) Parámetro λ

Figura 4.3.: Desempeño Institucional, Promedio de los diferentes años para cada Entidad.

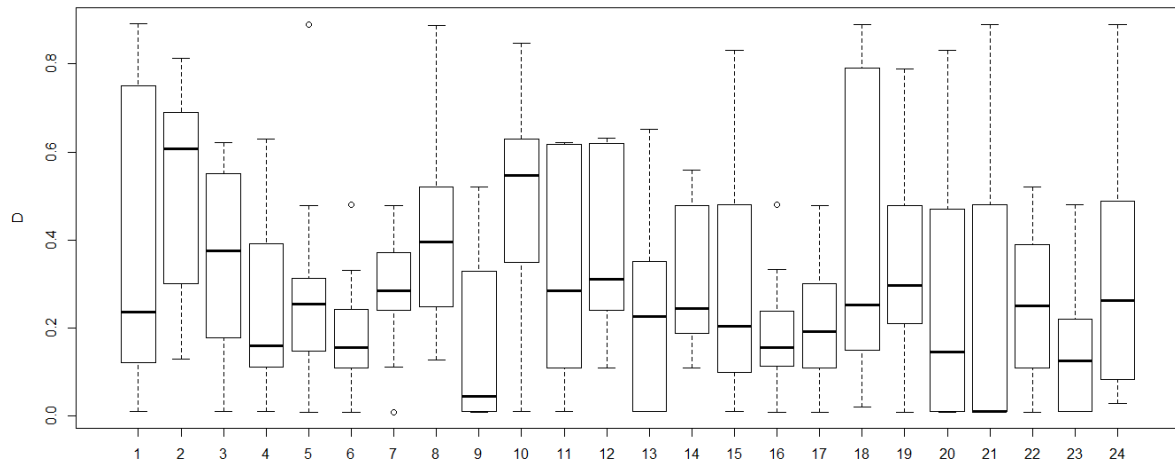
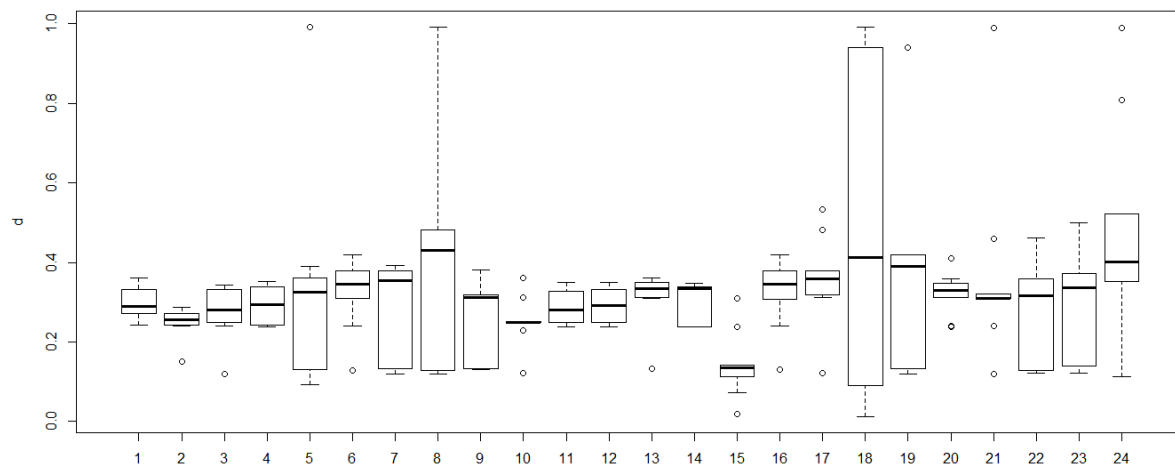
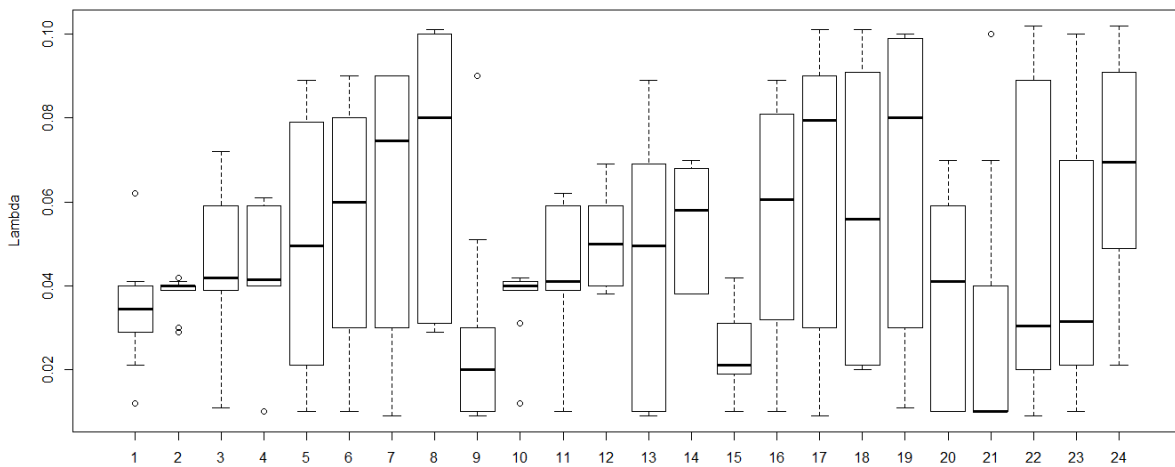
(a) Parámetro D (b) Parámetro d (c) Parámetro λ

Figura 4.4.: Prevención de Prácticas Irregulares, Promedio de los diferentes años para cada Entidad.

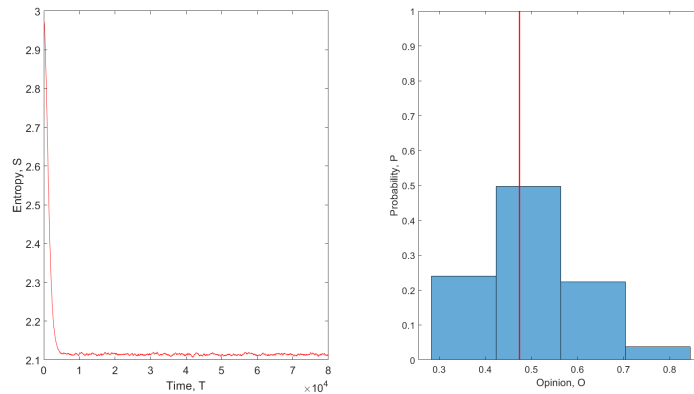


Figura 4.5.: Entropía e Histograma normalizado, Distribución opinión agentes. Parámetros tendencia usados en el modelo FON, Universidad Nacional de Colombia. Variable: Ambiente Institucional.

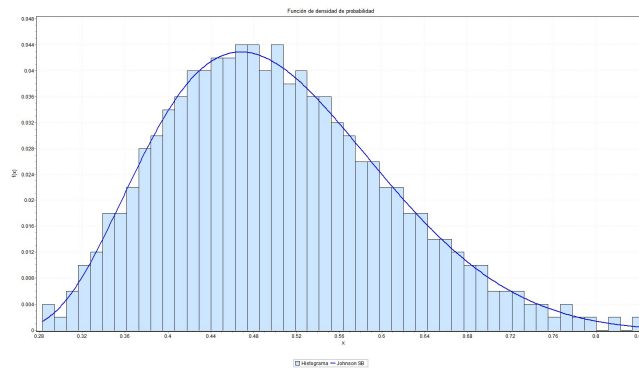


Figura 4.6.: Entropía e Histograma normalizado, Distribución opinión agentes. Parámetros tendencia usados en el modelo FON, Universidad Nacional de Colombia. Variable: Ambiente Institucional.

Al suponer una combinación específica de parámetros como por ejemplo $\lambda = 0,081$, $D = 0,247$, $d = 0,695$ como entrada en el modelo FON, se realiza una simulación de Monte Carlo con $N = 500$ (agentes), $T = 8e4$ (pasos de tiempo) y $Nsim=1e2$ (número de simulaciones). Al llegar al equilibrio se toma la distribución de opinión de los agentes y se construye un histograma bins=4, calculando el valor para cada bin. Dichos valores servirán como las categorías de los indicadores compuestos para al año determinado. Las alturas en el histograma de la figura 4.5 hacen referencia a las categorías: Totalmente Favorable (0.240), Favorable (0.498), Desfavorable (0.224) y Totalmente Desfavorable (0.038). Estos valores sirven como la percepción virtual de los empleados para un entidad específica asociada a la variable (capacidad dinámica): Ambiente Institucional. Donde la función de probabilidad asociada resulta ser una Johnson SB con parámetros ($\gamma = 1,337$, $\delta = 1,7708$, $\lambda = 0,87172$, $\xi = 0,21401$) figura

4.6. Al revisar el Anexo: H es posible observar que si se selecciona una entidad perteneciente a cada sector, la variable Ambiente Institucional se comporta de manera similar independiente de la entidad, esto supone un comportamiento universal para esta variable. Para verificar la anterior afirmación, se ha seleccionado a la Universidad Nacional de Colombia figura y la Procuraduría General de la Nación, con el fin de reproducir los valores de opinión de la variable ambiente institucional haciendo uso del modelo de opinión nuevo FON y encontrando que la función de distribución que mejor se ajusta para cada año e ver figuras 4.7 y 4.8. Para el caso se tiene el mejor ajuste con la distribución generalizada de valores extremos (DGVE) tablas 4-3 y 4-4. Donde la función de distribución acumulada figura 4.9 verifica que el ajuste es bueno. Dicha función de distribución tiene la forma,

$$f(x, \xi) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \exp(-(1 + \xi x)^{-\frac{1}{\xi}}) (1 + \xi x)^{-1 - \frac{1}{\xi}} & \text{si } \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp(-x - \exp(-x)) & \text{si } \xi = 0 \end{cases} \quad (4-2)$$

con el dominio definido como $1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma}$ para $\xi \neq 0$. Y $-\infty < x < +\infty$ para $\xi = 0$. Luego esta función de distribución tiene tres parámetros, ξ : de forma, $\sigma > 0$ de escala y μ de localización. Por otro lado, para las variables Desarrollo Institucional y Prevención de prácticas irregulares no se tiene dicha universalidad.

Tabla 4-3.: Valores de los parámetros de entrada del modelo FON (λ , D , d) y DGVE (ξ , σ , μ) años 2010-2018, Universidad Nacional de Colombia. Variable: Ambiente Institucional

Año/Par.	λ	D	d	ξ	σ	μ
2010	0.050	0.789	0.368	-0,01237	0,07093	0,48704
2011	0.080	0.141	0.468	-0,05836	0,11847	0,45266
2012	0.071	0.110	0.438	-0,03329	0,12043	0,45320
2013	0.060	0.071	0.440	-0,02603	0,12435	0,44912
2014	0.090	0.170	0.471	-0,03964	0,12653	0,45440
2015	0.060	0.051	0.982	-0,09495	0,13024	0,44031
2016	0.060	0.049	0.588	-0,08941	0,13723	0,44496
2017	0.099	0.338	0.431	-0,05824	0,11065	0,46419
2018	0.090	0.189	0.478	-0,05727	0,11768	0,4517

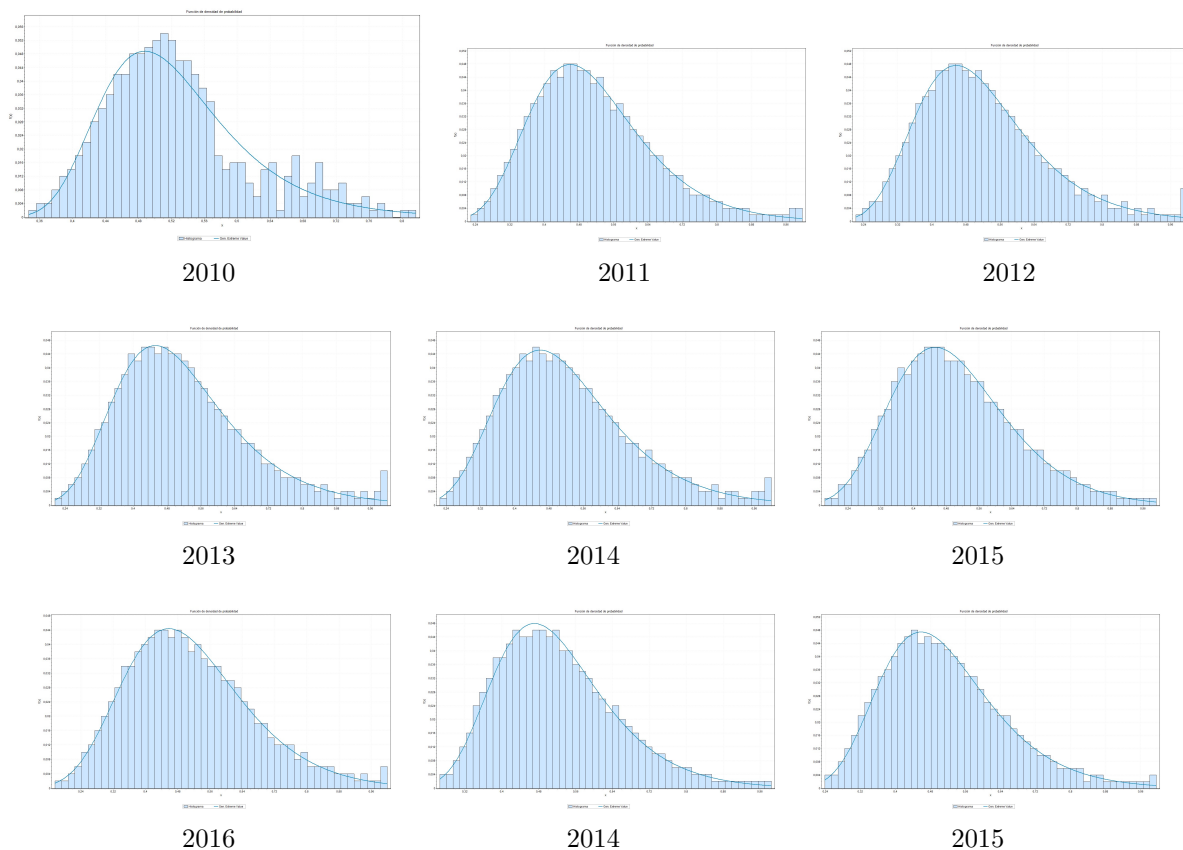


Figura 4.7.: Distribución de la opinión de los agentes. Variable: Ambiente Institucional, periodo 2010-2018. Universidad Nacional de Colombia.

Tabla 4-4.: Valores de los parámetros de entrada del modelo FON (λ , D , d) y DGVE (ξ , σ , μ) años 2010-2018, Procuraduría General de la Nación. Variable: Ambiente Institucional

Año/Par.	λ	D	d	ξ	σ	μ
2010	0.050	0.791	0.370	-0,08133	0,07053	0,49393
2011	0.079	0.140	0.470	-0,05764	0,11593	0,44949
2012	0.070	0.111	0.438	-0,04257	0,11656	0,45175
2013	0.058	0.072	0.438	-0,04002	0,11780	0,45117
2014	0.088	0.170	0.468	-0,04383	0,12130	0,45129
2015	0.058	0.052	0.979	-0,09872	0,12512	0,44253
2016	0.081	0.051	0.590	-0,09414	0,12922	0,44477
2017	0.101	0.342	0.431	-0,05164	0,11588	0,46969
2018	0.089	0.191	0.480	-0,05963	0,11369	0,4489

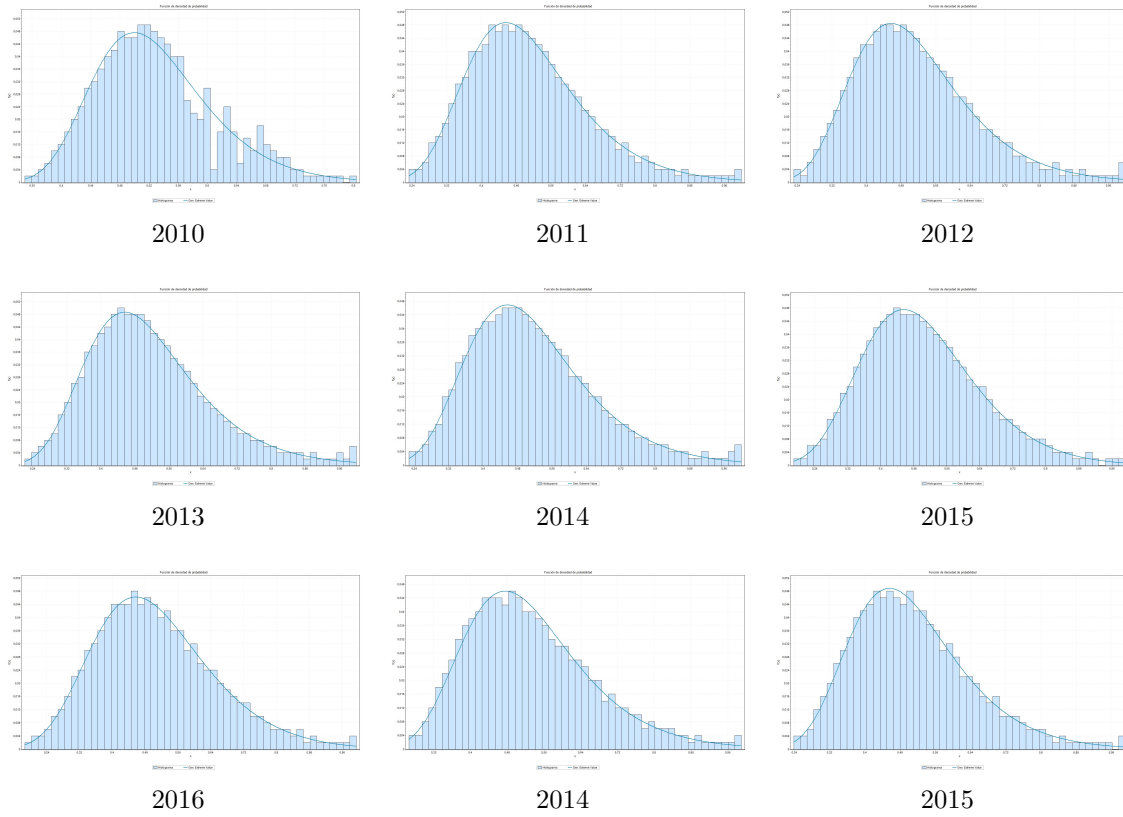


Figura 4.8.: Distribución de la opinión de los agentes. Variable: Ambiente Institucional, periodo 2010-2018. Procuraduría General de la Nación

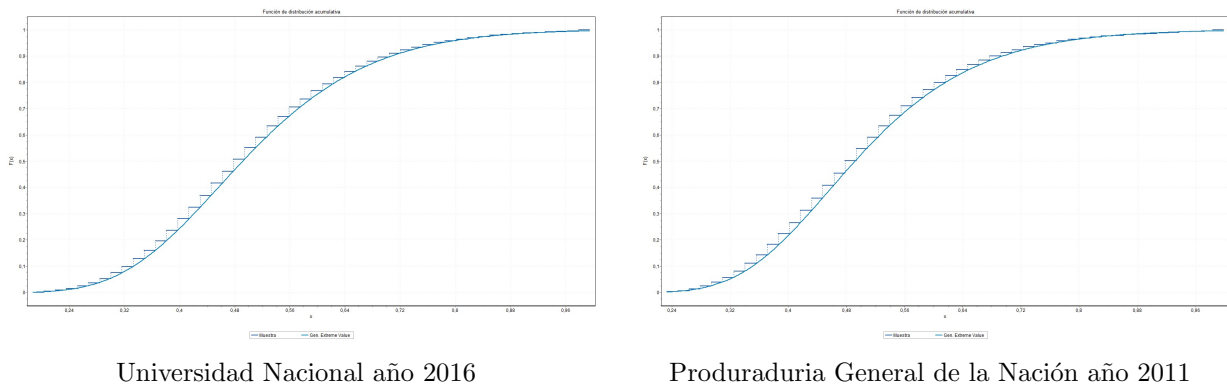


Figura 4.9.: Distribución acumulada de la opinión de los agentes y ajuste. Variable: Ambiente Institucional.

5. Conclusiones

Se ha presentado en el contexto de la sociofísica un modelo cinético de formación de opinión nuevo (FON) que tiene la propiedad de generar macroscópicamente patrones de distribución de opinión heterogéneos, lo cuál es un hecho novedoso en los modelos de formación de opinión desarrollados en sociofísica.

El hecho de que el modelo FON presente patrones de distribución de opinión heterogéneos es lo que ha permitido que este modelo haya sido aplicado al estudio de las capacidades dinámicas organizacionales relacionadas con las variables de opinión empíricas sobre ambiente y desempeño institucional de 24 entidades públicas colombianas del orden nacional. Las variables de opinión empíricas han sido obtenidas a partir de los resultados de la encuesta EDI que es aplicada anualmente por el DANE desde el año 2010 y que fue desarrollada e implementada con el objetivo de generar dos índices de desarrollo de la administración pública, que permitan eventualmente clasificar a estas entidades y comparar su evolución en el tiempo.

El modelo FON ha sido construido a partir de la superposición de dos modelos muy bien establecidos en sociofísica: el modelo cinético de formación de opinión de Deffuant (FOD) [12] y el modelo FOLCCCE, este último propuesto, como aporte de esta tesis, como extensión del modelo cinético de formación de opinión de Lallouache, Chakrabarti, Chacraborti y Chakrabarti (FOLCCC) [23].

En el modelo FON se tienen simultáneamente los parámetros de entrada presentes en los modelos FOD y FOLCCCE, con lo cual y de acuerdo con los valores de estos parámetros de entrada, cuando el sistema se encuentra en estado de equilibrio, se pueden presentar las siguientes dos configuraciones macroscópicas: (i) Homogénea, caracterizada por la polarización de los agentes, es decir una sola opinión o algunas pocas opiniones son tomadas por la totalidad de los agentes del sistema, de tal forma que se reproducen por separado los resultados de los modelos FOD y FOLCCCE, siendo estos dos modelos casos particulares de modelo FON, (ii) heterogénea, caracterizada por una diversidad de opiniones que se distribuyen entre todos los agentes, con lo cual se encuentran patrones de distribución que se pueden ajustar a algunas determinadas funciones de distribución bien conocidas.

Debido a que el modelo FON puede generar patrones de distribución de opinión heterogéneos, los cuáles han sido obtenidos a través de simulaciones de Monte Carlo, es posible reproducir

las distribuciones de opinión empíricas provenientes de la encuesta EDI. Este último hecho ha dado como resultado que los valores encontrados de los parámetros de entrada del modelo, con los cuales se han podido reproducir por simulación los patrones de distribución empíricos asociados con las diferentes variables de opinión obtenidas de los resultados de la encuesta EDI, se hayan utilizado para clasificar a las entidades públicas estudiadas y comparar cómo ha sido su evolución en el tiempo.

Se han estudiado detalladamente los modelos FOD [12] y FOLCCC [28], incluidas algunas variantes en este último, reproduciendo sus características y presentando algunos análisis sobre estos dos modelos que son novedosos, tales como haber determinado el comportamiento de la entropía de Shannon como criterio para conocer si el sistema en la simulación ha alcanzado el estado de equilibrio y la obtención de los patrones de distribución de opinión dos-dimensional y tri-dimensional.

Se ha propuesto, como una extensión del modelo FOLCCC [28], el modelo FOLCCCE, correspondiente a haber modificado el rango de valores de opinión del intervalo $[-1, 1]$ al intervalo $[0, 1]$, incluyendo un nuevo parámetro dentro del modelo, lo cual es un aporte original de esta tesis.

Para los modelos FOD, FOLCCC, FOLCCCE y FON se ha obtenido la entropía de Shannon, con el fin de poder tener un criterio y conocer si el sistema ha alcanzado el estado de equilibrio en las diferentes simulaciones.

Se ha aplicado el modelo FON utilizando la configuración de heterogeneidad para estudiar las capacidades dinámicas organizacionales relacionadas con las variables de opinión empíricas sobre ambiente y desempeño institucional de 24 entidades públicas colombianas del orden nacional que ha sido obtenidas a partir de los resultados de la encuesta EDI.

Se han utilizado los valores de los parámetros de entrada del modelo FON que han permitido reproducir por simulación las variables de opinión obtenidas a partir de la encuesta EDI para clasificar a las entidades públicas estudiadas y para comparar su evolución en el tiempo.

Hasta donde se ha podido conocer, los resultados de la encuesta EDI ha sido utilizados por primera vez para un propósito académico, en este caso un insumo fundamental para el desarrollo de una tesis de maestría, resaltándose también que en esta tesis se ha podido cumplir con uno de los objetivos que motivaron el desarrollo de la encuesta EDI, es decir realizar una clasificación de las entidades públicas estudiadas y comparar su evolución en el tiempo.

Fueron seleccionadas 24 entidades públicas del orden nacional, de las cerca de 200 a las que el DANE les aplica la encuesta EDI, de tal manera que pertenecieran a 6 sectores diferentes,

con el fin de poder tener un criterio de clasificación adicional que permitiera diferenciarlas. Para ellas se han reproducido por simulación las distribuciones de las diferentes variables de opinión obtenidas de la encuesta EDI,

Como expectativas a futuro para darle continuidad al trabajo presentado en esta tesis se espera que la metodología desarrollada en la misma, cuyo ingrediente fundamental ha sido el desarrollar el nuevo modelo de formación de opinión FON, pueda ser extendido para estudiar otros aspectos organizacionales en otro tipo de entidades públicas o privadas. También se espera poder identificar y aplicar el modelo FON en la descripción de algunas propiedades de otros sistemas sociales reales. De igual forma, se espera poder derivar, partiendo de una perspectiva teórica variacional, las reglas de intercambio presentes en los modelos cinéticos de formación de opinión estudiados en esta tesis, es decir para los modelos FOD, FOLCCC, FOLCCCE y FON. Por último, se espera que el tipo de trabajo presentado en esta tesis, que tiene un origen en la física estadística, pueda llegar a tener repercusiones en la Sociofísica, así como en la Ingeniería Industrial y en la Administración, por presentarse la posibilidad de que este tipo de trabajo pueda contribuir a entender ciertos aspectos de las organizaciones desde una nueva perspectiva.

A. Anexo: Acerca de las organizaciones

Para definir adecuadamente el concepto de organización es necesario hablar de los modelos de sistemas racionales, naturales, cerrados y abiertos [51]. Por tal razón se expone la figura 3-1, donde se muestran las relaciones de los diferentes modelos. Cuando se habla del modelo de sistema racional es porque existe un grupo de acciones coordinadas con un propósito, las cuales son realizadas por ciertos agentes. Generalmente dichas acciones están enfocadas al manejo de la información, la eficiencia, la optimización, la implementación y el diseño de sistemas productivos; están estrechamente ligadas a programas de control, coordinación, normas, directivas, y presentan limitaciones de tipo cognitivo, que aquí está presente el juicio de valor de cada agente al interior de la organización. Generalmente estos modelos racionales tienen cierto grado de formalización, que intenta controlar indirectamente algunas conductas de los agentes, lo cual permite entender la organización como un sistema mecánico que se estructura por piezas, donde existe una planeación y el bien general es lo más importante. En contraste con el modelo de sistema racional se centra en las características de las organizaciones que los distinguen de otros grupos sociales, el modelo de sistema natural hace énfasis en lo común entre las organizaciones y otros sistemas. Los teóricos del sistema natural no niegan que las organizaciones tengan características distintivas, pero argumentan que ésta se ve opacada por características más genéricas, y procesos compartidas por todas las colectividades sociales. Por lo tanto, las metas de producción específicas de las organizaciones a menudo son distorsionadas por las energías dedicadas a la búsqueda de objetivos del sistema. Esta es la preocupación por sobrevivir. En general, mientras que el modelo de sistema racional insiste en la estructura normativa de las organizaciones, el modelo de sistema natural pone gran énfasis en la estructura del comportamiento. Y donde la perspectiva del sistema racional insiste en la importancia de la estructura de la organización sobre los intereses y capacidades individuales, la perspectiva sistema natural revierte estas prioridades. Los modelos cerrados se fundamentan en las relaciones existentes al interior de la organización y poco se preocupan por el entendimiento de su entorno. En cambio, la perspectiva del sistema abierto se desarrolló posteriormente a los modelos racional y natural. Este modelo considera la complejidad y la variabilidad de las partes, tanto individuales y como de subgrupos. Además, tiene en cuenta la facilidad de las conexiones entre ellos. Los agentes y subgrupos pueden tener comportamientos semiautónomos en la toma de decisiones. Los estudiosos del sistema abierto abandonan la concepción propia de la organización a favor de las acciones y pasan a entenderla más como un proceso. Además, la teoría evolutiva se introduce para apoyar los estudios de cambio a medida que se introducen nuevos elementos a la organización.

La dimensión cultural y cognitiva de los grupos sociales tiene un lugar preponderante en la perspectiva de sistemas abiertos: gran atención se dedica a los flujos de información y las actividades de los sentidos de decisiones. Las organizaciones además de crear conocen el significado de su entorno. En este y otros aspectos, la interdependencia de la organización y su medio ambiente reciben la atención primaria en la perspectiva de sistema abierto. Se presta atención a cómo se observa el medio ambiente; como suele ser el caso de la mayoría de teorías de sistemas racional y teorías de sistemas naturales, se observó viendo como ajeno y hostil, como es el caso de algunas teorías tempranas. La perspectiva de sistema abierto subraya los vínculos recíprocos que se unen y se refieren a la organización de los elementos y de los flujos que lo rodean y lo penetran. El medio ambiente se percibe como la fuente última de materiales, energía, e información, que son de vital importancia para la continuación de la sistema.

<i>Levels of Analysis</i>	<i>Closed System Models</i>		<i>Open System Models</i>	
	<i>1900-1930 Rational Models</i>	<i>1930-1960 Natural Models</i>	<i>1960-1970 Rational Models</i>	<i>1970- Natural Models</i>
Social Psychological	Scientific Management Taylor (1911) Decision Making Simon (1945)	Human Relations Whyte (1959)	Bounded Rationality March and Simon (1958)	Organizing Weick(1969)
Structural	Bureaucratic Theory Weber (1968 trans.) Administrative Theory Fayol (1919)	Cooperative Systems Barnard (1938) Human Relations Mayo (1945) Conflict models Gouldner (1954)	Contingency Theory Lawrence and Lorsch (1967) Comparative Structure Woodward (1965) Pugh et al. (1969) Blau (1970)	Sociotechnical Systems Miller and Rice (1967)
Ecological			Transaction Cost Williamson (1975) Knowledge-based Nonaka and Takeuchi (1995)	Organizational Ecology Hannan and Freeman (1977) Resource Dependence Pfeffer and Salancik (1978) Institutional Theory Selznick (1949) Meyer and Rowan (1977) DiMaggio and Powell (1983)

Figura A.1.: Modelos teóricos dominantes y teóricos representativos: Un modelo en capas.
Tomado de [51]

Es necesario comprender que el desarrollo organizacional visto como “un sistema de colaboración de valores basado en aplicar el conocimiento de la ciencia del comportamiento para el desarrollo de adaptación, mejora y refuerzo de características tales como la organización de las estrategias, estructuras, procesos, personas y culturas que llevan a la eficacia de la organización” [52], ha tomado tal importancia que, actualmente es posible dejar de entender la organización como un sistema convencional [53] y entenderla como un sistema complejo donde las organizaciones se adaptan a su entorno y hacen frente a diferentes situaciones de incertidumbre. Un sistema complejo se caracteriza porque la interacción entre sus partes

genera propiedades adicionales al sistema propias de la interacción. Dichos sistemas tienen características tales como: circuitos de retroalimentación, cierto grado de orden espontáneo, robustez, organización emergente, numerosidad, organización jerárquica. Desde este enfoque, las organizaciones pueden ser tratadas como sistemas adaptativos complejos, es decir se comportan y evolucionan de acuerdo con tres principios fundamentales: (1) el fin es emergente en lugar de jerárquico (2) la historia del sistema es irreversible y (3) el futuro del sistema es a menudo impredecible. Los bloques básicos de la CAS de construcción son agentes. Los agentes son unidades semiautónomas que tratan de maximizar alguna medida de bondad o de adecuación al evolucionar con el tiempo [52]. Actualmente en ingeniería industrial y desde el enfoque racional se manejan modelos como la administración por objetivos (MBO), la planificación, programación, presupuestos por sistemas (PPBS) y el modelo de técnica de revisión y evaluación de programas PERT, con algunas limitaciones, como: 1. se hace demasiado énfasis en el establecimiento de objetivos sobre el funcionamiento de un plan como motor de los resultados, 2. se hace poco énfasis en la importancia del medio ambiente o contexto en el que se establecen las metas, y 3. el PERT no es fácilmente escalable para proyectos más pequeños.

En investigaciones como las mostradas en [54], se observa que el ambiente organizacional y el comportamiento de cada agente juegan un papel muy importante en el desarrollo de una organización. Desde este punto de vista siempre se ha generado una gran controversia por comprender cuáles son los factores más relevantes para encontrar el mejor camino para la organización. En [55] se habla de la eficiencia, la adaptabilidad y la innovación como factores primordiales en el desarrollo de una organización, y se muestra cuál debe ser el rol del empleado al interior de la organización con la intención de propiciar una mejora continua.

A.1. Las organizaciones: como un sistema complejo

Según lo señalado en [56], " la teoría de la complejidad constituye un campo interdisciplinario de investigación, donde varios enfoques suelen encontrar una especie de convergencia. De hecho, la teoría de la complejidad se compone de varias contribuciones separadas de campos tan diferentes como la biología, la química, la física, la informática, etc. Aunque todos ellos se refieren al mismo conjunto de proposiciones básicas, existen grandes diferencias entre ellos, y por lo tanto también los antecedentes teóricos y metodológicos. Esto tiene que ver con el hecho de que, a pesar de que en las diferentes áreas del conocimiento se presentan similitudes en los tipos de problemas no lineales, todos se resuelven de forma independiente y teniendo en cuenta ciertos detalles de la misma área del conocimiento. Luego, no es sorprendente encontrar en la literatura cierto tipo de pluralismo metodológico que hasta ahora ha condicionado de alguna manera la difusión de esta disciplina, en lo que respecta al enfoque reduccionista. Muchos han señalado que la falta de un modelo integrado muestra

algunas ambigüedades en la definición de lo que precisamente implica el holismo y una falta de orientación metodológica unificada para el análisis empírico. Y esto es aún más cierto cuando se aplica la ciencia compleja para las ciencias sociales.

Cuando se habla de un sistema complejo, es necesario hablar de la conectividad. De hecho, la principal característica de un sistema complejo es que cada agente no puede determinar su estado a menos que interactúe con los otros. Por lo tanto, el grado de conectividad entre los agentes se convierte en un elemento crucial para la comprensión de la complejidad. De hecho, podemos hablar de sistemas complejos sólo si hay algunas unidades de conexión entre los agentes, entendiéndose la unidad de conexión como el intercambio entre ellos, y que el estado de un agente no puede ser independiente de al menos otro, lo cual tiene muchas implicaciones.

A partir de la imposibilidad de utilizar un enfoque de estática comparativa para la comprensión de los patrones dinámicos (capacidades dinámicas organizacionales) que solamente emergen como resultado de varias dinámicas vinculadas a los agentes, junto con el hecho de que cada agente tiene un impacto diferente sobre la dinámica del sistema y si un sistema de relaciones se puede definir separado de los demás, entonces habrá un conjunto de relaciones con otros sistemas, frente a el estado final de un sistema es el resultado de la co-evolución de varios sistemas relacionados, se hace necesario utilizar herramientas que permitan entender al sistema (organización) como un todo. Además, la conectividad implica que hay señales (cantidades de energía o materia) que fluyen entre los agentes conectados. Por lo tanto, cuanto mayor es la conectividad, mayor es el intercambio de señales entre los agentes. Esto tiene la implicación de que cuanto mayor es el flujo de energía y materia entre los agentes, mayor será la señal de sobrecarga que el agente implicado tiene que gestionar. Esto a su vez implica que cuanto mayor sea el flujo de las señales que un agente tiene que tratar, más 'organizado' debe ser. Por lo tanto, si el grado de organización de un agente aumenta, se da un aumento del grado de conectividad, y el aumento de la conectividad implica mayores empujones hacia la inestabilidad. En conclusión, la conectividad puede verse como un grave obstáculo en el desempeño de una organización, sea cual sea el rendimiento que desea tener.

Para visualizar una organización como un sistema complejo, es necesario considerar la noción de retroalimentación. Se observó que las evaluaciones no son una particularidad de los sistemas complejos, pero son unos elementos cruciales en los sistemas ortodoxos (newtoniana). Sin embargo, lo que diferencia entre los dos es que en este último caso el elemento predominante está constituido por retroalimentación negativa. De hecho, basado en el funcionamiento de retroalimentación negativa, un sistema puede ser demostrado ser estable. El voto negativo es uno de los elementos más importantes para determinar el nivel de estabilidad (local o global). Una vez que la retroalimentación positiva se considera, puntos de desequilibrio exhibirán el comportamiento 'no deseado' de estallar fuera de retroalimentación positiva de equilibrio, lo cual implica que más de un punto de equilibrio se puede determinar, lo cual

tiene implicaciones sobre la previsibilidad. Pero hay más en esto, ya que si esta noción es, junto con la de la sensibilidad a las condiciones iniciales, nos quedamos con dos elementos que piden imprevisibilidad: uno cuantitativo (retroalimentación positiva) y cualitativo (dependencia de pequeños eventos). Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que dos mecanismos están en el trabajo cuando se observan caminos divergentes: una relacionada con el efecto de retroalimentación positiva, otro relacionado con la sensibilidad a las condiciones iniciales.

Otro conjunto de conceptos asociados a los sistemas complejos se relaciona con las estructuras disipativas lejos del equilibrio. Si un sistema se ve obligado a estar en un estado lejos del equilibrio, es posible demostrar que la dinámica resultante determina el 'orden de las fluctuaciones'. El sistema se reconfigura a fin de mantener un estado dinámico estacionario que se define por el equilibrio de intercambio dinámico de energía con el medio ambiente, y requiere una entrada de energía para mantenerse como 'disipativo'. El sistema puede mantener su estado exportando continuamente 'desorden' e importando 'orden' desde el exterior. Este proceso tiene una particularidad muy interesante: para que el sistema pueda permanecer lejos del equilibrio tiene que explorar el espacio circundante de posibilidades y descubrir cómo crear nuevas formas de vincular sus agentes constitutivos (es decir, de innovar). De hecho, este estado es muy interesante si se aplica a las ciencias sociales. Cuando un agente se ve obligado a estar lejos del equilibrio (es decir, lejos de patrones bien establecidos de comportamiento) se vuelve crucial para iniciar un proceso de exploración de las posibles alternativas. Por tanto, el agente se empuja hacia un comportamiento innovador con el fin de buscar formas alternativas para alcanzar un determinado objetivo.

Por medio del concepto de sistema complejo es posible describir la organización como un sistema socio-económico que puede tener comportamiento estocástico ó determinista, según sea el caso. Este hecho, esto es interesante, ya que puede servir al propósito de describir el comportamiento racional (newtoniano) de los agentes económicos (a largo de una sola trayectoria determinista), y la relevancia de los pequeños acontecimientos históricos. De este modo es posible describir tanto los patrones consolidados de conducta de los agentes durante largos períodos y la posterior disposición de los agentes individuales a desviarse de este tipo consolidado de comportamiento (o el papel crucial de los pequeños acontecimientos casuales de limitada relevancia cuantitativa) . Desde una perspectiva evolutiva, los dos componentes pueden describir tanto la conducta normal y anormal.

De este modo es posible analizar a fondo el problema de la previsibilidad en este marco en particular. El problema de la previsibilidad tiene que ser visto desde la perspectiva de varias capas que la teoría de sistema complejo abarca. De hecho, bajo ciertas condiciones, el comportamiento de un sistema altamente no lineal se caracteriza por patrones deterministas. Esto significa que, en estos casos, hay relaciones biunívocas entre las variables, que determinan totalmente las relaciones regulares. Dentro de este primer conjunto de condicio-

nes, el sistema exhibe previsibilidad y reversibilidad: el sistema se mueve a lo largo de una trayectoria estable y se puede mover en cualquier dirección. En esta etapa se puede decir que hay una retroalimentación negativa en el trabajo. Si se supera un cierto umbral, otros patrones se ponen en movimiento. En este caso el sistema es inestable e impredecible. La retroalimentación positiva contribuye a hacer que el camino sea más divergente al punto de partida. Sin embargo, para ciertos valores en los parámetros ‘el sistema podría operar en el límite entre estos dos estados’ que se conoce como el ‘borde del caos’ o ‘transición de fase’. El comportamiento en el borde de caos se caracteriza por la inestabilidad limitada, lo que significa que el patrón de comportamiento específico es impredecible, pero este patrón impredecible está confinado dentro de un cierto marco general predecible que delimita el conjunto de patrones de comportamiento probable.

Por lo tanto, la previsibilidad significa en este caso que lo que se tiene es un rango dentro del cual podemos ejercer nuestras predicciones. Los atractores constituyen los equilibrios de la dinámica del sistema, y algunas de sus características, que son conocidas, circunscriben el comportamiento del sistema, que de esta manera es predecible, obviamente no de la manera reduccionismo nos han enseñado. Además, así se puede decir que los atractores son los elementos que garantizan la presencia de variedad dentro del sistema. De hecho, ya que es posible converger hacia un conjunto de posibles formas de organización, en lugar de sólo una, el sistema continuamente se alimenta de la variedad generada por el proceso de convergencia, si y sólo si este proceso converge a un atractor en lugar de un punto”.¹

Podría decirse entonces que el sistema (la organización) en sí está compuesto por muchos agentes interrelacionados. Por definición, la acción de un agente se ve influenciada por las influencias de todos los demás agentes del sistema. Pero a medida que el comportamiento de un agente depende del de los demás, se puede decir con seguridad que se trata de un proceso de co-evolución derivada de las respuestas de todos los elementos del sistema. En el marco de este proyecto a estos procesos se les denotará como capacidades dinámicas organizacionales.

A.2. Las capacidades dinámicas organizacionales

Las primeras definiciones sobre las capacidades dinámicas se pueden encontrar en [57, 58, 59]. De manera que es posible en primera aproximación definir las como: las capacidades de sentir y luego aprovechar las nuevas oportunidades para volver a configurar, protegiendo los activos de conocimiento, competencias y activos complementarios con el objetivo de lograr una ventaja competitiva sostenible.

¹Tomado de [56]

Author(s)	Definitions
	1. Definitions focusing on the results of dynamic capabilities
Collis (1994, 145-146)	'... organizational capabilities as the socially complex routines that determine the efficiency with which firms physically transform inputs into outputs organizational capabilities are embedded in firm routines' (p. 145). The author defines capabilities at different levels: second and higher-level capabilities are 'dynamic' capabilities. 'This captures in a single definition both capabilities as a direct improvement of efficiency ... and as the ability to conceive of new ways to create value' (p. 146)
Dosi, Nelson and Winter (2000, 6)	'A successful large corporation derives competitive strength from its excellence in a small number of capabilities clusters where it can sustain a leadership position over time. This comes very close to the concept of "dynamic capabilities" advanced by Teece et al. (1997)'.
Griffith and Harvey (2001, 598)	'A global dynamic capability is the creation of difficult-to-imitate combinations of resources, including effective coordination of inter-organizational relationships, on a global basis that can provide a firm a competitive advantage'.
Hoopes, Madsen and Walker (2003, 893)	'... is located in those activities where key innovations improve the value or cost of a firm's product or service. Lacking this capability, a firm cannot overcome the onslaught of subsequent start-up innovations and thereby cannot develop a V-C profile consistently superior to rivals' profiles'.
	2. Definitions focusing on the presence of external conditions
Teece and Pisano (1994, 541)	'The subset of the competences/capabilities which allow the firm to create new products and processes and respond to changing market circumstances'
Teece et al. (1997, 516)	'The firm's ability to integrate, build, and reconfigure internal and external competences to address rapidly changing environments'.
Eisenhardt and Martin (2000, 1107)	'The firm's processes that use resources – specifically the processes to integrate, reconfigure, gain and release resources – to match or even create market change. Dynamic capabilities thus are the organizational and strategic routines by which firms achieve new resources configurations as markets emerge, collide, split, evolve and die'.
Rindova and Taylor (2002, 6)	'... dynamic capabilities can be understood as change processes unfolding at two levels: a micro-evolution through 'upgrading the management capabilities of the firm' and a macro-evolution associated with developing new competencies in order to respond to changing customer demands (reconfiguring market competencies)'.
	3. Definitions focusing on abilities or activities which make the firm dynamic
Zollo and Winter (2002, 340)	'A dynamic capability is a learned and stable pattern of collective activity through which the organization systematically generates and modifies its operating routines in pursuit of improved effectiveness'.
Winter (2003, 991)	'... those that operate to extend, modify or create ordinary capabilities'.
Zahra et al. (2006, 924)	'We view dynamic capabilities as the abilities to reconfigure a firm's resources and routines in the manner envisioned and deemed appropriate by the firm' principal decision-maker(s)'.

Figura A.2.: Principales tipos de definiciones de capacidad dinámica. Tomado de [60]

Según [61] la definición de una capacidad dinámica es 'la capacidad de una organización para extender a propósito, crear o modificar su base de recursos'. Dichas capacidades pueden desagregarse en la aptitud técnica (la eficacia con un capacidad que se lleva a cabo) y la aptitud dinámica (es externa, si se está realizando la actividad adecuadamente). El logro de la aptitud técnica y dinámica también puede requerir la configuración del entorno, así como posicionarse ventajosamente dentro de él; Diferentes organizaciones pueden tener diferentes niveles de aptitud técnica y externa.

En [62] las capacidades dinámicas se diferencian en tres clases: la capacidad para detectar oportunidades, la capacidad de aprovechar las oportunidades y la capacidad para gestionar las amenazas a través de la combinación, la recombinación y reconfiguración de los activos dentro y fuera de los límites de la empresa.

Generic types of dynamic capabilities	Concepts/variables	References
(1) External observation and evaluation	Ability to scan the environment to evaluate the markets and competitors	Teece et al. (1997); Zollo & Winter (2002)
	Surveillance of markets and technologies	Teece et al. (1997)
	Willingness to adopt best practice (benchmarking)	Teece et al. (1997); Eisenhardt & Martin (2000)
	External integrative capability	Kickul and Liao (2004); Madsen et. al (2006)
	Idea generation capability	McKelvie and Davidsson (2006)
	Sensing and interpreting the environment	Coh et al. (2005)
	Assessment of strategic alternatives	Teece et al. (1997)
	Strategic path aligning capabilities (governance structure/board)	Borch and Madsen (2007)
	External reconfiguration and integration capability	Borch and Madsen (2007)
(2) Internal resource renewal	Internal coordination and integration	Teece et al. (1997)
	Patching (add, combine and split)	Eisenhardt and Martin (2000)
	Knowledge reconfiguration	Verona and Ravasi (2003)
	Product development routines	Eisenhardt and Martin (2000),
	New product development capability	McKelvie and Davidsson (2006)
	New process development capability	McKelvie and Davidsson (2006)
	Market disruptiveness capability	McKelvie and Davidsson (2006)
	Internal integrative capabilities	Kickul and Liao (2004)
	Innovative capabilities	Kickul and Liao (2004)
Development of specialized offerings	Coh et al. (2005)	

Figura A.3.: Ejemplos de tipos de capacidades dinámicas mostrados en la literatura. Tomado de [60]

Generic types of dynamic capabilities	Concepts/variables	References
	Reconfiguring market competencies	Rindova and Taylor (2002)
	Market responsiveness	Griffith et al. (2006)
	Dynamic capability	Sher and Lee (2004)
	Gain and release of resources	Eisenhardt and Martin (2000)
	Process R&D	Zollo and Winter (2002)
	Decentralisation and local independence (delegating)	Teece et al. (1997)
	Strategic decision-making routines (management)	Eisenhardt and Martin (2000)
(3) External resource acquisition	Alliance and resource acquisition routines	Eisenhardt and Martin (2000)
	Reconfiguring market competencies	Rindova and Taylor (2002)
	External coordination and integration (collaboration)	Teece et al. (1997)
	Replication and brokering	Eisenhardt and Martin (2000)
	Post-acquisition integration	Zollo and Winter (2002)
	Knowledge creation and absorption	Verona and Ravasi (2003)
	Integration of external competencies	Coh et al. (2005)
	Resource acquisition capabilities	Borch and Madsen (2007)
	Learning network capabilities	Borch and Madsen (2007)
	Recruitment of managers and expertise	Rindova and Taylor (2002)
(4) Internal resource reconfiguration	Reconfiguration and transformation	Teece et al. (1997)
	Knowledge integration	Verona and Ravasi (2003)
	Knowledge creation routines	Eisenhardt and Martin (2000)
	Resource allocation routines	Eisenhardt and Martin (2000)
	Restructuring, re-engineering	Zollo and Winter (2002)
	Upgrading the management capability	Rindova and Taylor (2002)
	Learning (repetition and experimentation)	Teece et al. (1997)
	Internal resource integration capability	Madsen et. al (2006)
	Internal flexibility capability	Borch and Madsen (2007)
	Contact with R&D institutions (by employees)	Eisenhardt and Martin (2000)

Figura A.4.: Continuación Figura 2-5. Tomado de [60]

Actualmente las capacidades dinámicas de las organizaciones responden directamente a la nuevas tecnologías y los mercados, remodelando, configurando y reconfigurando activos especializados. Pero deberían ser entendidas como las capacidades de la organización por sentir, aprovechar y transformar para generar y explotar competencias específicas de las empresas internas y externas, mientras responden a la configuración del entorno.

	<i>Strategic management</i>	<i>Technology</i>	<i>Organization</i>	<i>Evolutionary</i>
<i>What are dynamic capabilities?</i>	Higher-level strategic capabilities (competitive advantage)	Technological capabilities (organizational competences to overcome inertia)	Capabilities to create organizational knowledge (renew managerial cognition)	A learned collective activity (intentional routines)
<i>What do they apply to?</i>	Lower-level strategic capabilities/resources (competitive advantage)	Technology (i.e. technological knowledge, skills, know-how, recursive activities)	Organizational knowledge (managerial cognition)	Operational routines (quasi-automatic routines)
<i>Which is their core element?</i>	Organizational learning from a strategic point of view (competitive advantage)	Organizational learning combined with strategic considerations	Organizational learning from an organization theory perspective	Cognitive learning from an evolutionary viewpoint (variation-selection-retention)
<i>How is the firm conceived?</i>	A set of resources and capabilities whose integration/combination is a static factor	A technical system of resources with respect to which technological integration is dominant	An organization in which individual and collective knowledge interact	A set of organizational routines and capabilities
<i>How is the firm environment dealt with?</i>	An aseptic (strategic like) diamond with which the firm is integrated in formal terms (competitors, suppliers and consumers)	An industry characterized by competitive relationship and with a special focus on external (formal) technology integration and consumer integration	A set of organizations interacting (mainly) on a formal basis (inter-organizational learning)	A system of institutions which operate in a socio-political context with a territorial specification

Figura A.5.: Los principales enfoques de las capacidades dinámicas. Tomado de [56]

B. Anexo: Distribuciones empíricas (percepción de empleados)

B.1. Ambiente Institucional

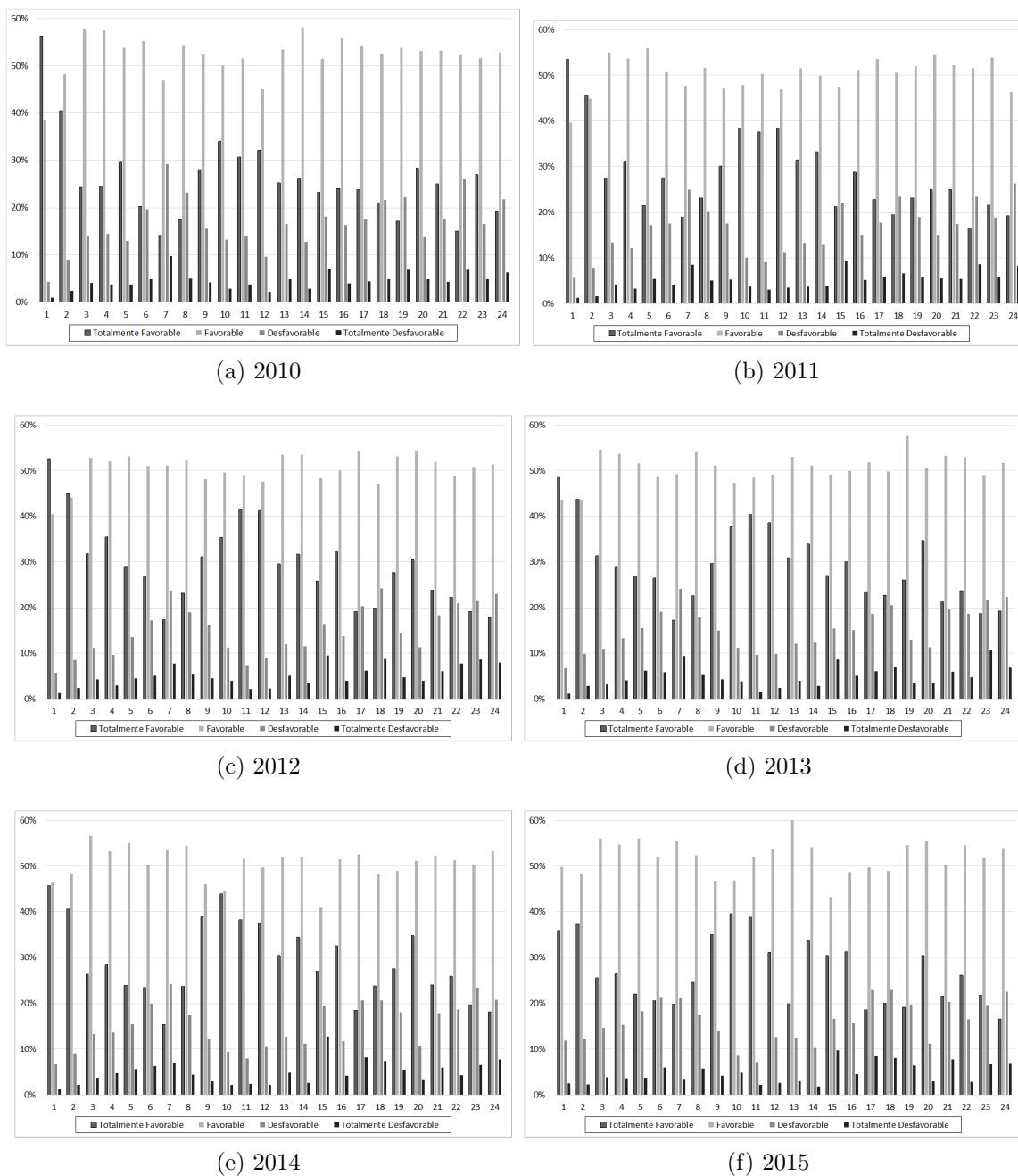
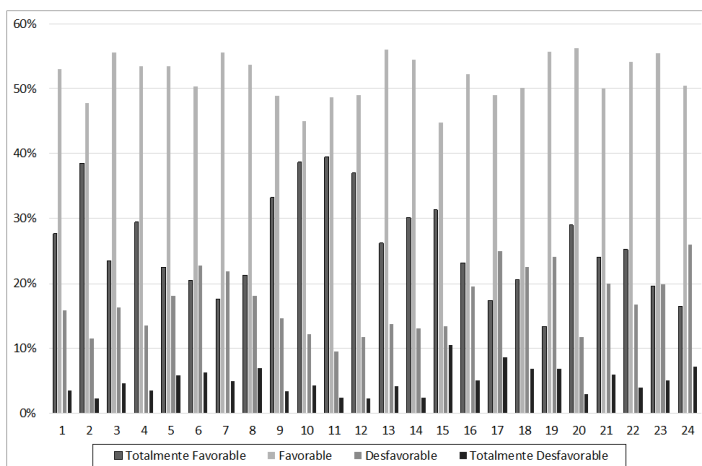
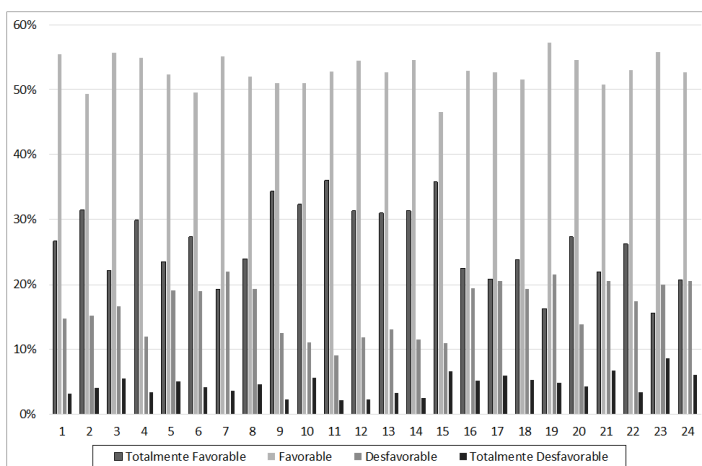


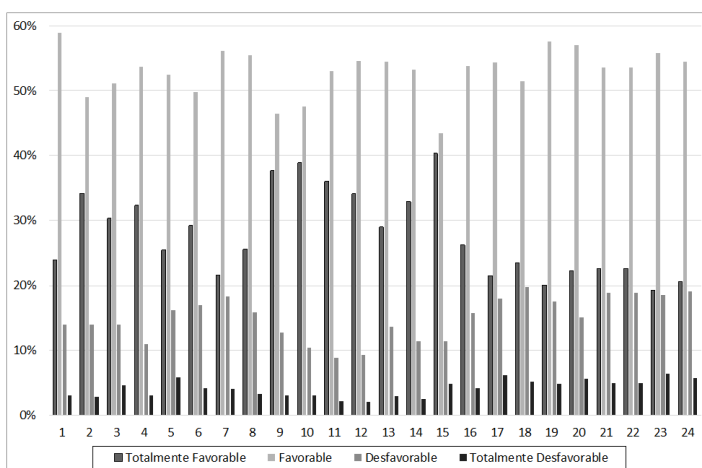
Figura B.1.: Ambiente Institucional, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.



(a) 2016



(b) 2017



(c) 2018

Figura B.2.: Ambiente Institucional, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.

B.2. Credibilidad en las Reglas

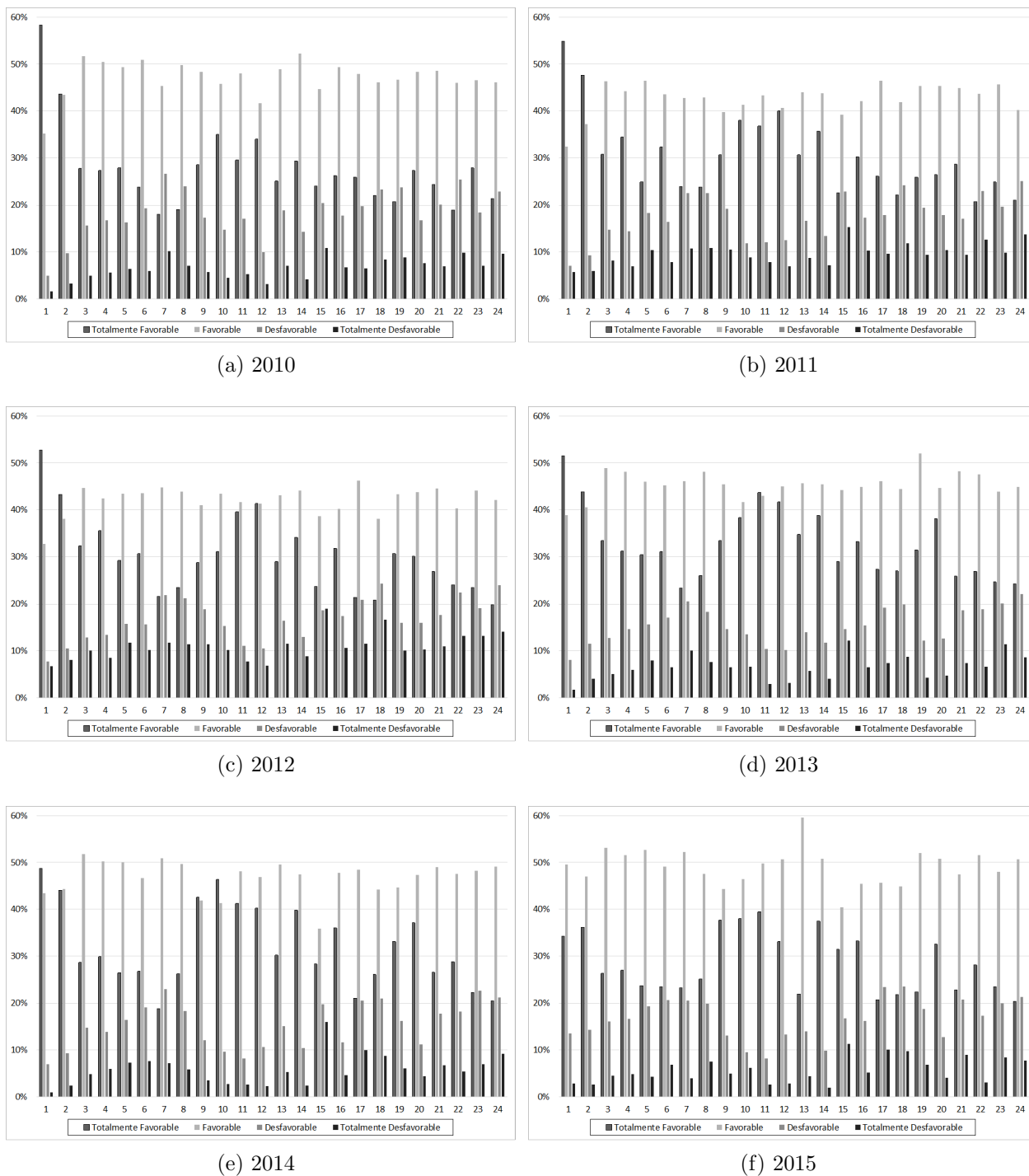
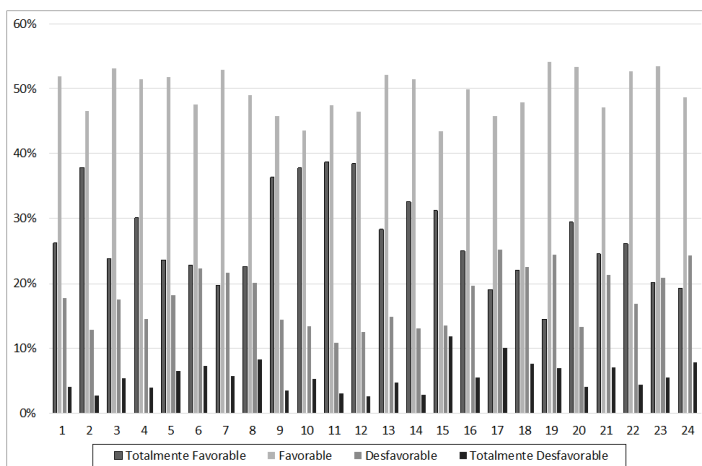
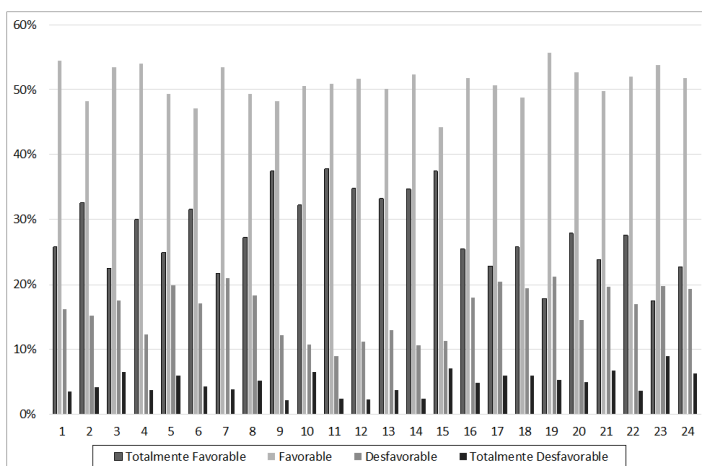


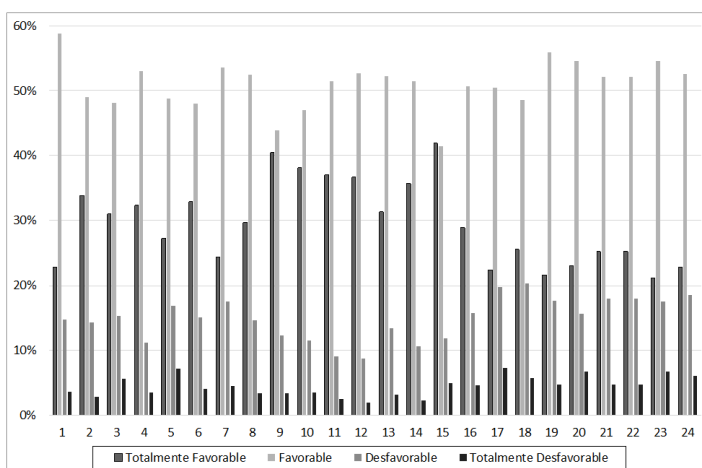
Figura B.3.: Credibilidad en las Reglas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.



(a) 2016



(b) 2017



(c) 2018

Figura B.4.: Credibilidad en las Reglas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.

B.3. Credibilidad en las Políticas

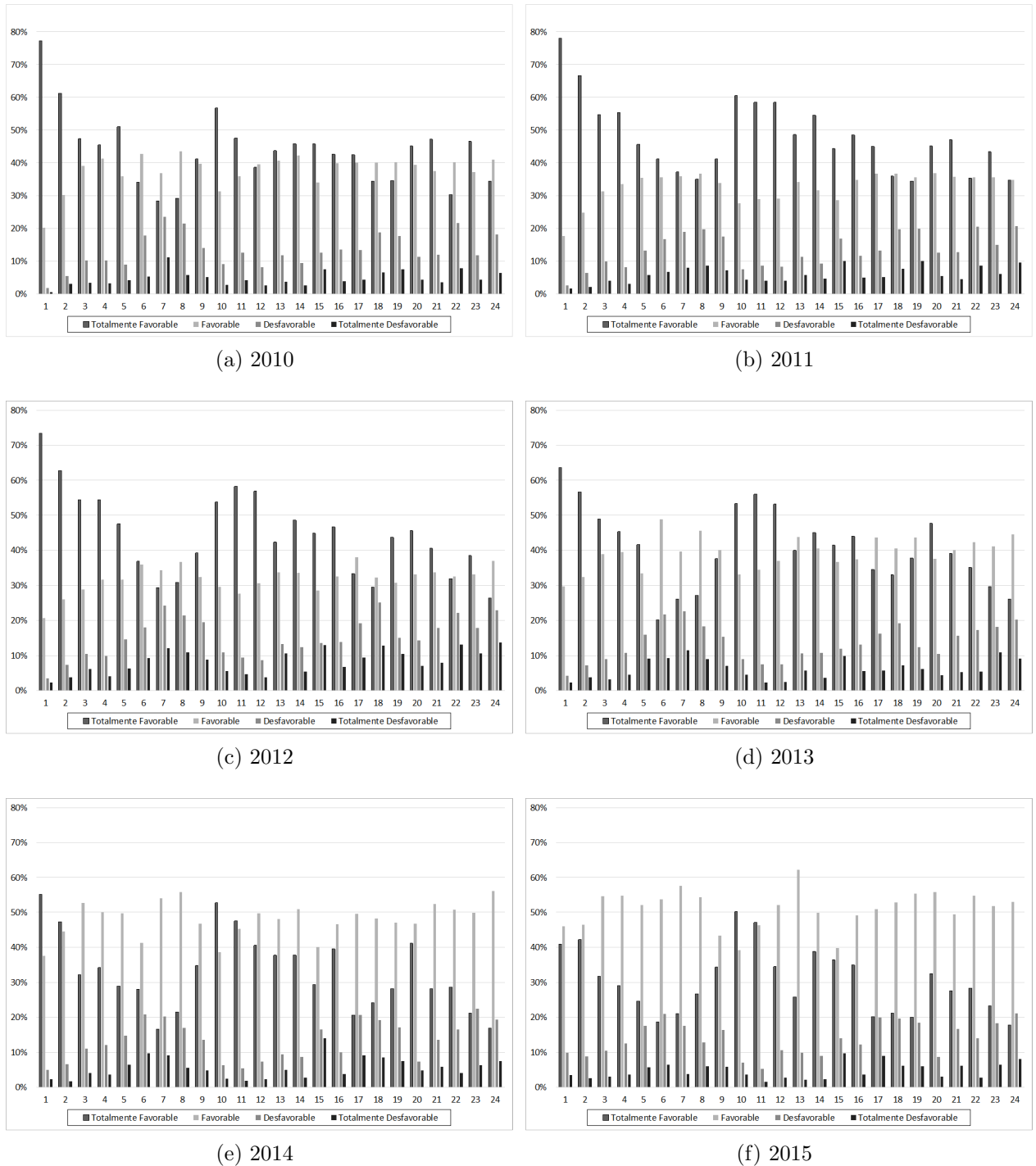
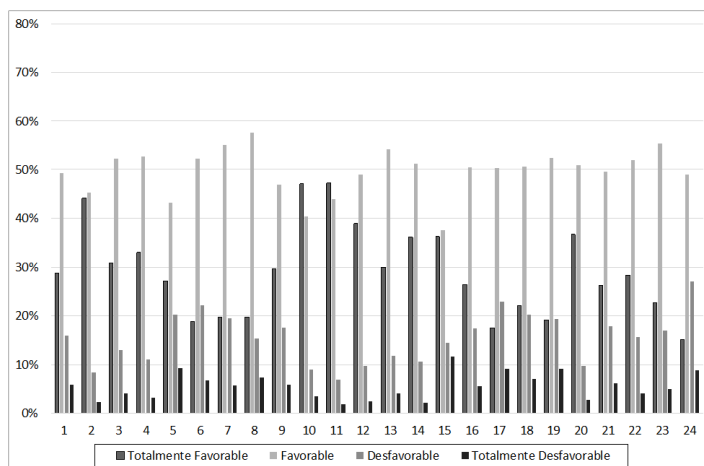
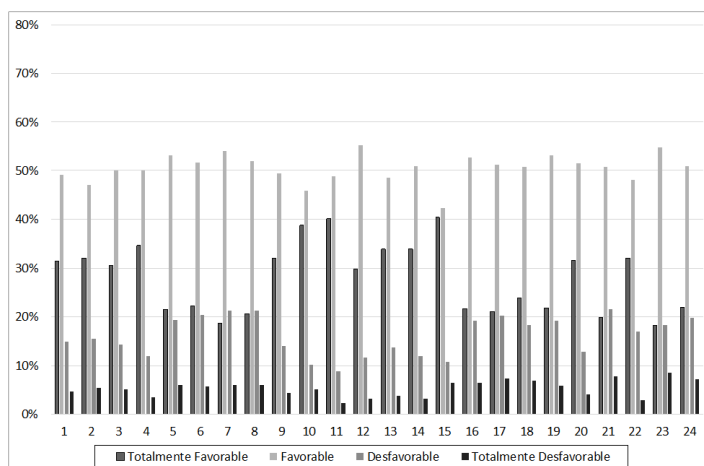


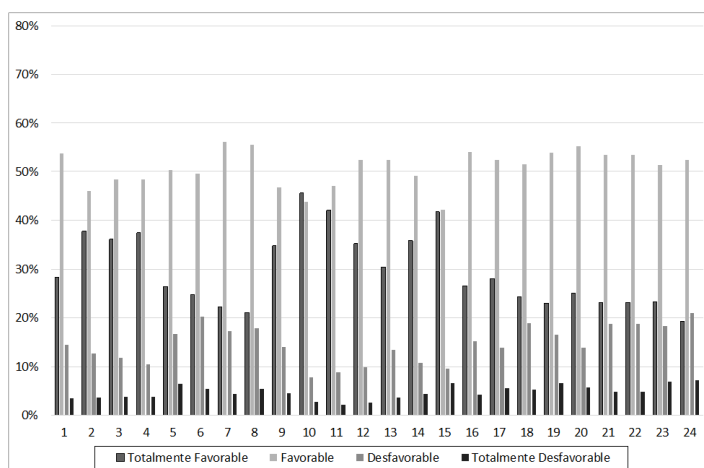
Figura B.5.: Credibilidad en las Políticas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.



(a) 2016



(b) 2017



(c) 2018

Figura B.6.: Credibilidad en las Políticas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.

B.4. Suficiencia de Recursos y Previsibilidad

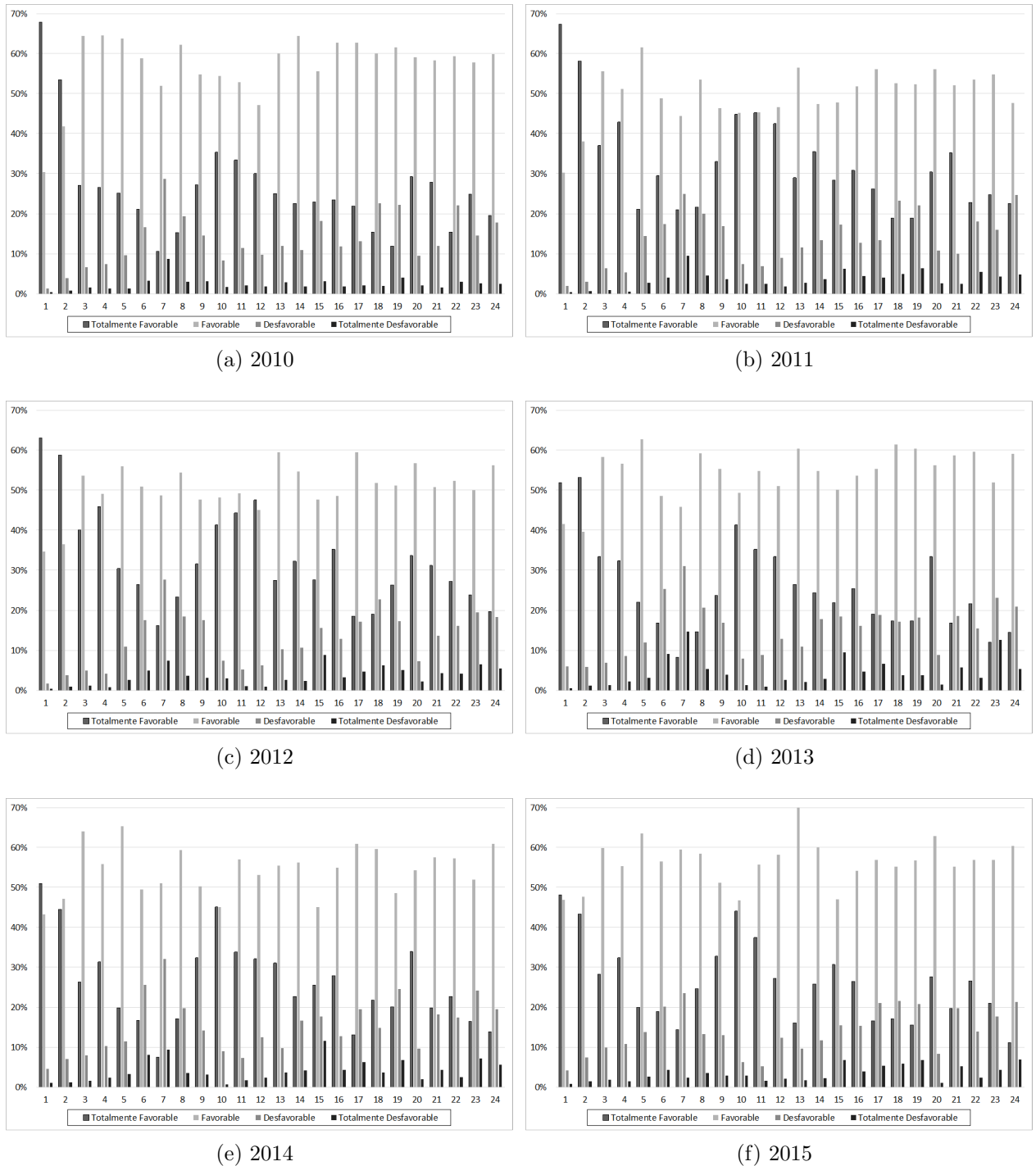
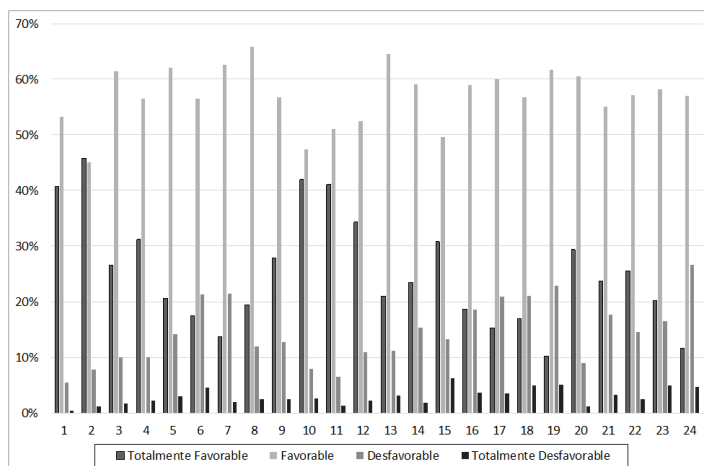
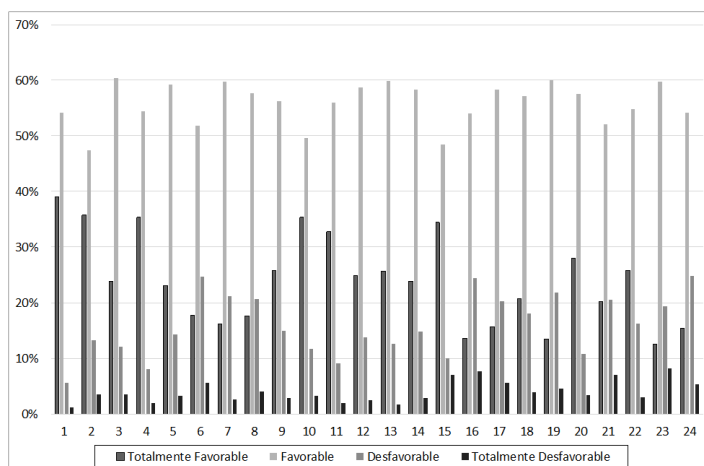


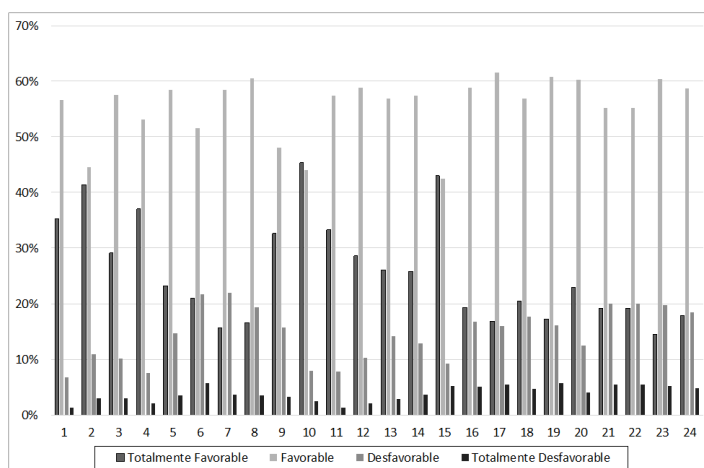
Figura B.7.: Suficiencia de Recursos y Previsibilidad, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.



(a) 2016



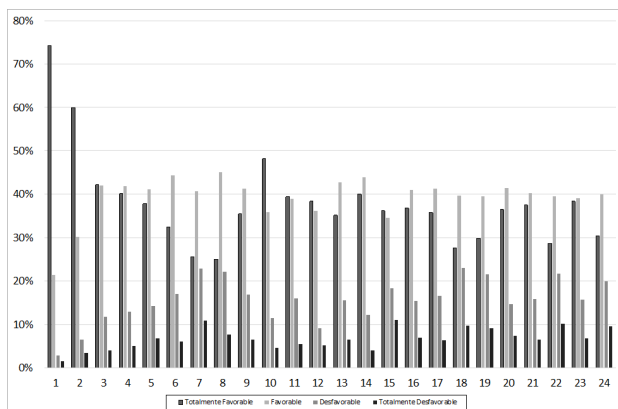
(b) 2017



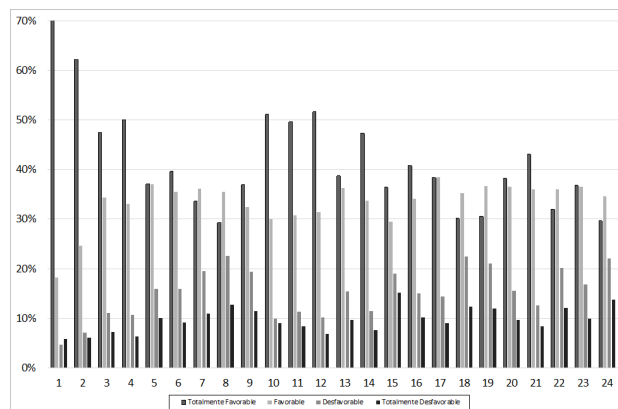
(c) 2018

Figura B.8.: Suficiencia de Recursos y Previsibilidad, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.

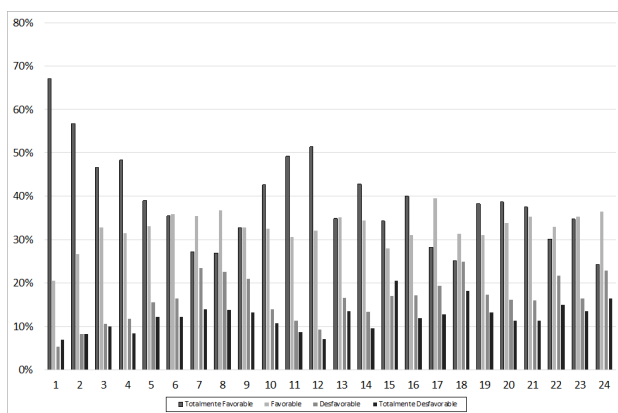
B.5. Desempeño Institucional



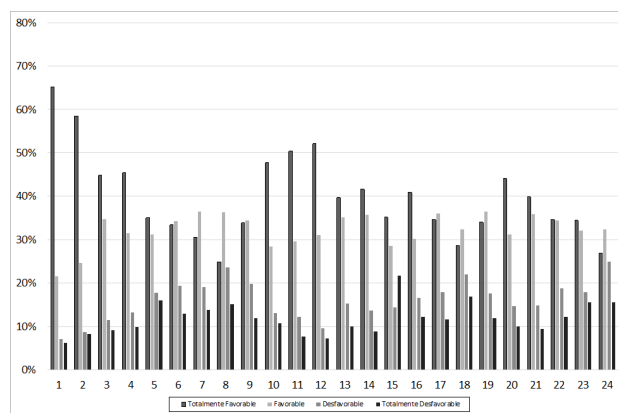
(a) 2010



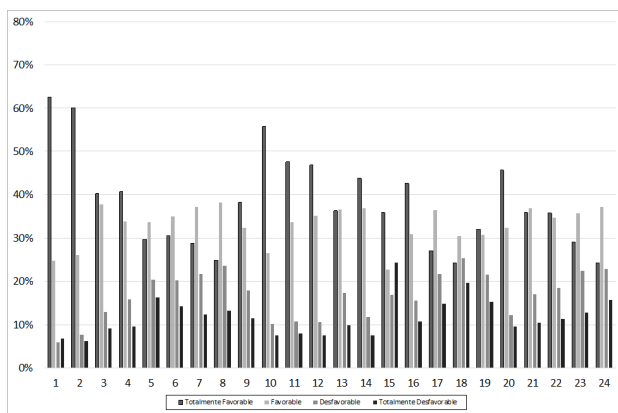
(b) 2011



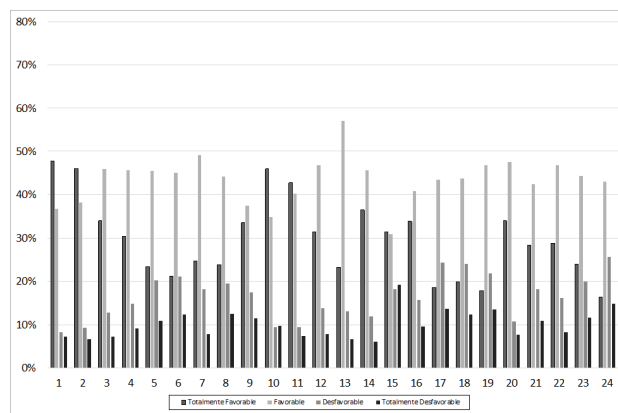
(c) 2012



(d) 2013

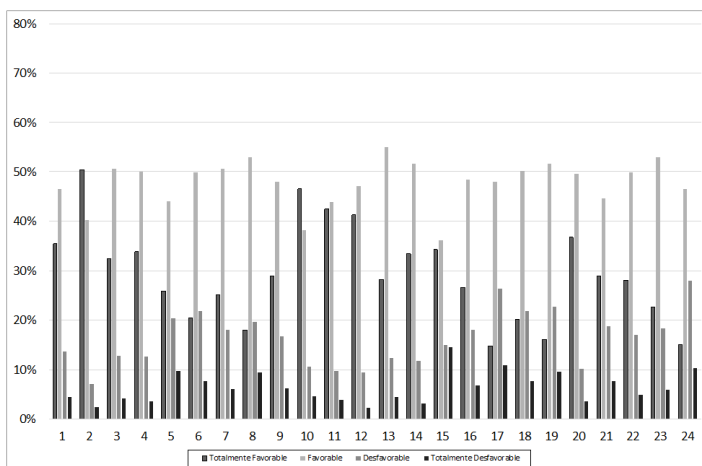


(e) 2014

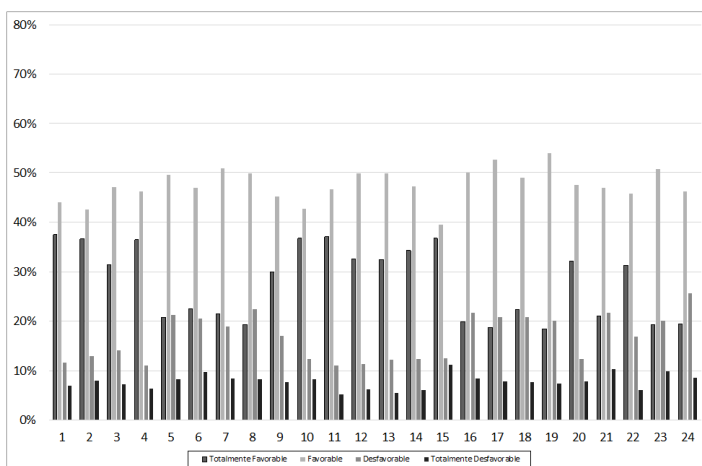


(f) 2015

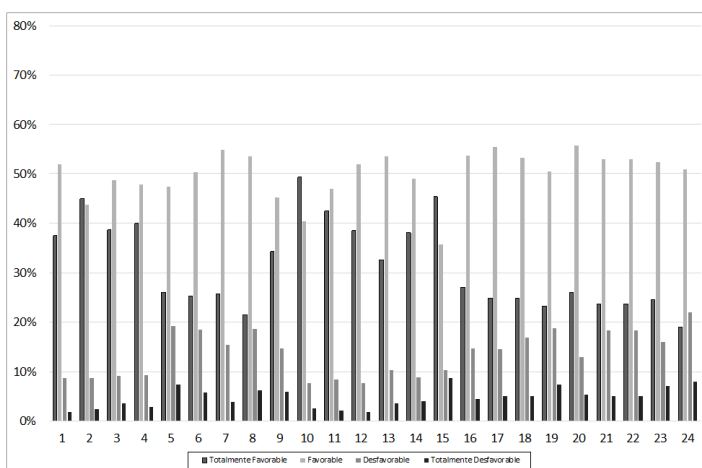
Figura B.9.: Desempeño Institucional, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.



(a) 2016



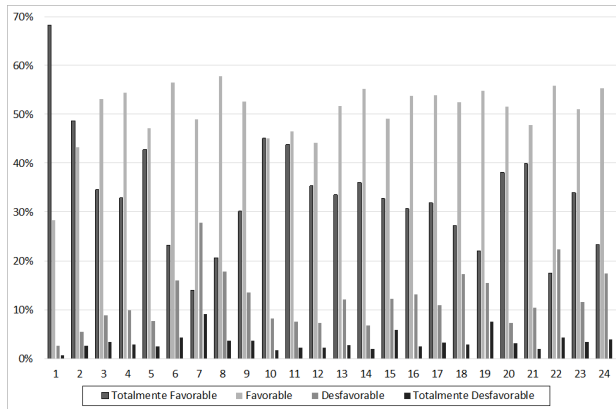
(b) 2017



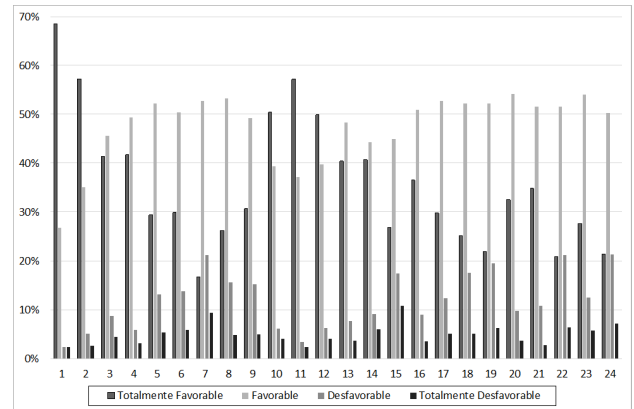
(c) 2018

Figura B.10.: Desempeño Institucional, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.

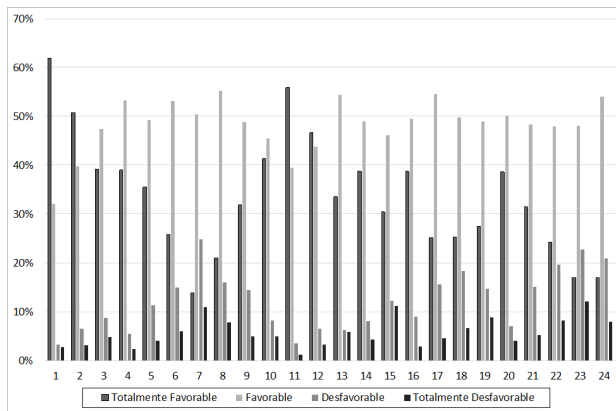
B.6. Gestión de Resultados



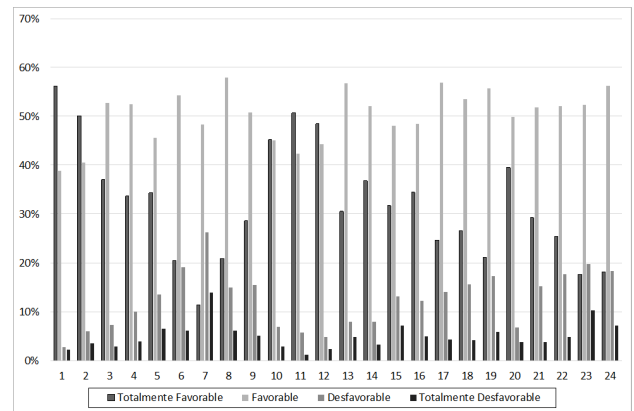
(a) 2010



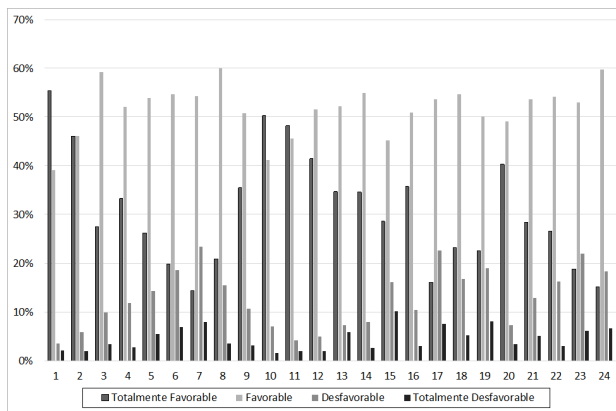
(b) 2011



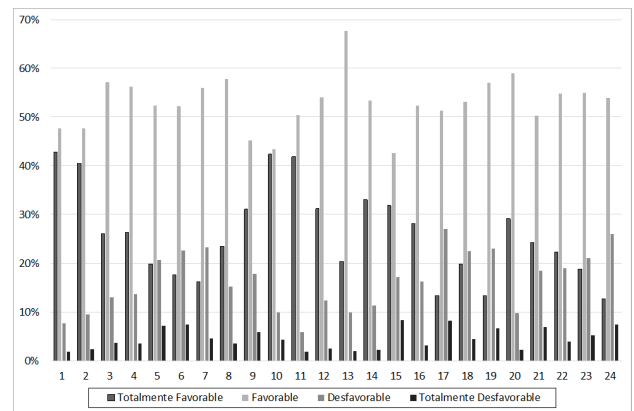
(c) 2012



(d) 2013

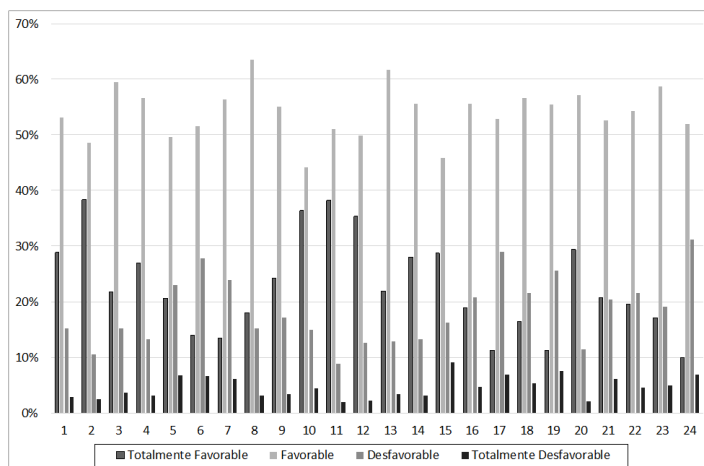


(e) 2014

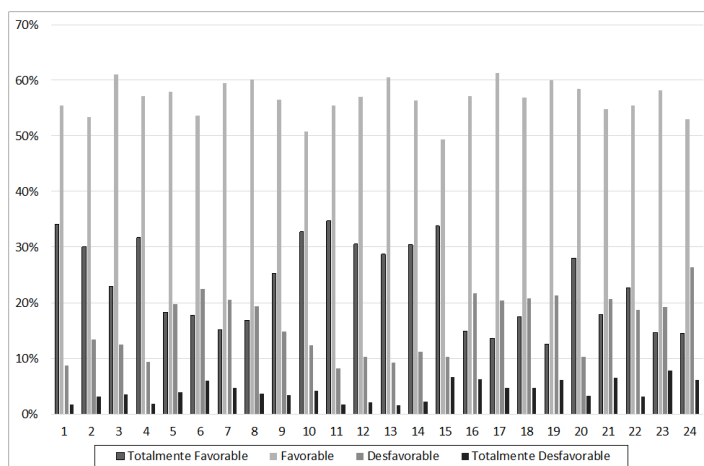


(f) 2015

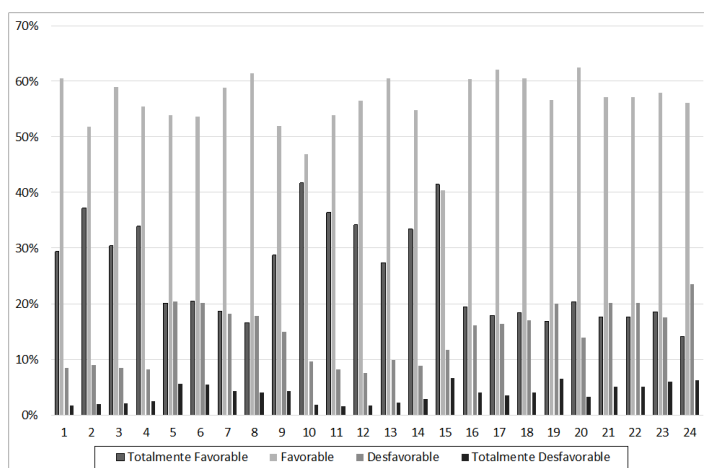
Figura B.11.: Gestión de Resultados, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.



(a) 2016



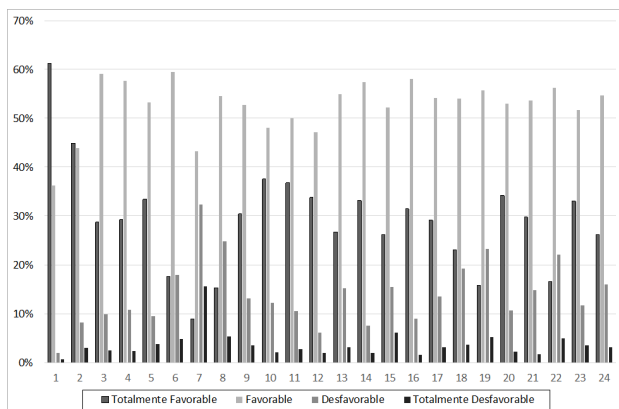
(b) 2017



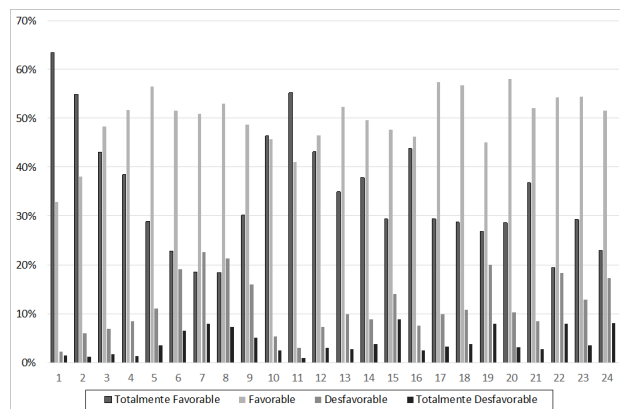
(c) 2018

Figura B.12.: Gestión de Resultados, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.

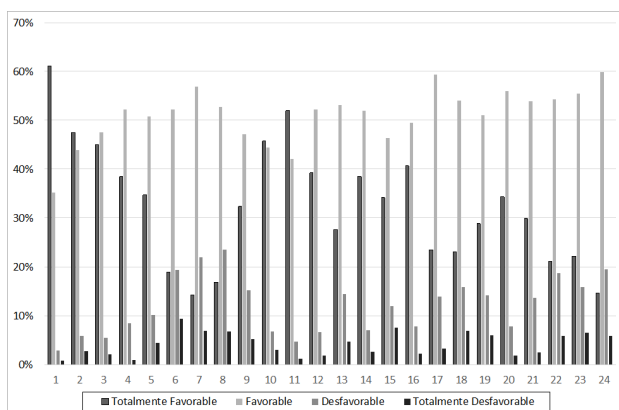
B.7. Rendición de Cuentas



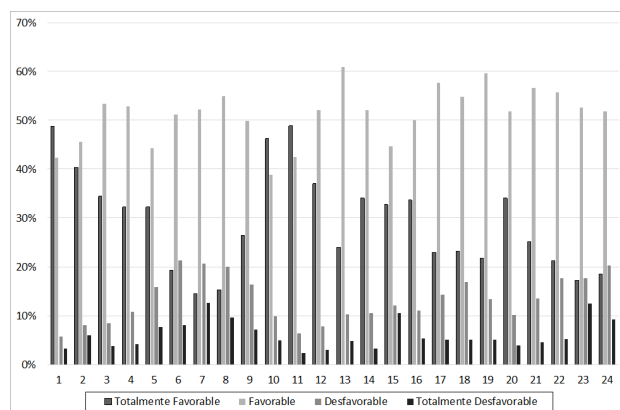
(a) 2010



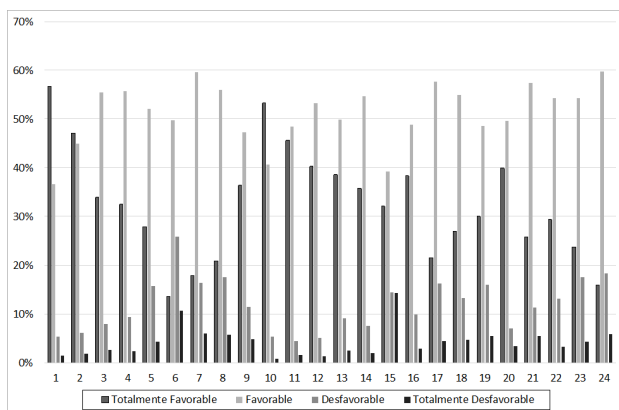
(b) 2011



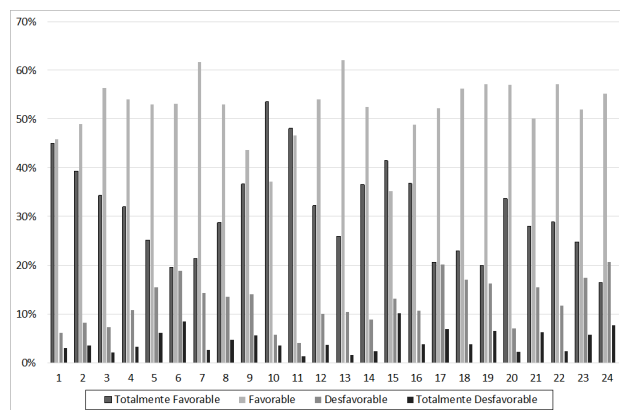
(c) 2012



(d) 2013

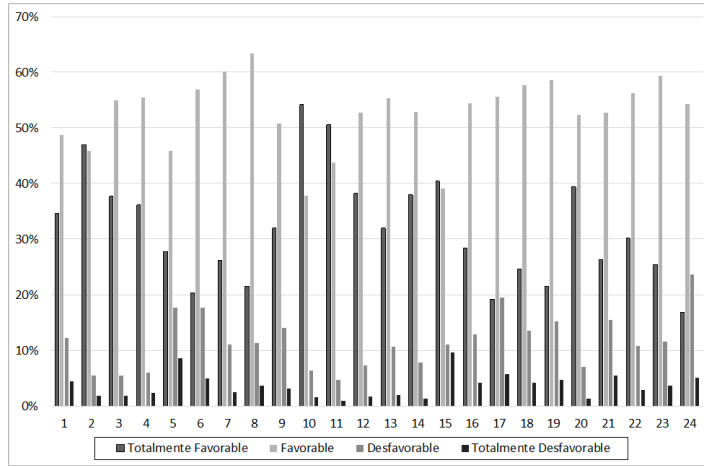


(e) 2014

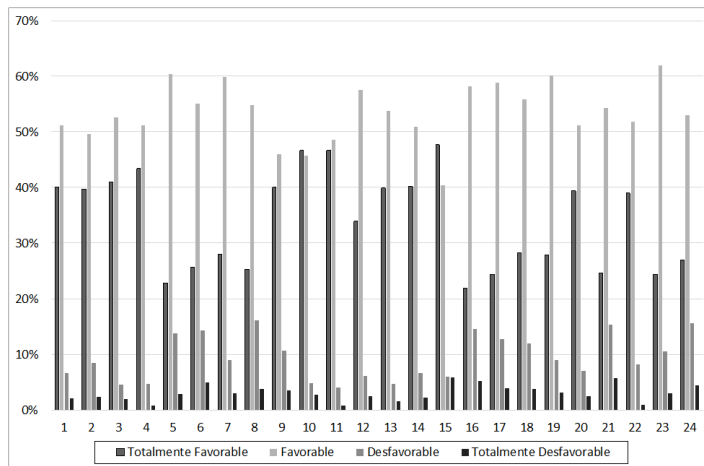


(f) 2015

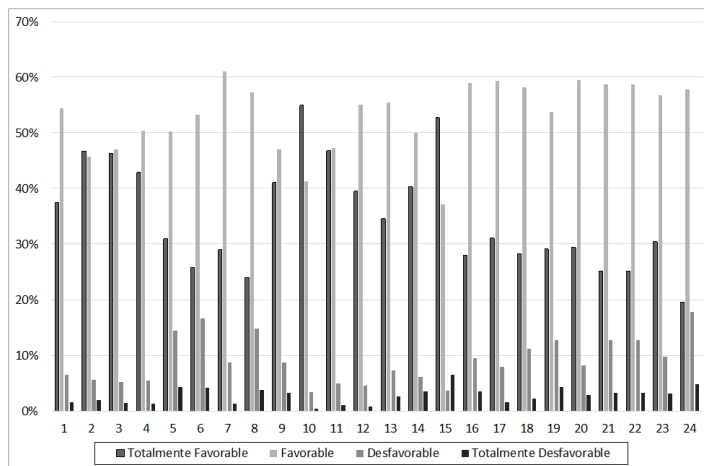
Figura B.13.: Rendición de Cuentas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.



(a) 2016



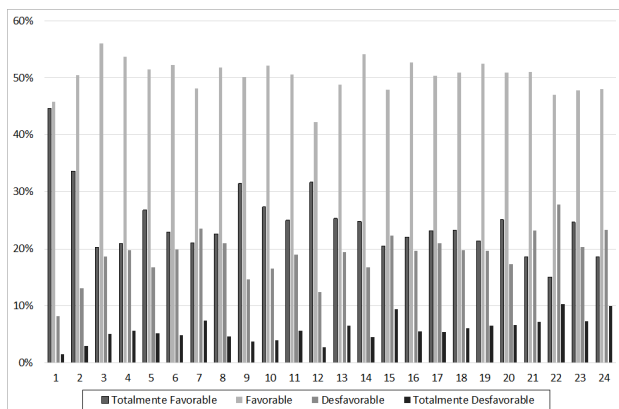
(b) 2017



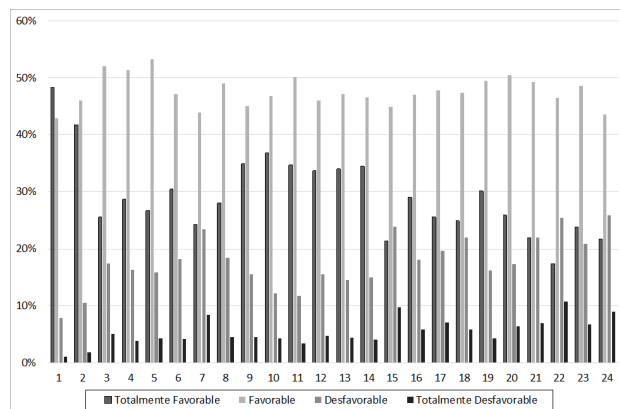
(c) 2018

Figura B.14.: Rendición de Cuentas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.

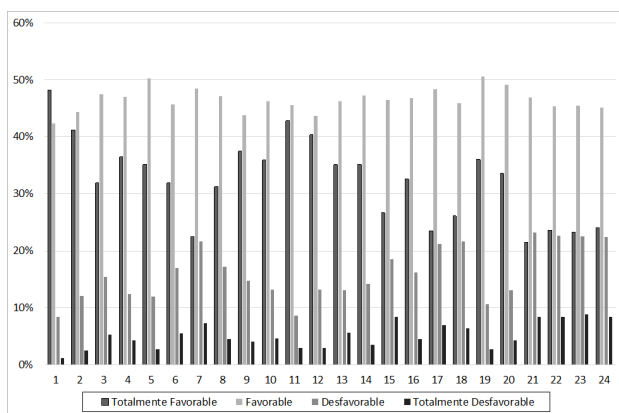
B.8. Bienestar Laboral



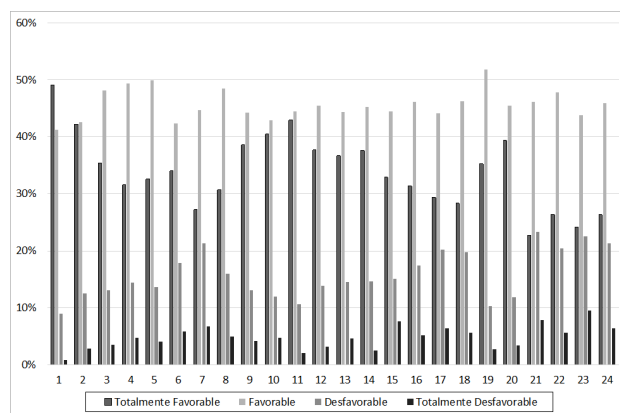
(a) 2010



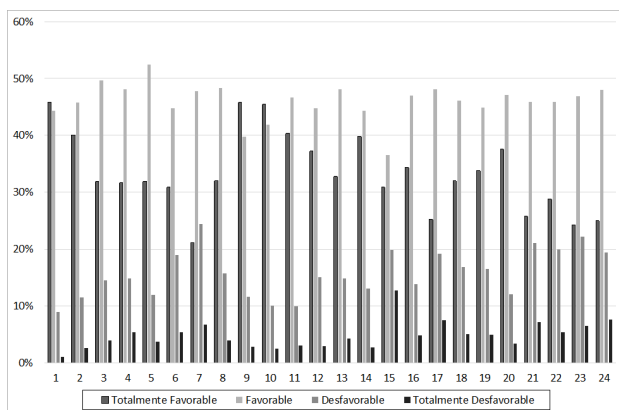
(b) 2011



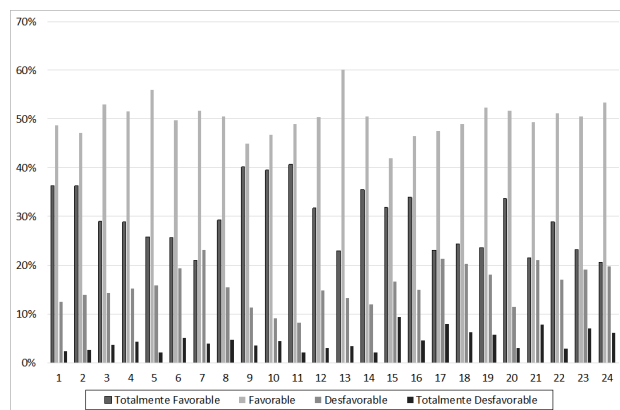
(c) 2012



(d) 2013

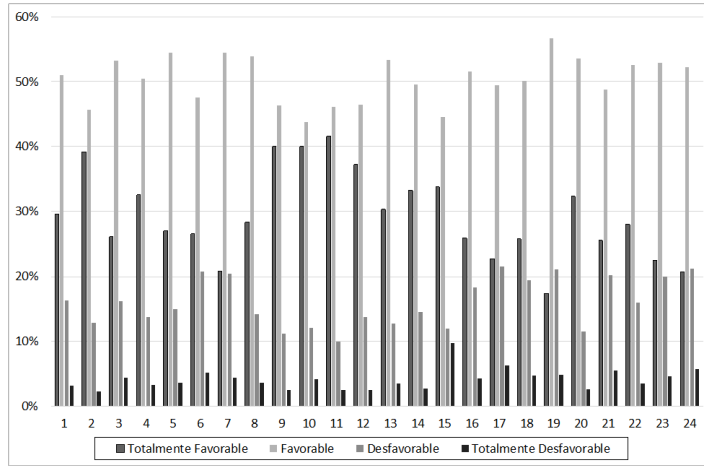


(e) 2014

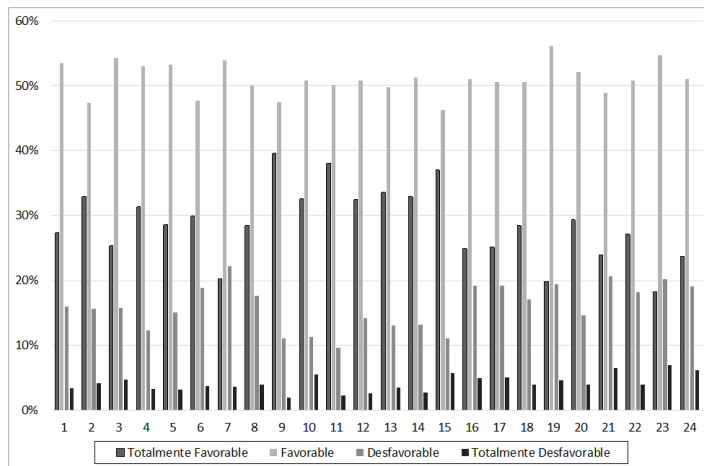


(f) 2015

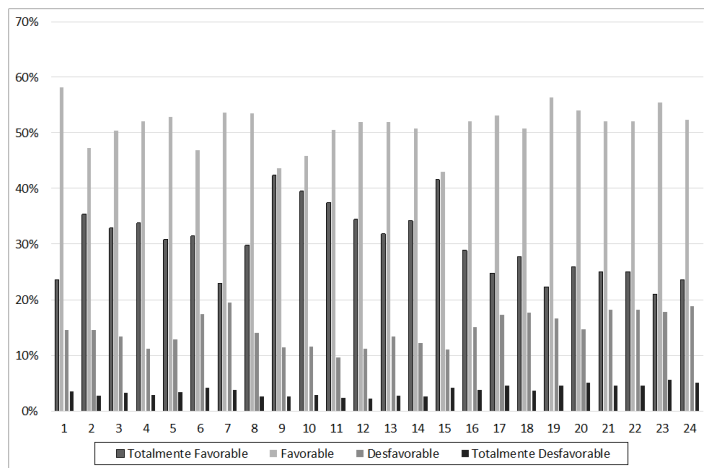
Figura B.15.: Bienestar Laboral, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.



(a) 2016



(b) 2017



(c) 2018

Figura B.16.: Bienestar Laboral, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.

B.9. Prevención de Prácticas Irregulares

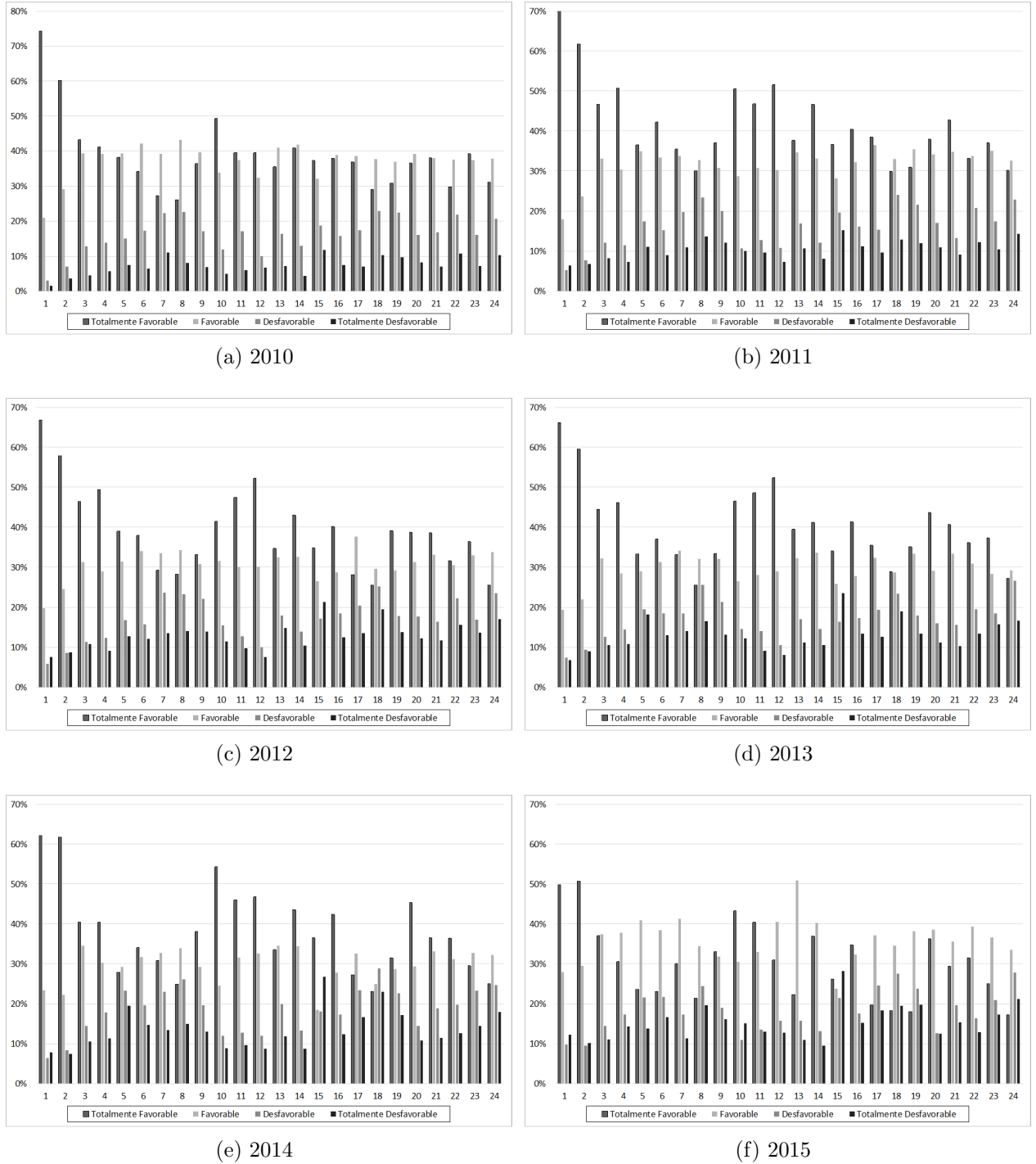
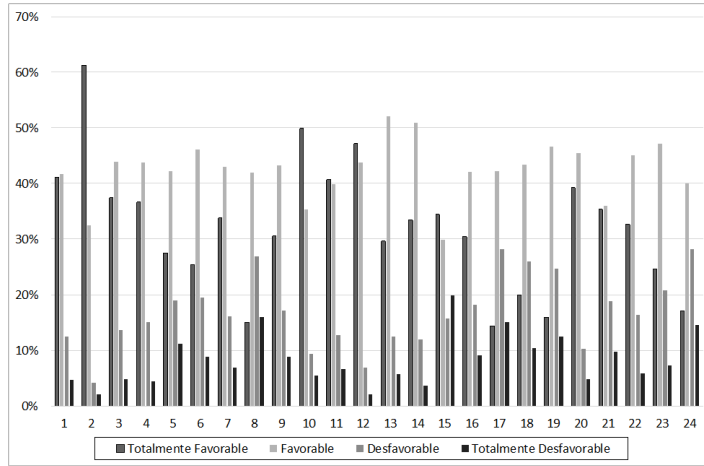
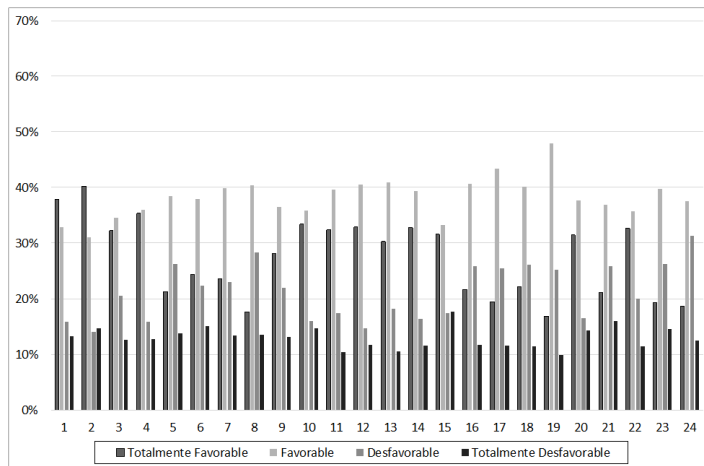


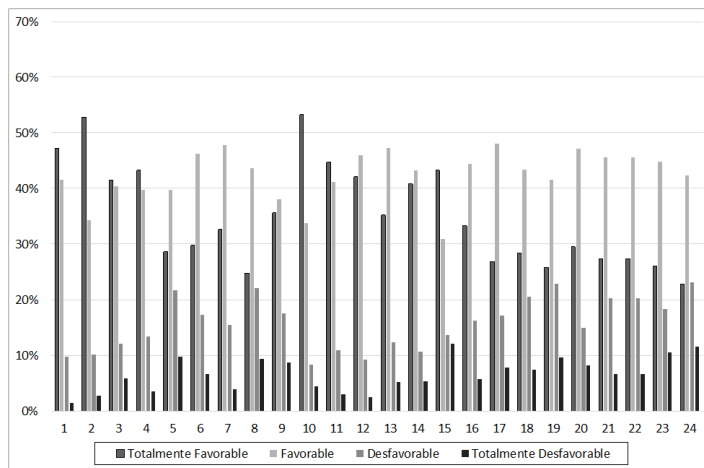
Figura B.17.: Prevención de Prácticas Irregulares, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.



(a) 2016



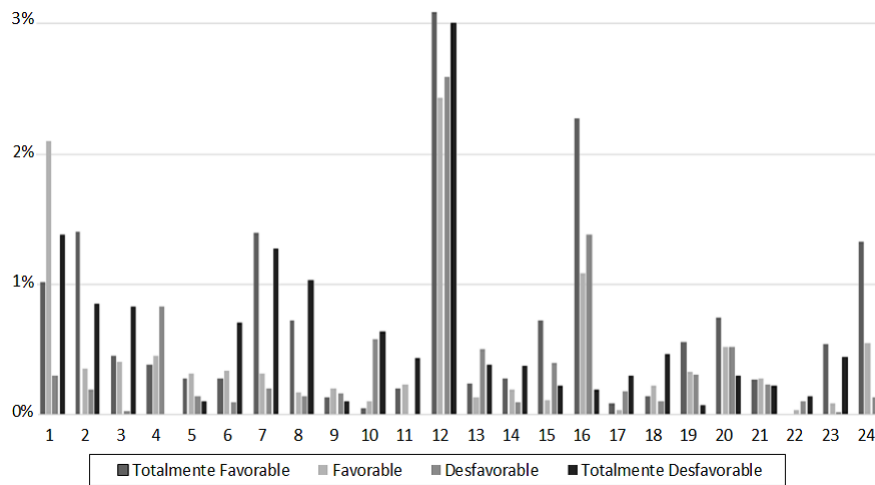
(b) 2017



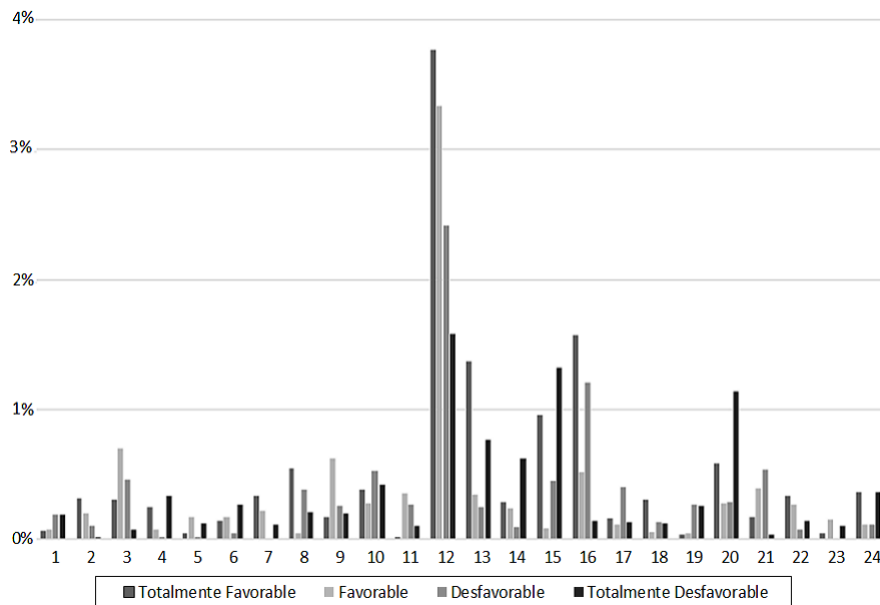
(c) 2018

Figura B.18.: Prevención de Prácticas Irregulares, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.

C. Anexo: Porcentajes de error en la simulación de los valores empíricos

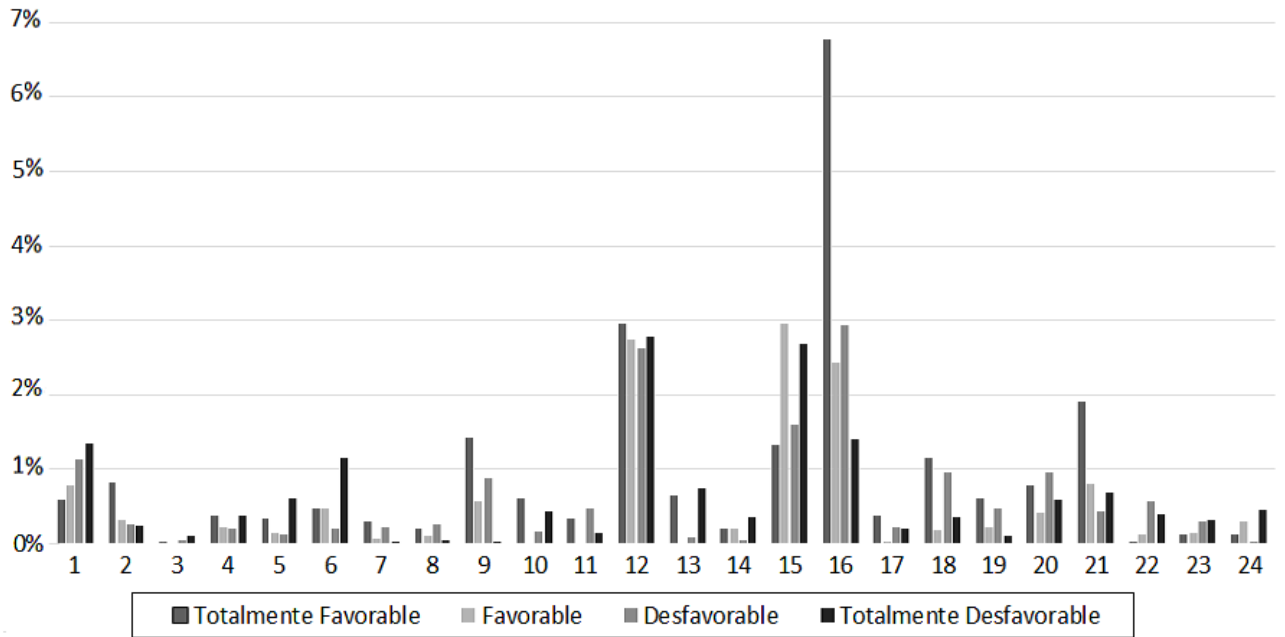


(a) Ambiente Institucional

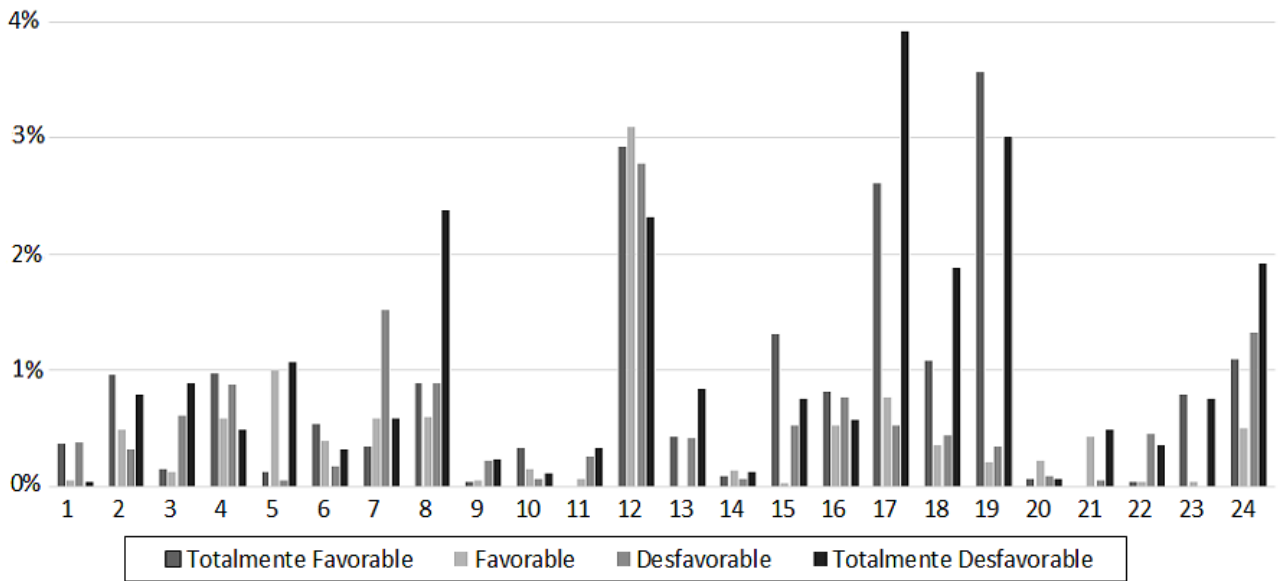


(b) Credibilidad en las reglas

Figura C.1.: Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para AI y CREREG, Promedio de los diferentes años para cada entidad.

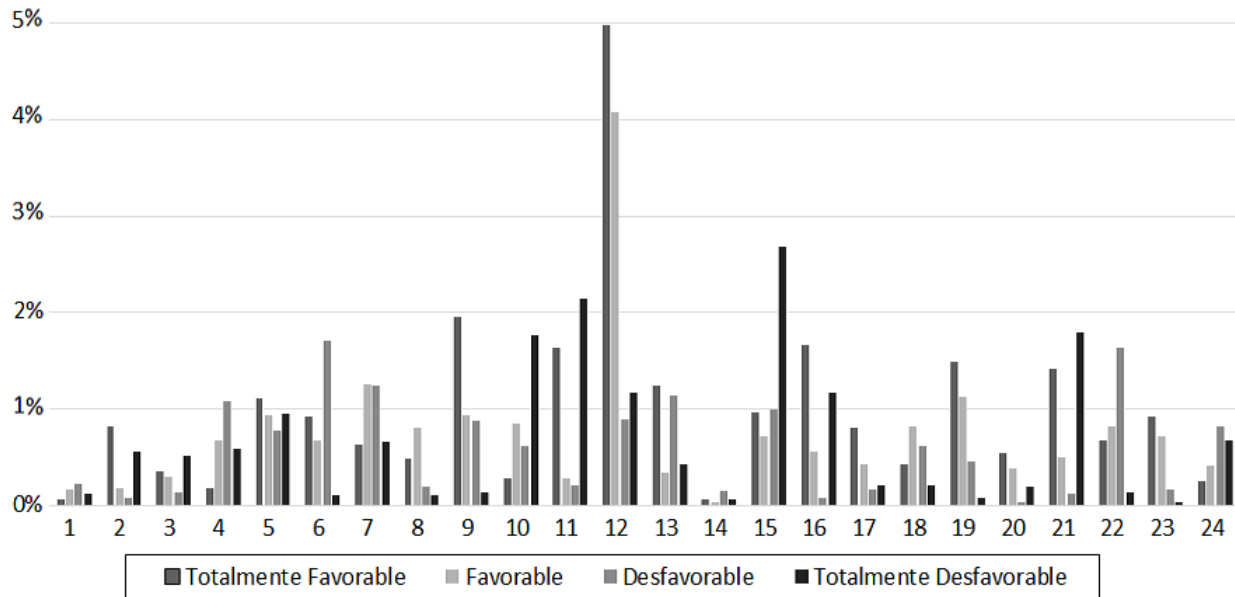


(a) Credibilidad en las Políticas

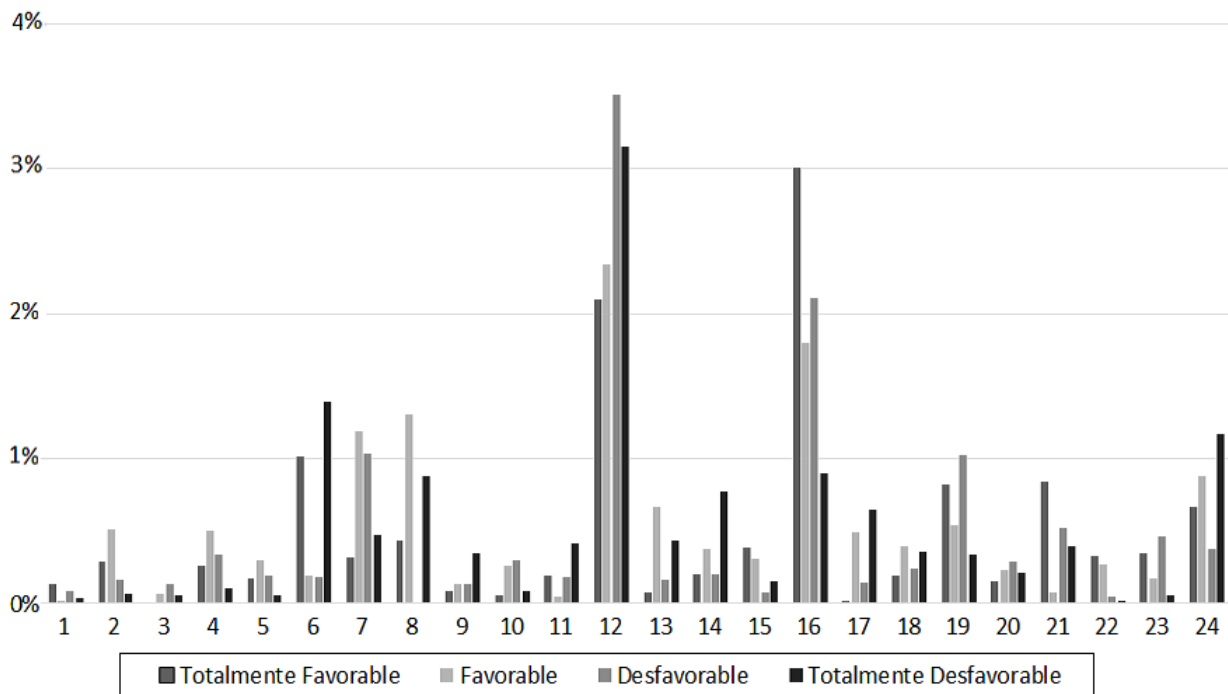


(b) Suficiencia de Recursos y Previsibilidad

Figura C.2.: Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para CREPOL y RECPREV, Promedio de los diferentes años para cada entidad.

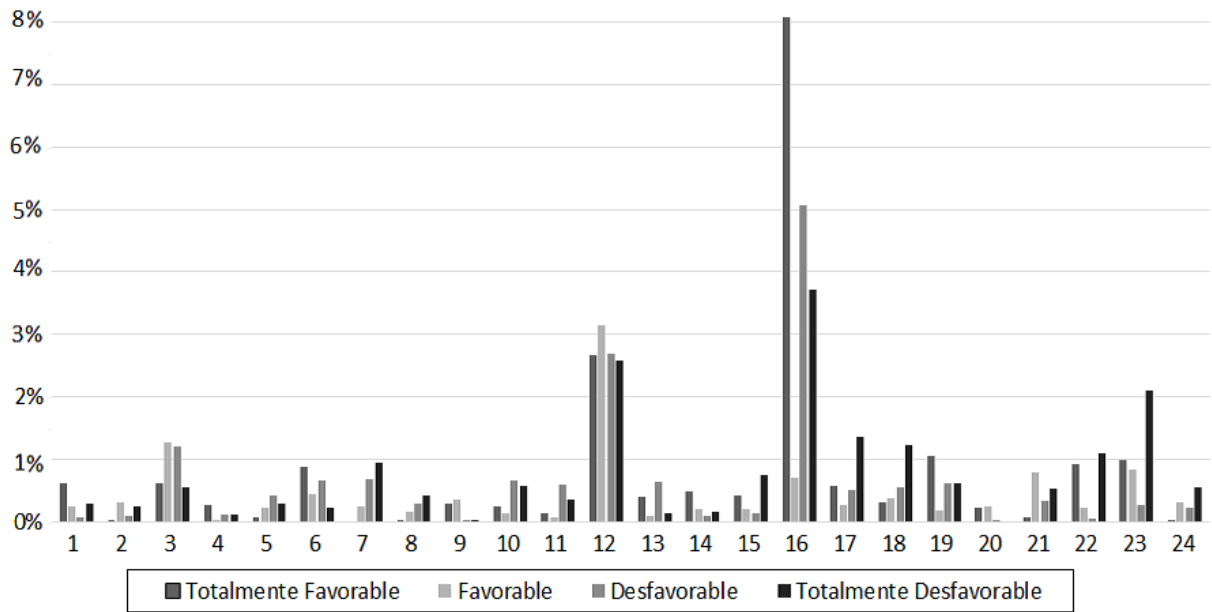


(a) Desempeño Institucional

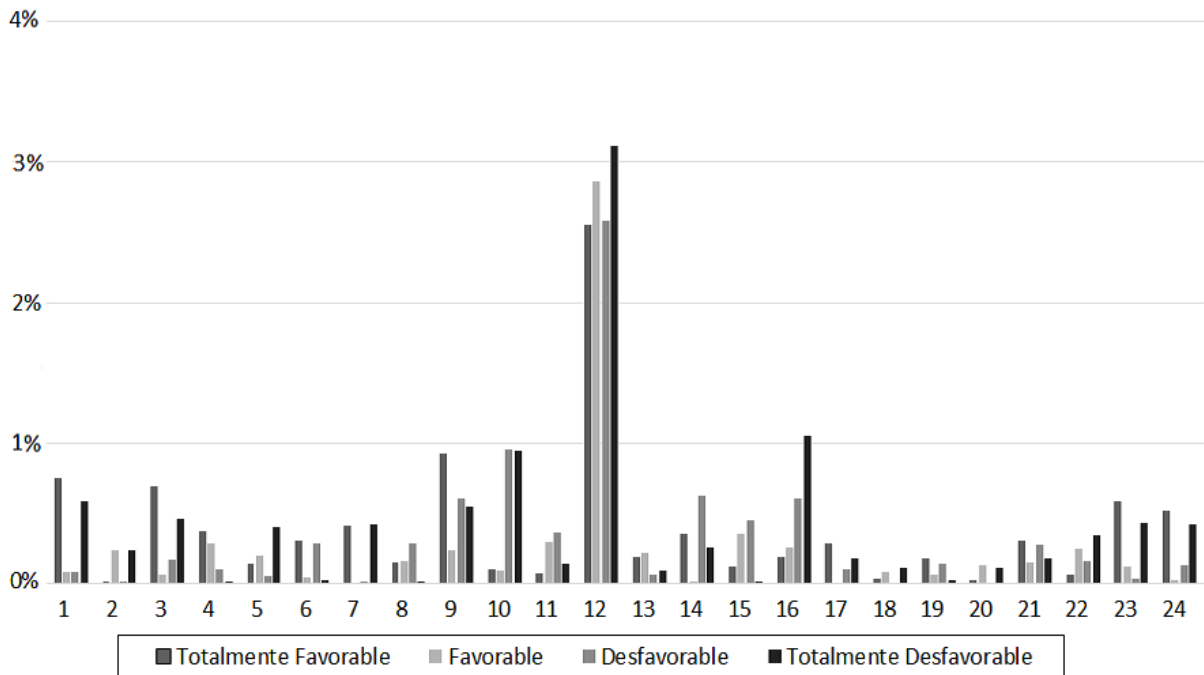


(b) Gestión de Resultados

Figura C.3.: Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para DI y GESRT, Promedio de los diferentes años para cada entidad.

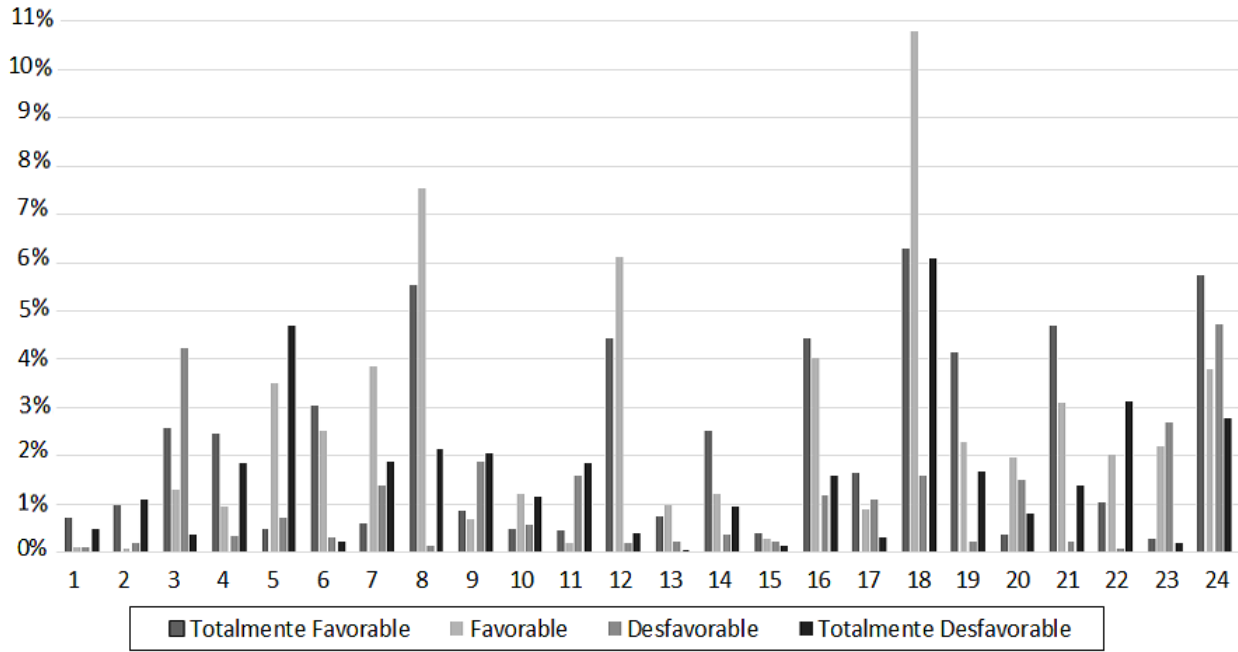


(a) Rendición de Cuentas



(b) Bienestar Laboral

Figura C.4.: Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para RENTC y BIENLAB, Promedio de los diferentes años para cada entidad.



(a) Prevención de Prácticas Irregulares

Figura C.5.: Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para PRIRRE, Promedio de los diferentes años para cada entidad.

D. Anexo: Diagramas de dispersión

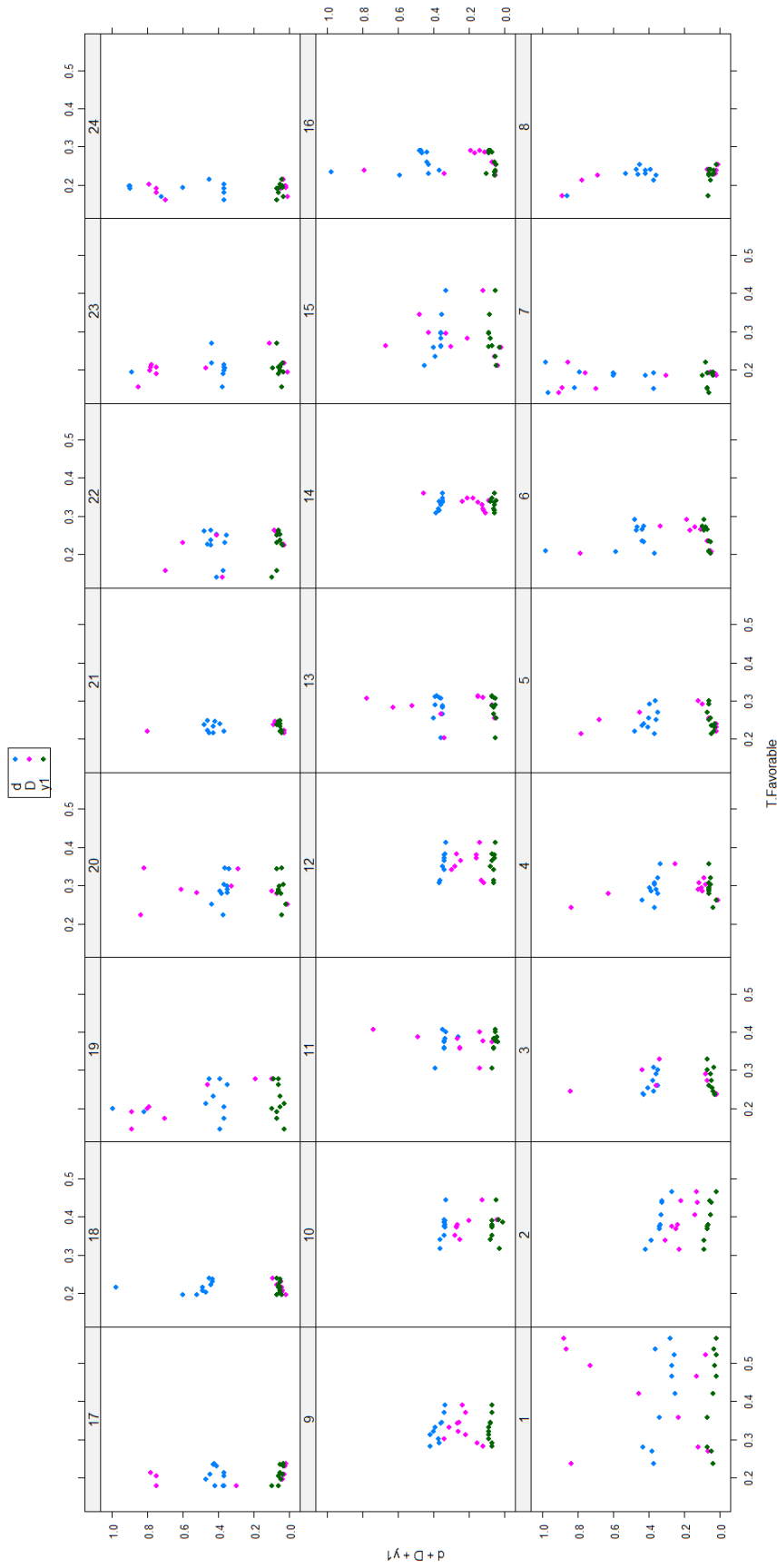


Figura D.1.1: Relación entre los parámetros del modelo propuesto λ (verde), D (magenta), d (azul) y la percepción **Totalmente favorable** asociada al **Ambiente Institucional** para cada entidad (cada punto corresponde a un año de estudio).

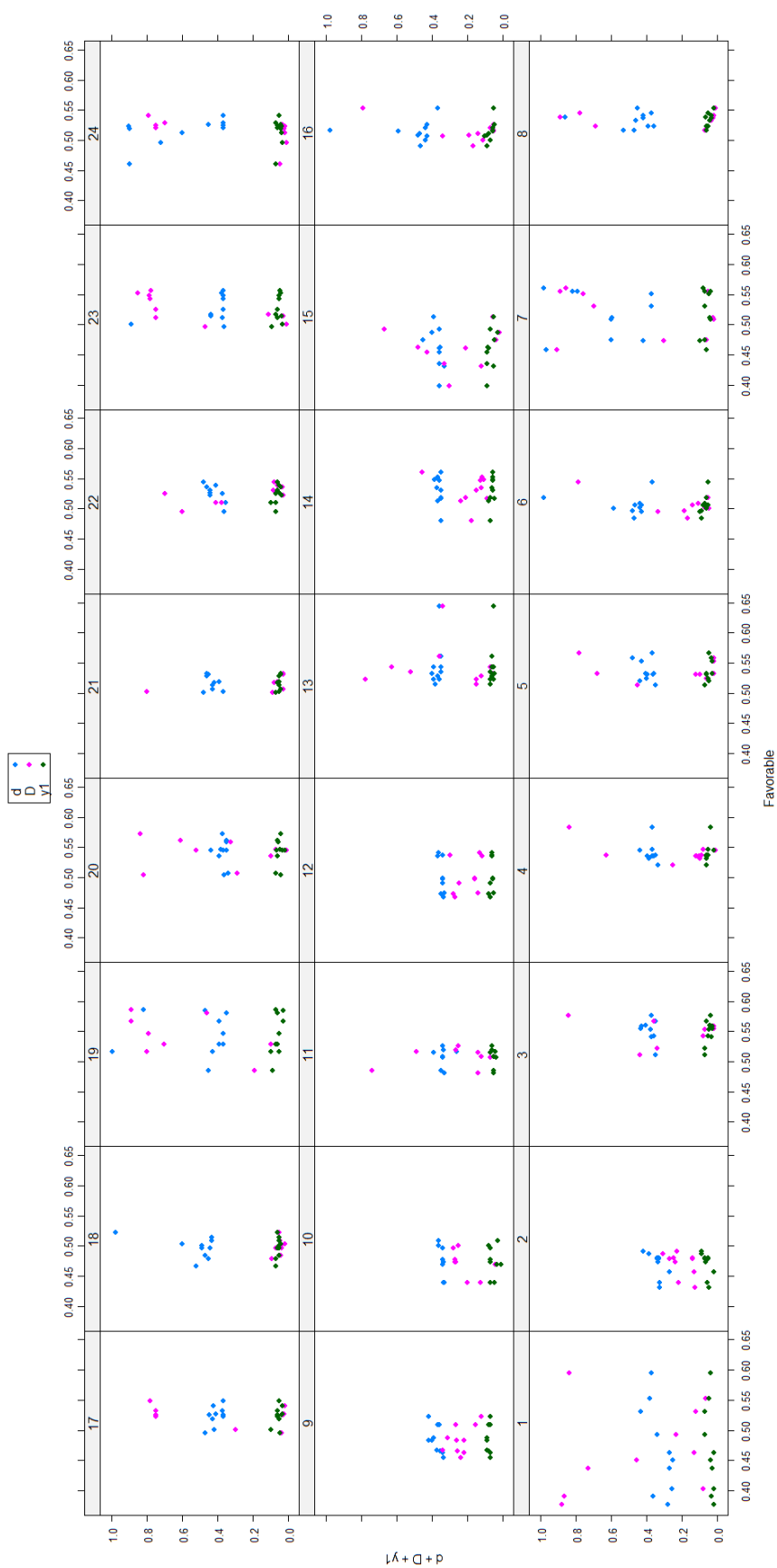


Figura D.2.: Relación entre los parámetros del modelo propuesto λ (verde), D (magenta), d (azul) y la percepción Favorable asociada al Ambiente Institucional para cada entidad (cada punto corresponde a un año de estudio).

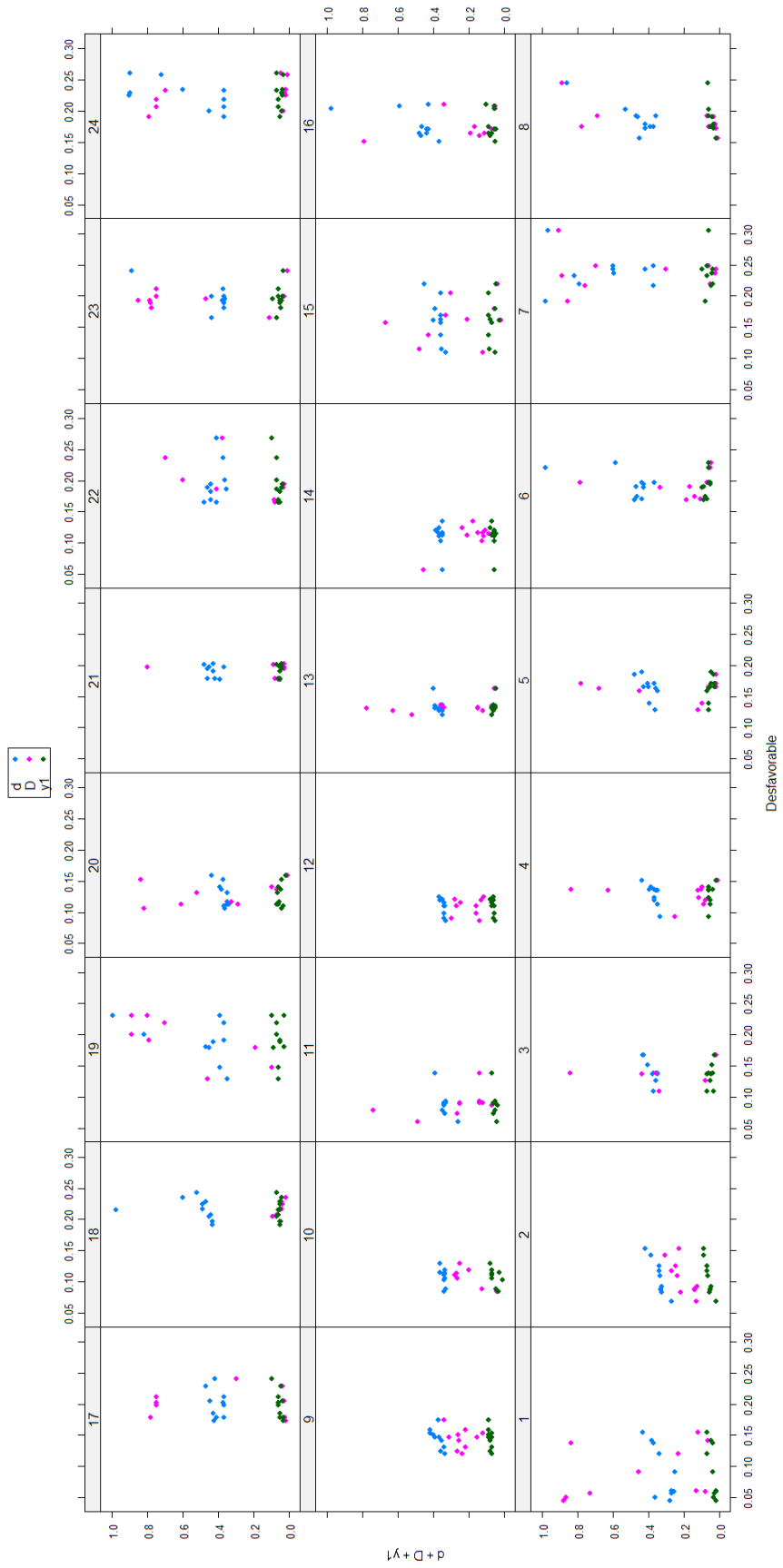


Figura D.3.: Relación entre los parámetros del modelo propuesto λ (verde), D (magenta), d (azul) y la percepción **Desfavorable** asociada al **Ambiente Institucional** para cada entidad (cada punto corresponde a un año de estudio).

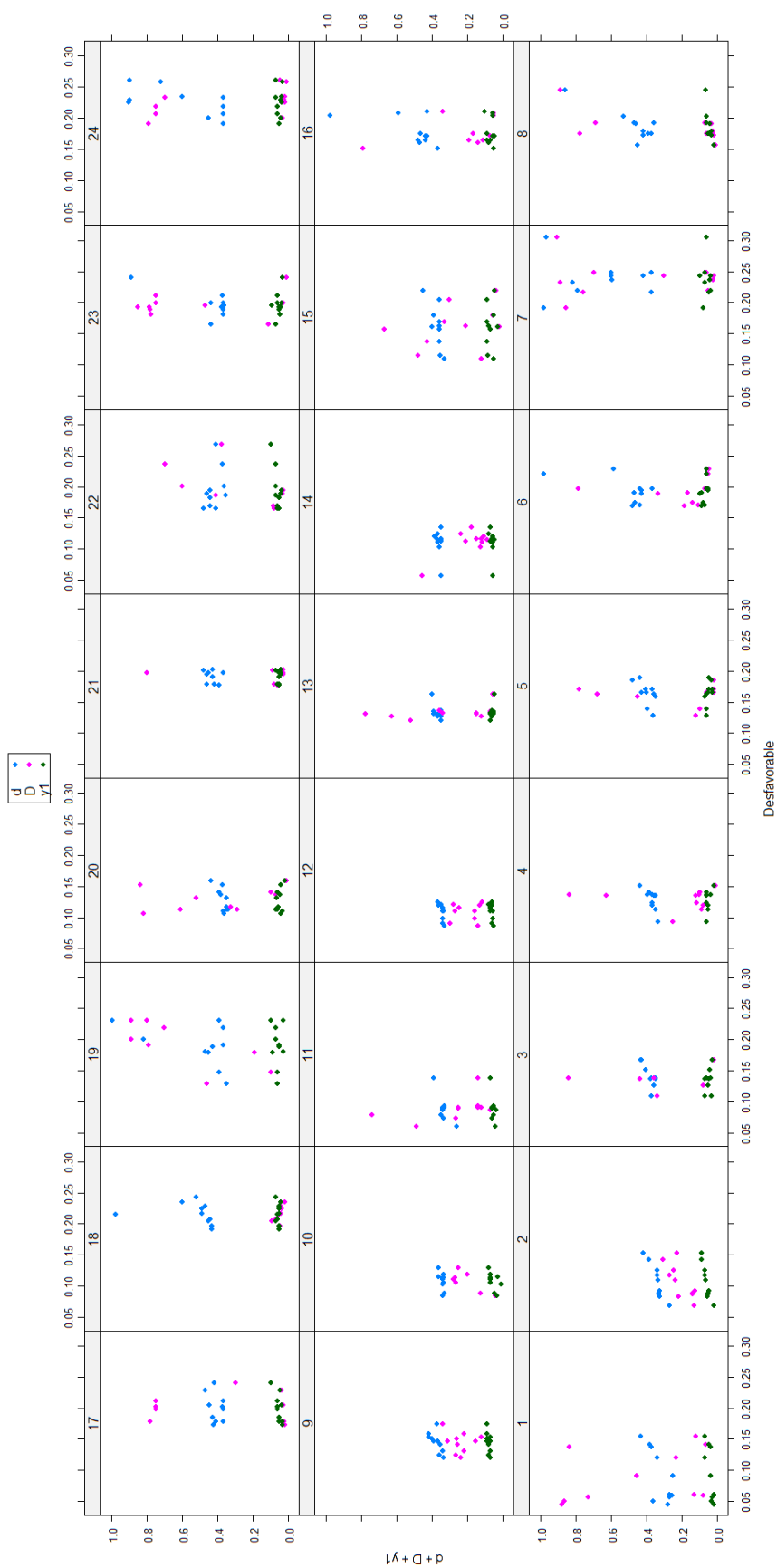


Figura D.4.: Relación entre los parámetros del modelo propuesto λ (verde), d (azul) y la percepción **Totalmente desfavorable** asociada al **Ambiente Institucional** para cada entidad (cada punto corresponde a un año de estudio).

E. Matrices de diagramas de dispersión

E.1. Comparando años

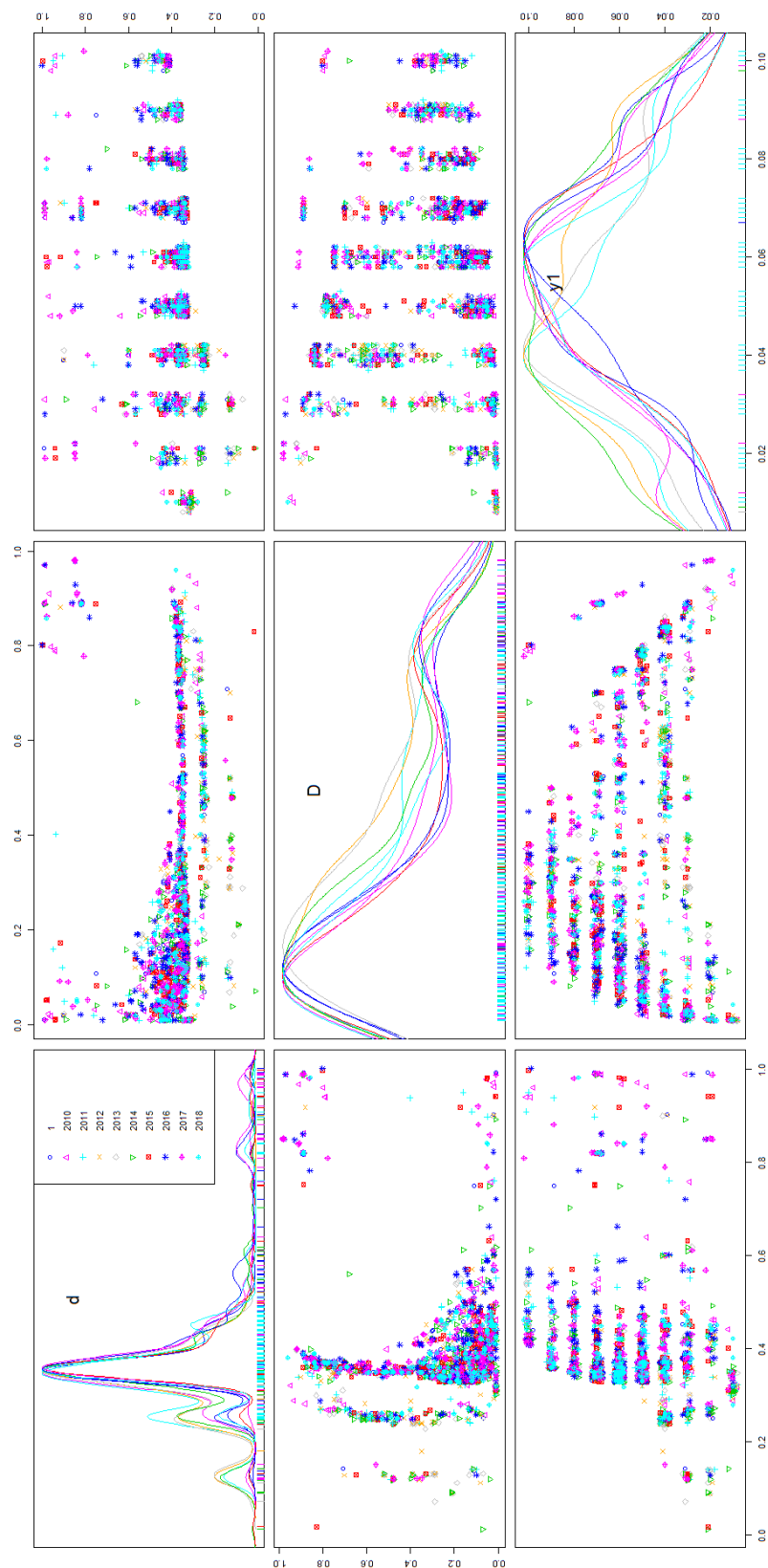


Figura E.1.: Matriz de dispersión para los parámetros λ , D y d comparando años

E.2. Comparando sectores

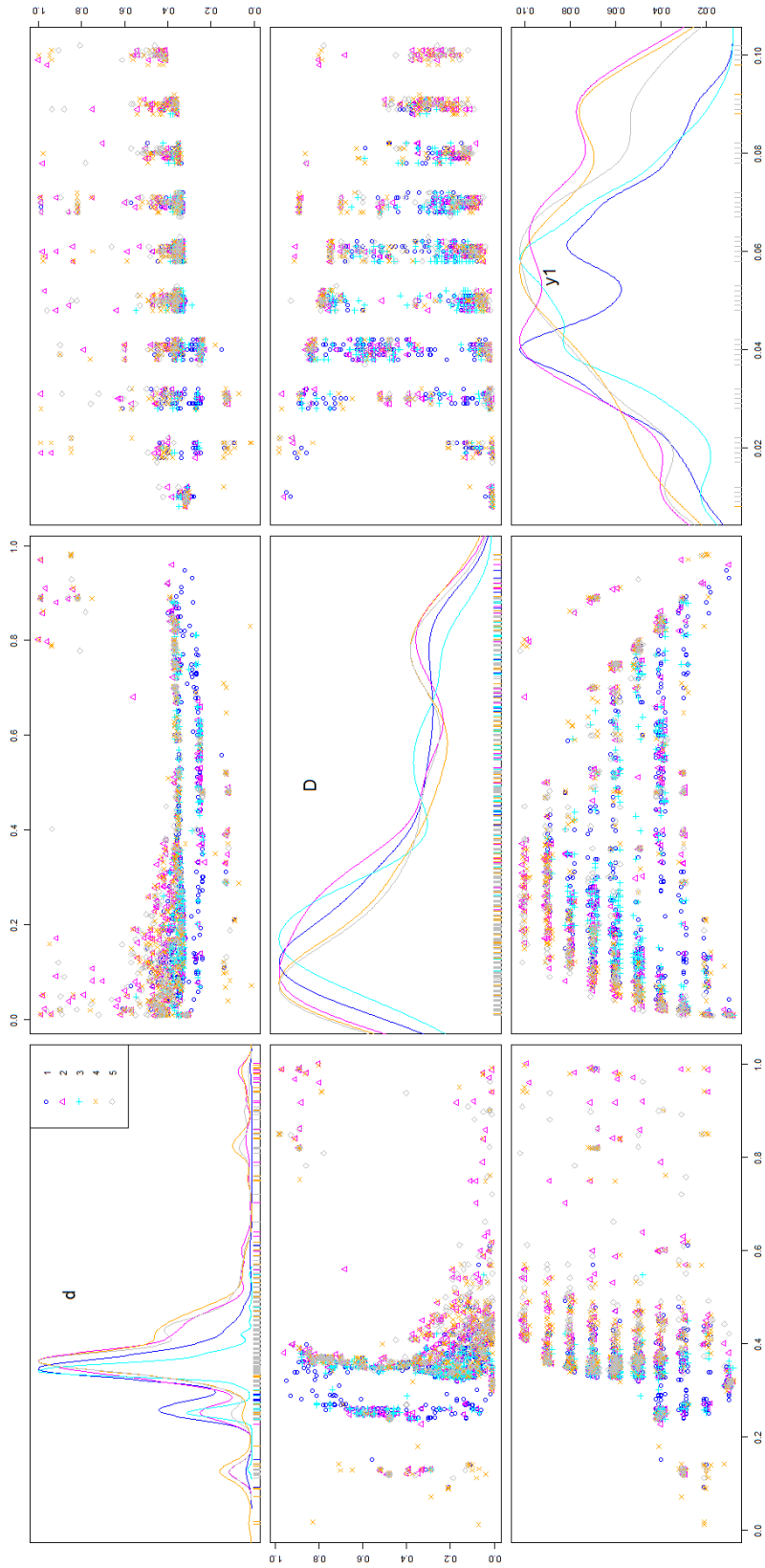


Figura E.2.: Matriz de dispersión para los parámetros λ , D y d comparando sectores

E.3. Comparando entidades

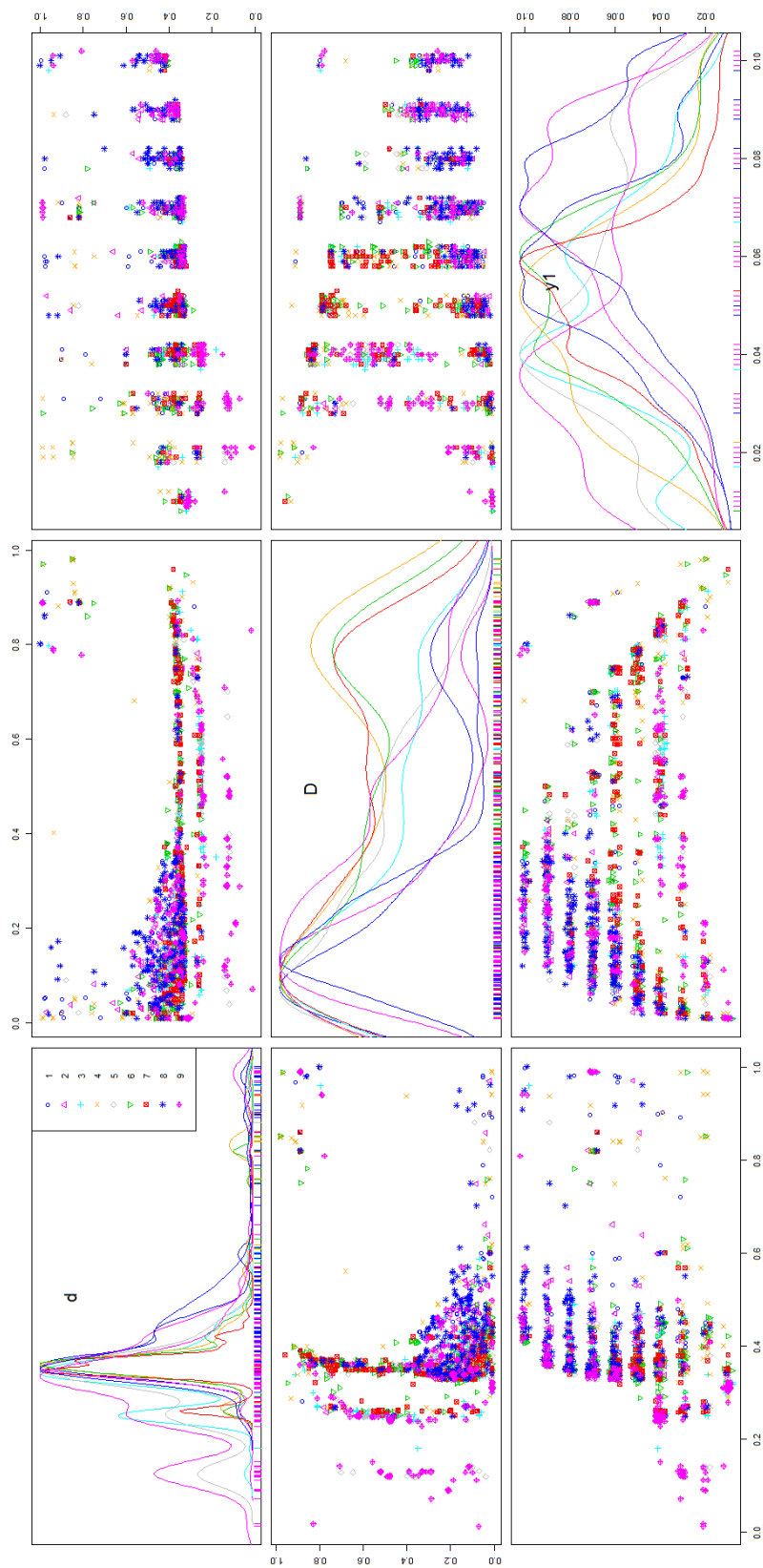
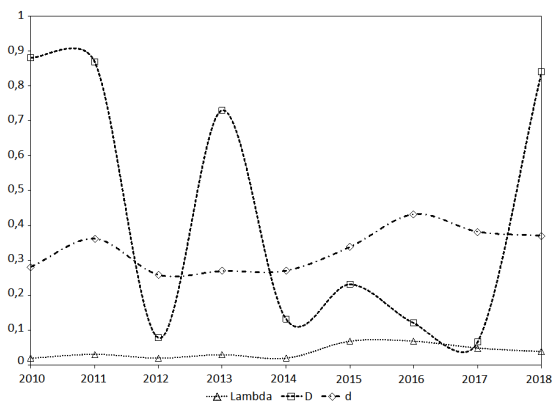


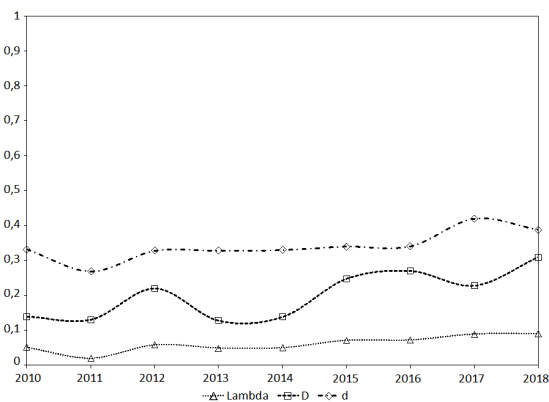
Figura E.3.: Matriz de dispersión para los parámetros λ , D y d comparando entidades

F. Evolución temporal de los parámetros

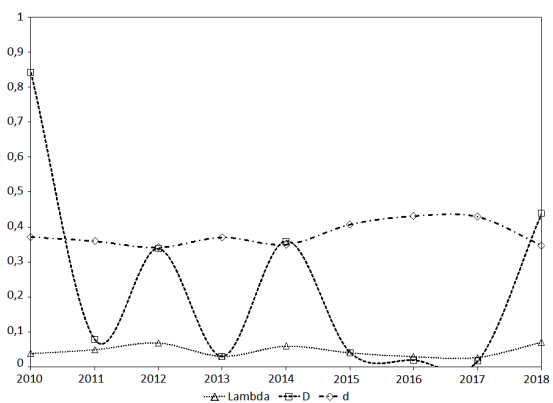
F.1. Sector económico



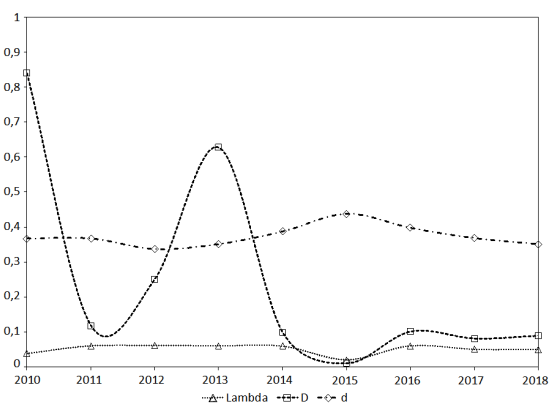
1. Bancoldex



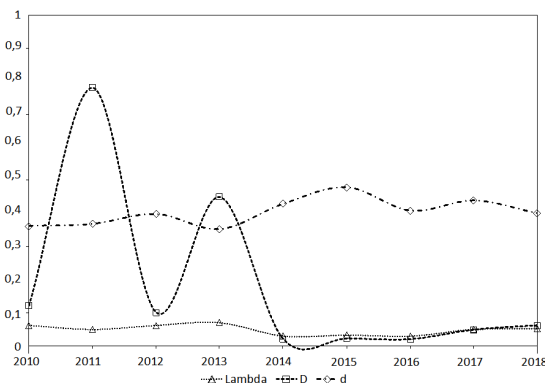
2. Banco de la República



3. Super. Financiera de Colombia

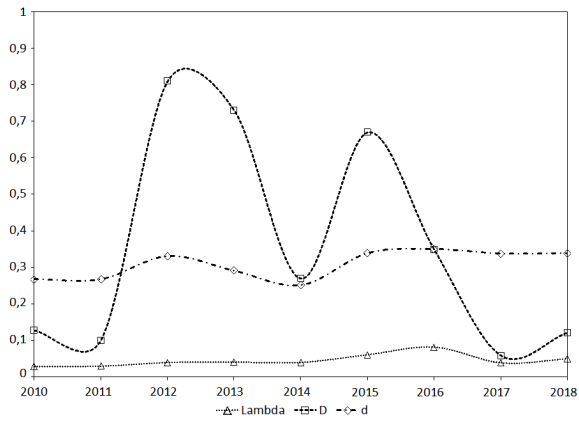


4. DNP

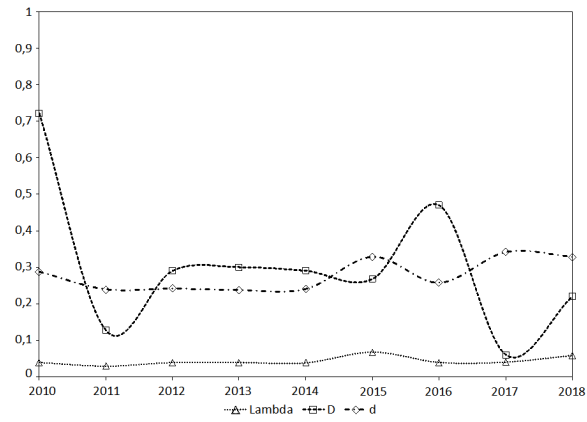


5. FNA

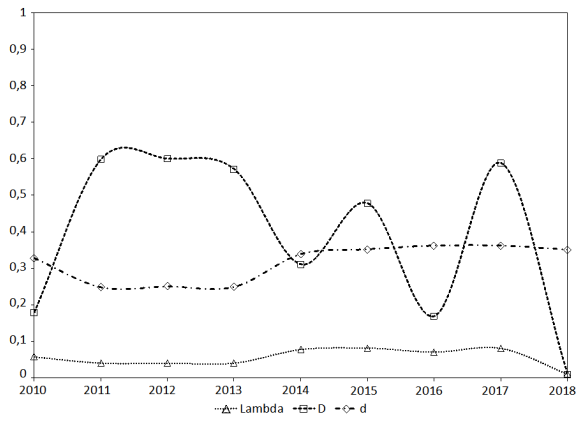
Figura F.1.: Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.



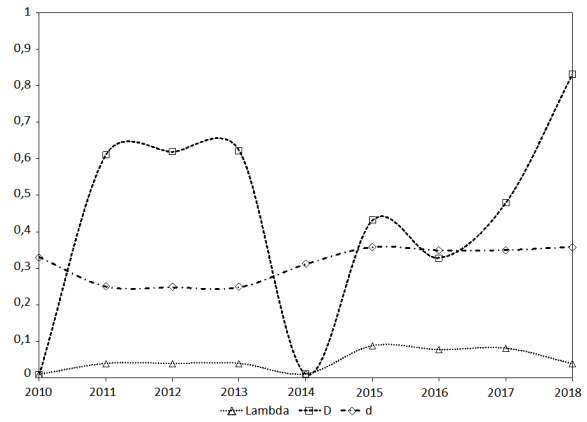
(a) BancoldeX



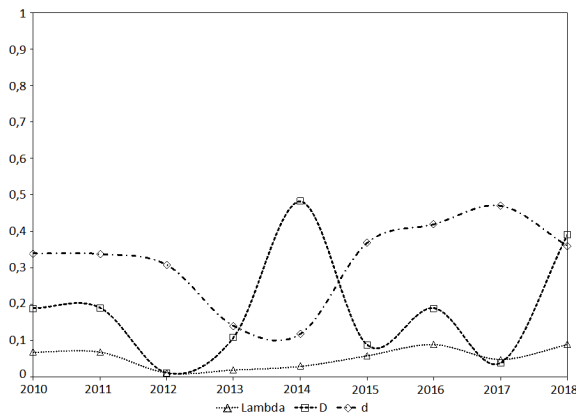
(b) Banco de la República



(c) Super. Financiera de Colombia

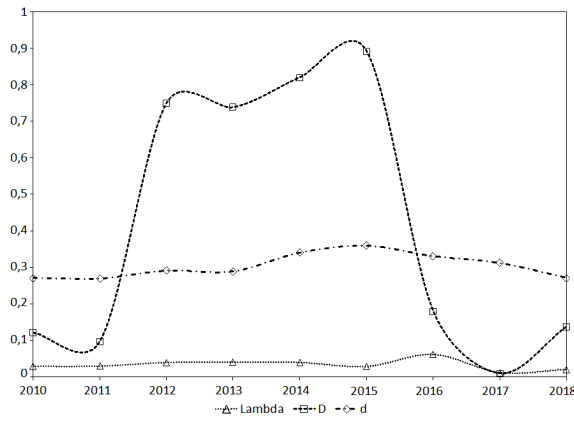


(d) DNP

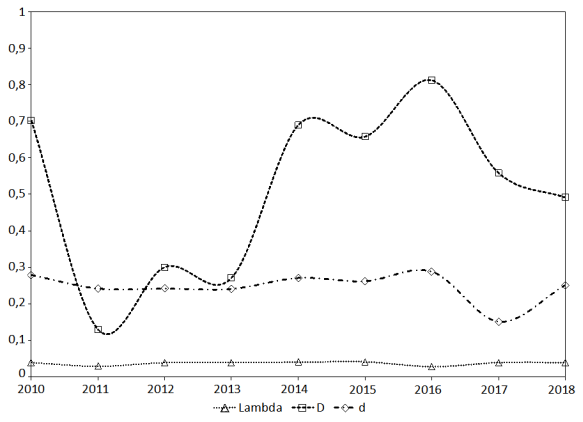


(e) DNP

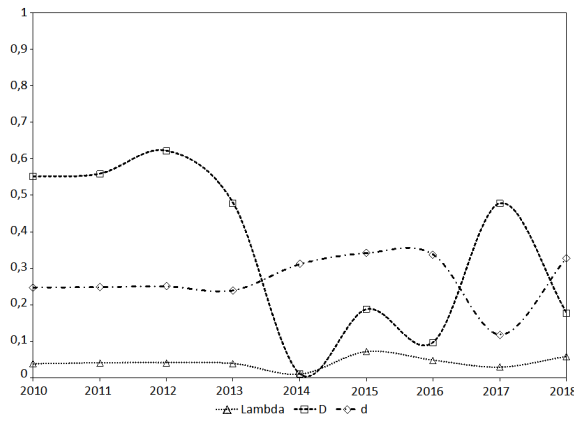
Figura F.2.: Desarrollo Institucional, periodo 2010-2018.



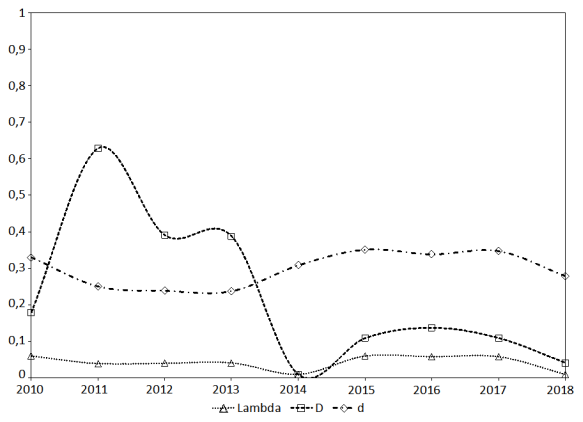
(a) Bancoldex



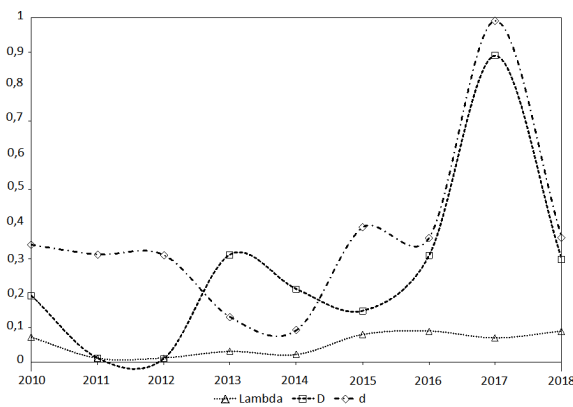
(b) Banco de la República



(c) Super. Financiera de Colombia



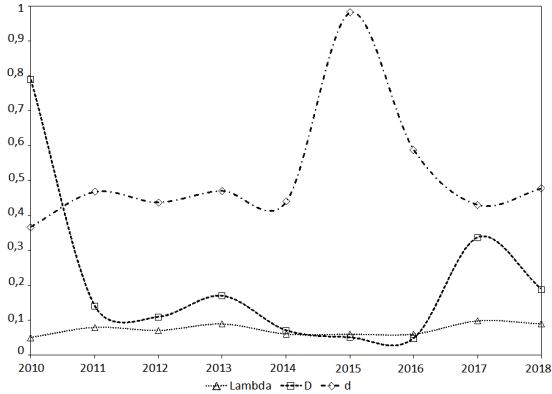
(d) DNP



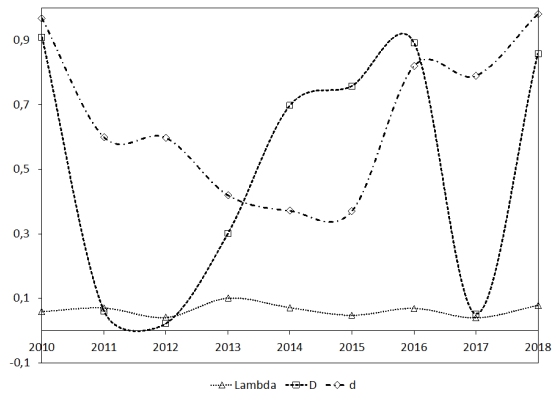
(e) DNP

Figura F.3.: Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.

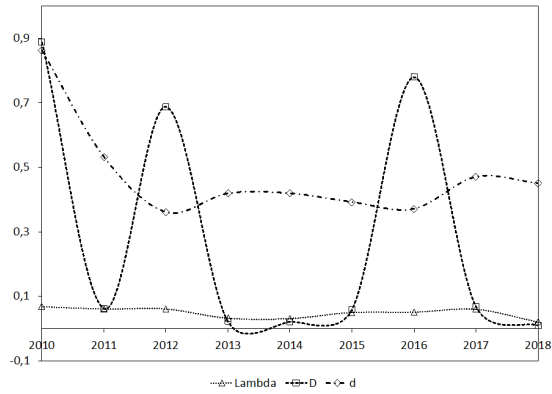
F.2. Sector Educación



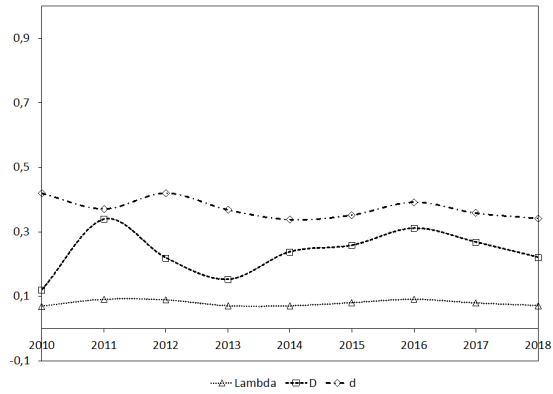
6. Universidad Nacional de Colombia



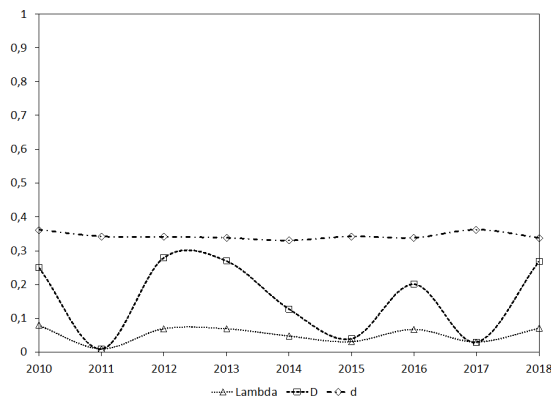
7. Universidad Pedagógica Nacional



8. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

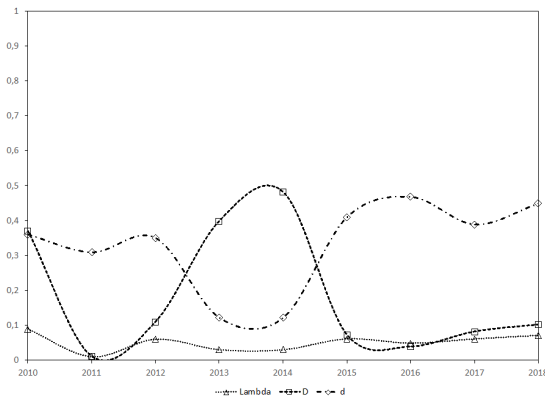


9. Universidad Tecnológica de Pereira

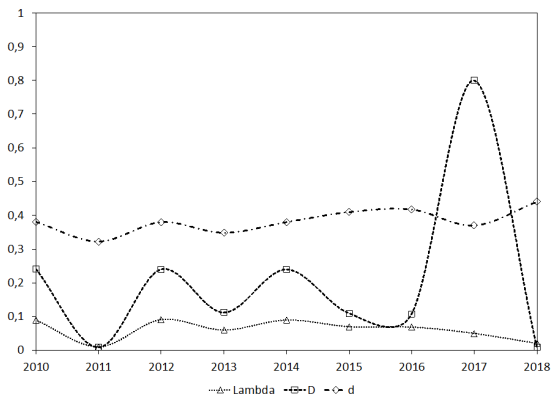


10. Universidad Nacional Abierta y a Distancia

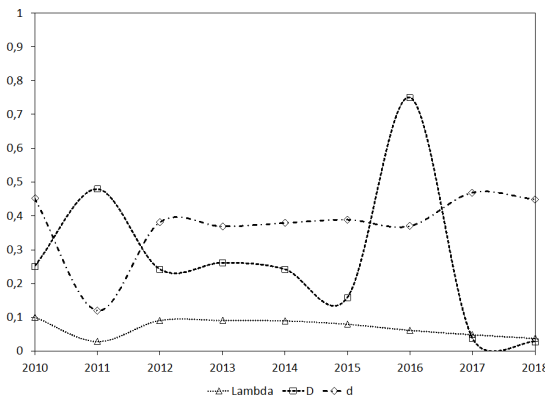
Figura F.4.: Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.



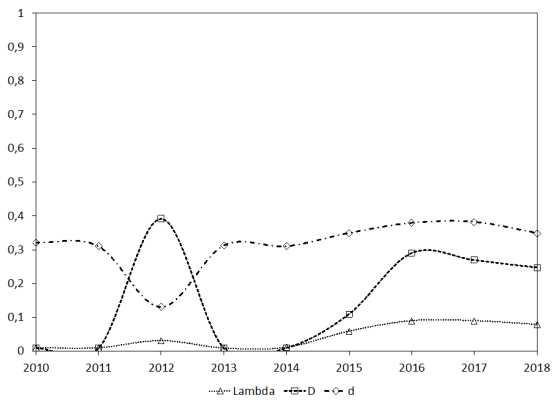
6. Universidad Nacional de Colombia



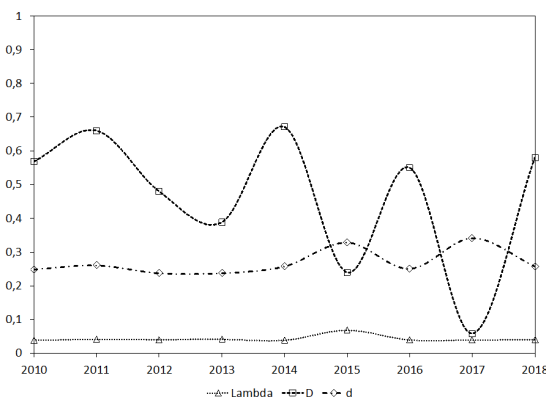
7. Universidad Pedagógica Nacional



8. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

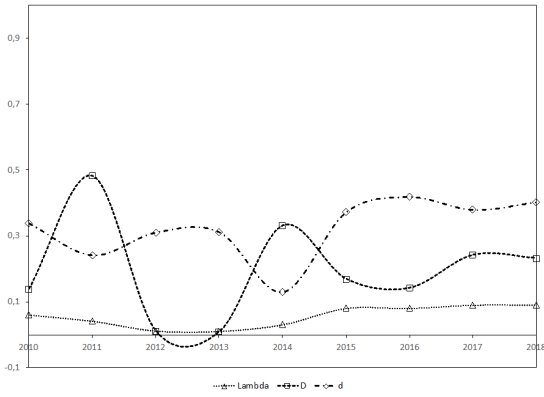


9. Universidad Tecnológica de Pereira

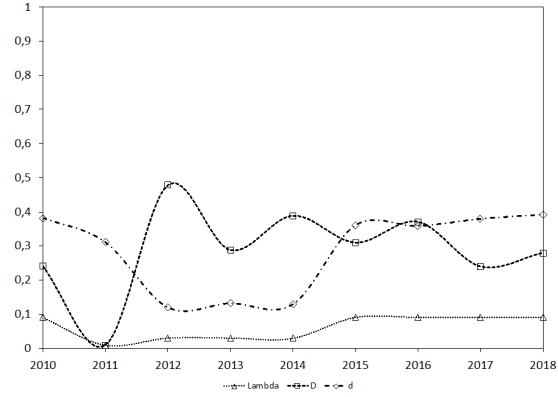


10. Universidad Nacional Abierta y a Distancia

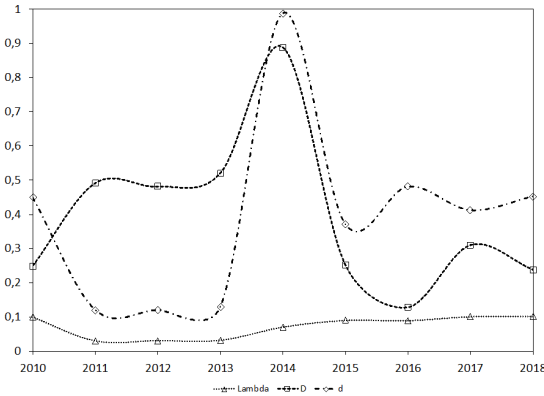
Figura F.5.: Desempeño Institucional, periodo 2010-2018.



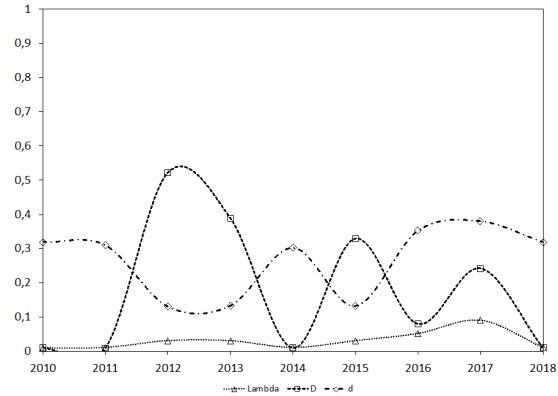
6. Universidad Nacional de Colombia



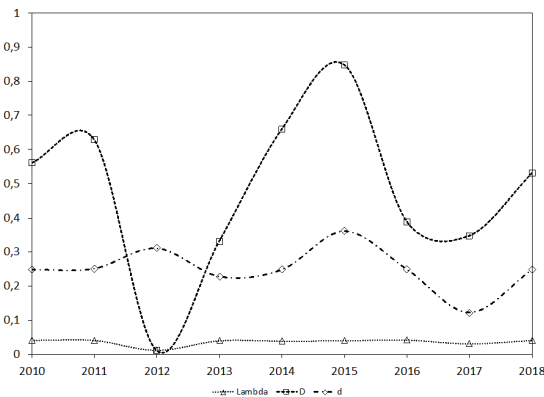
7. Universidad Pedagógica Nacional



8. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia



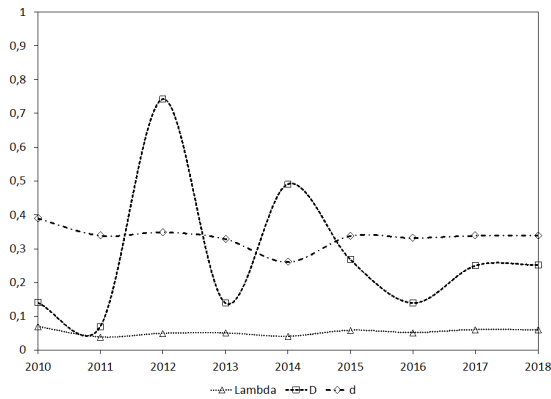
9. Universidad Tecnológica de Pereira



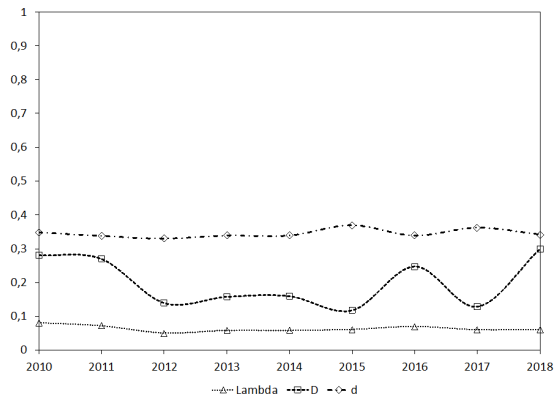
10. Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Figura F.6.: Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.

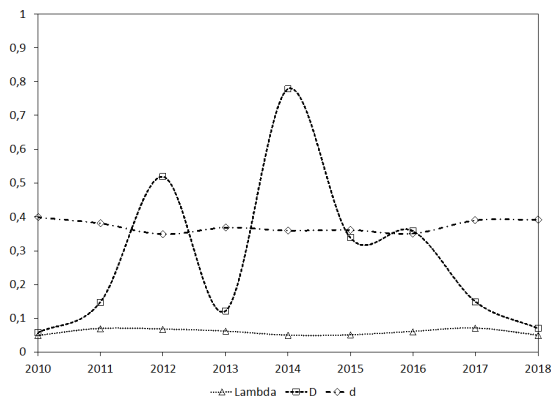
F.3. Sector Fuerzas



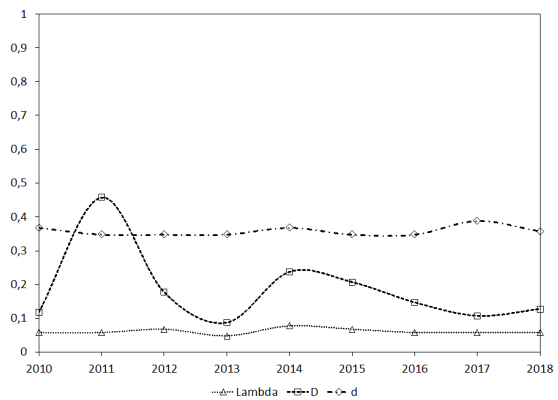
11. Policia Nacional



12. Fuerza Aérea Colombiana

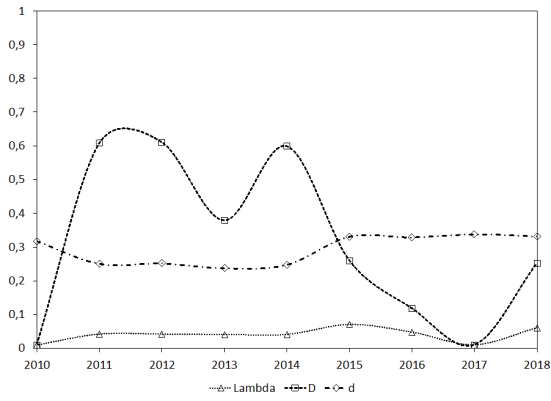


13. Ejercito Nacional de Colombia

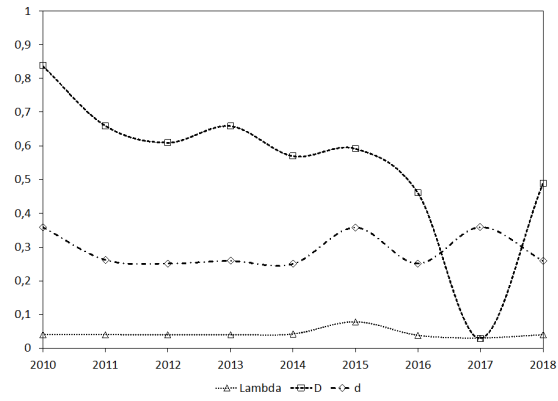


14. Armada Nacional

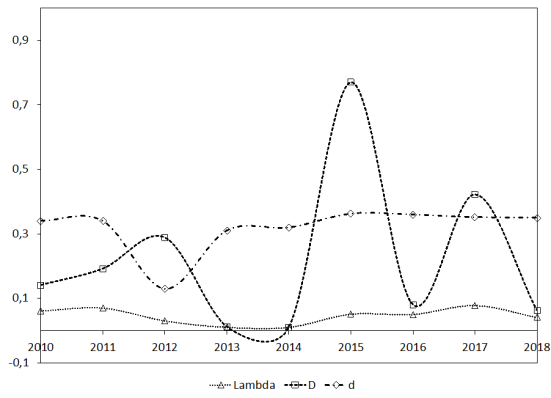
Figura F.7.: Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.



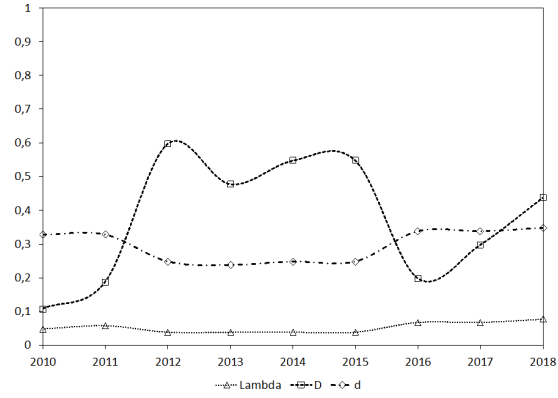
11. Policia Nacional



12. Fuerza Aérea Colombiana

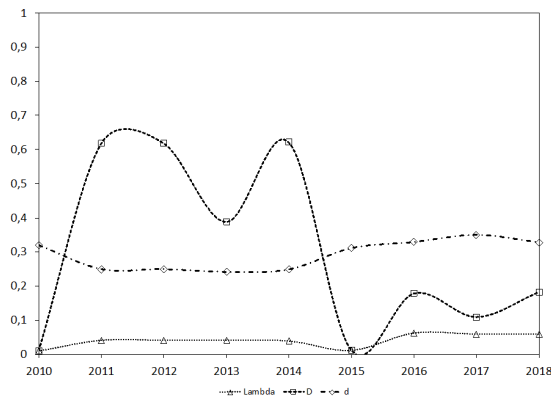


13. Ejercito Nacional de Colombia

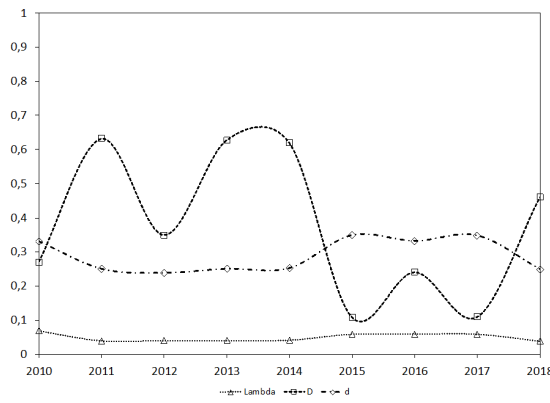


14. Armada Nacional

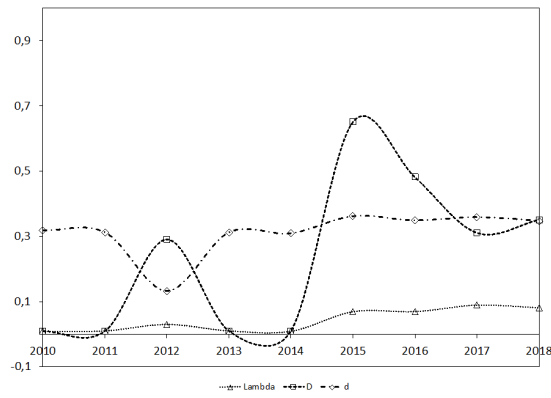
Figura F.8.: Desempeño Institucional, periodo 2010-2018.



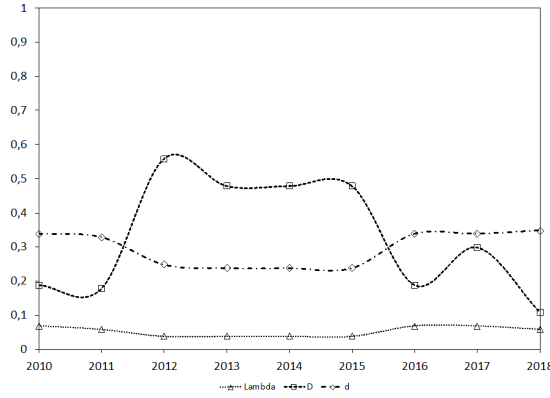
11. Policia Nacional



12. Fuerza Aérea Colombiana



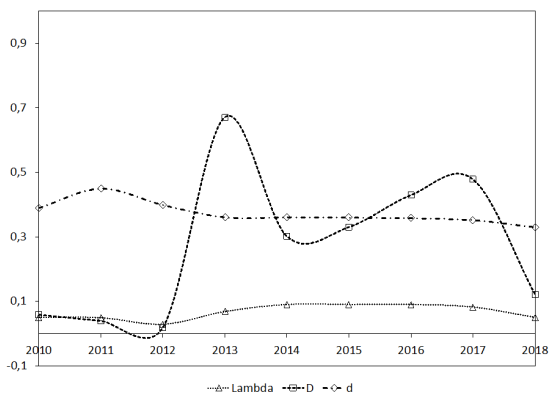
13. Ejercito Nacional de Colombia



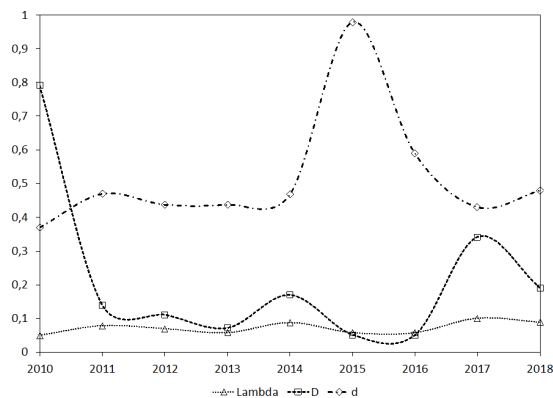
14. Armada Nacional

Figura F.9.: Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.

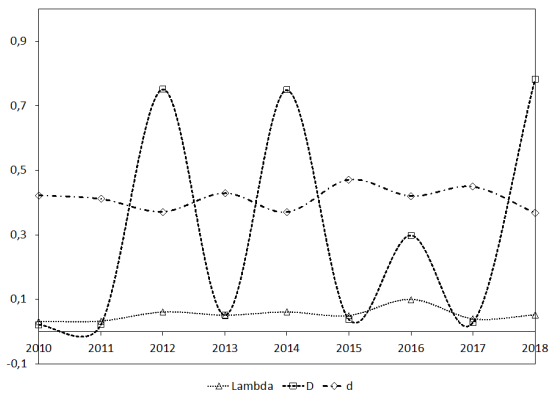
F.4. Sector Varios



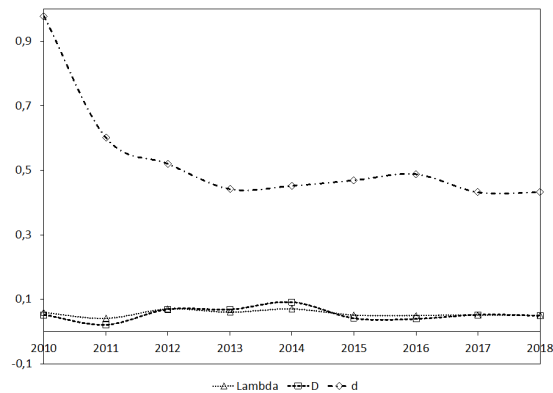
15. Contraloría General de la Nación



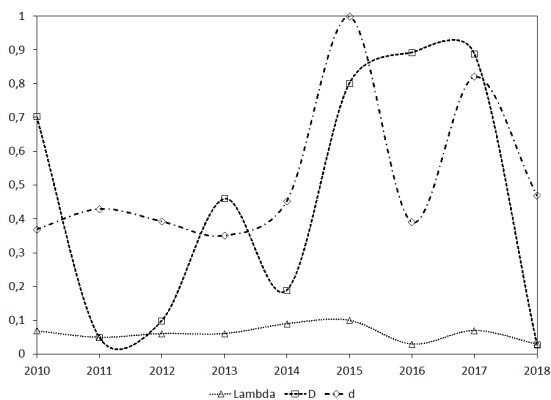
16. Procuraduría General de la Nación



17. Fiscalía General de la Nación

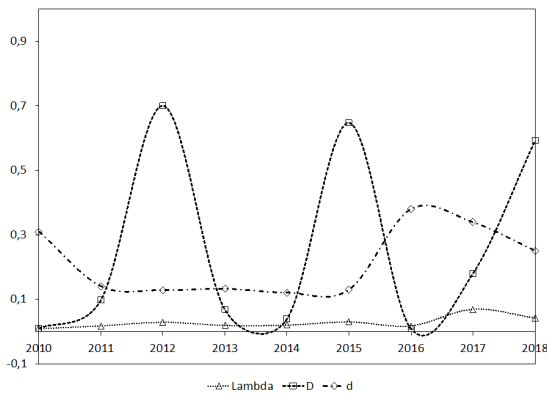


18. Contraloría General de la República

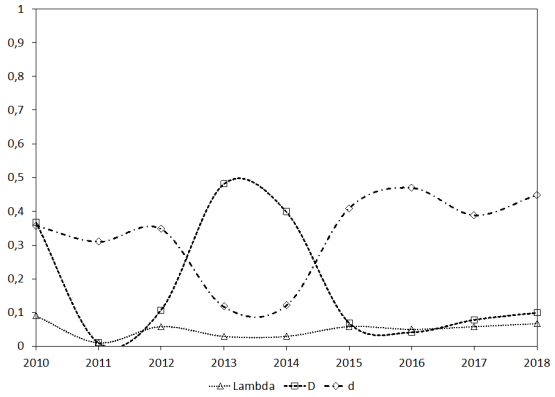


19. Senado de la República

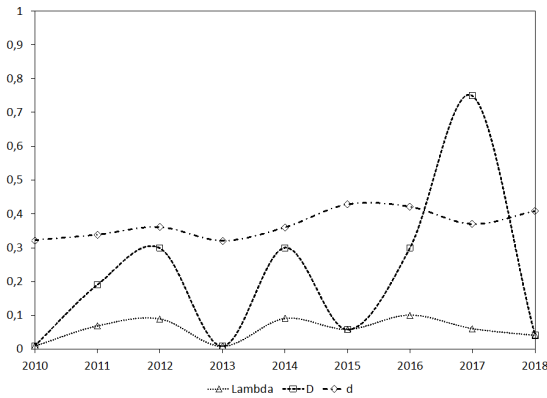
Figura F.10.: Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.



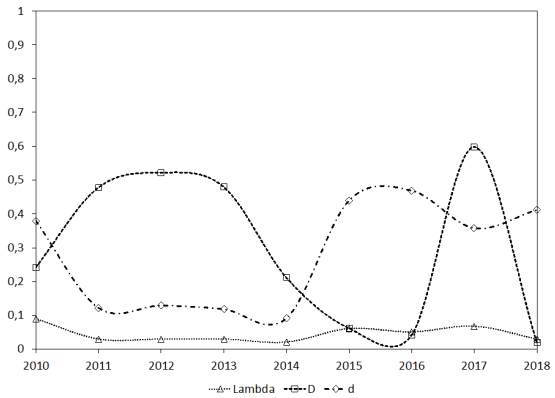
15. Contraloría General de la Nación



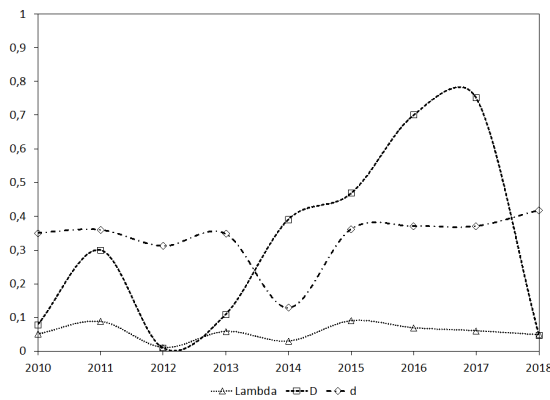
16. Procuraduría General de la Nación



17. Fiscalía General de la Nación

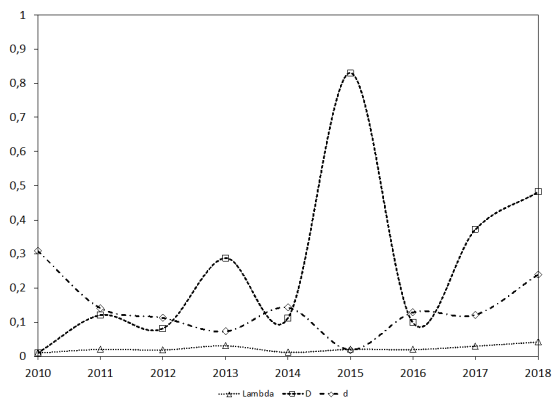


18. Contraloría General de la República

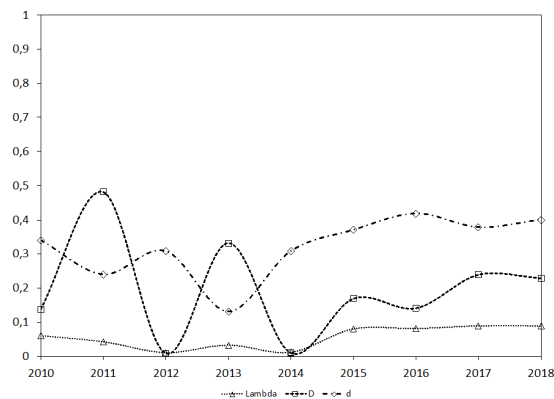


19. Senado de la República

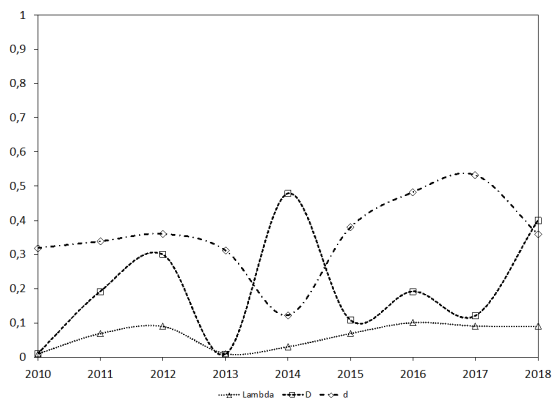
Figura F.11.: Desempeño Institucional, periodo 2010-2018.



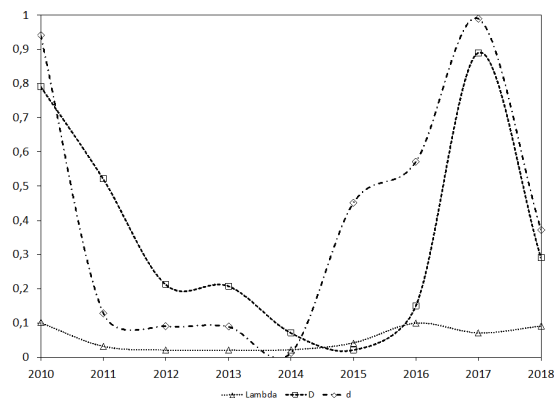
15. Contraloría General de la Nación



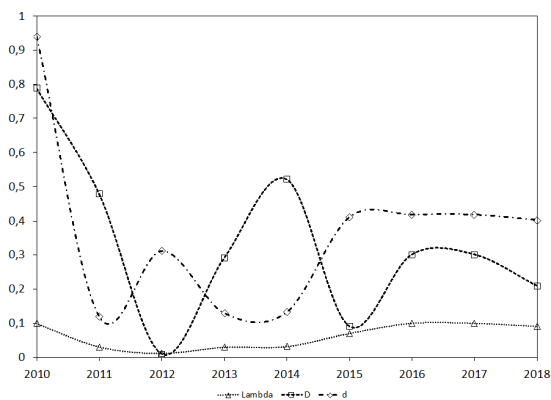
16. Procuraduría General de la Nación



17. Fiscalía General de la Nación



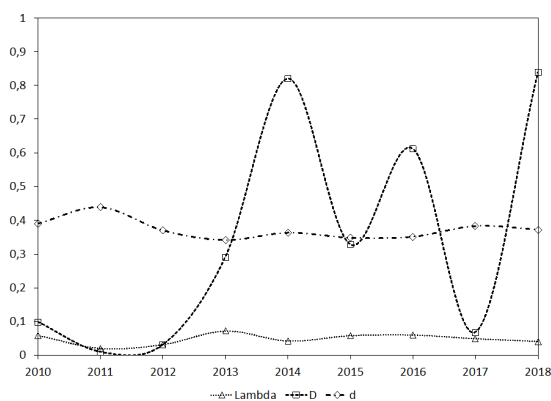
18. Contraloría General de la República



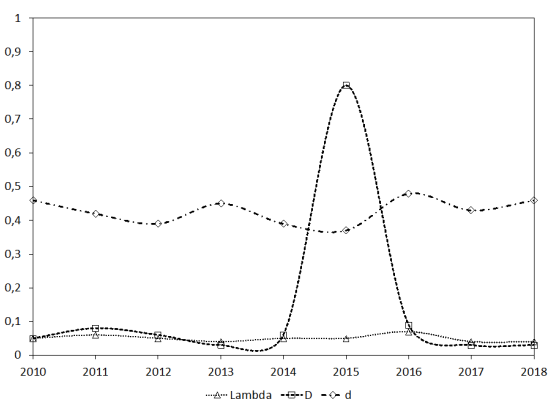
19. Senado de la República

Figura F.12.: Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.

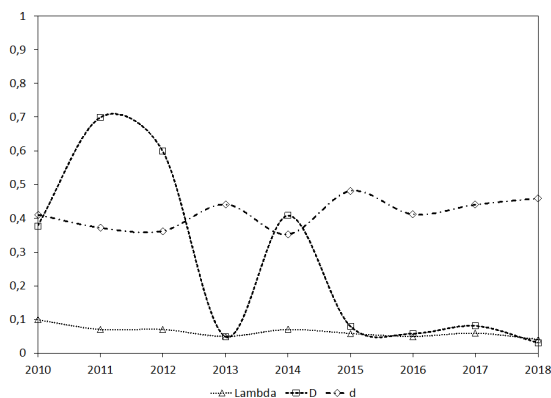
F.5. Sector Ministerios



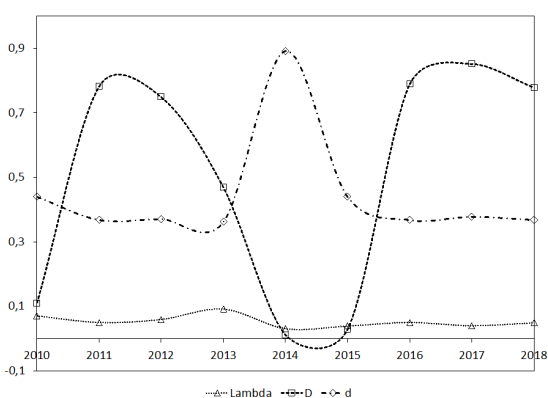
20. Ministerio de Defensa Nacional



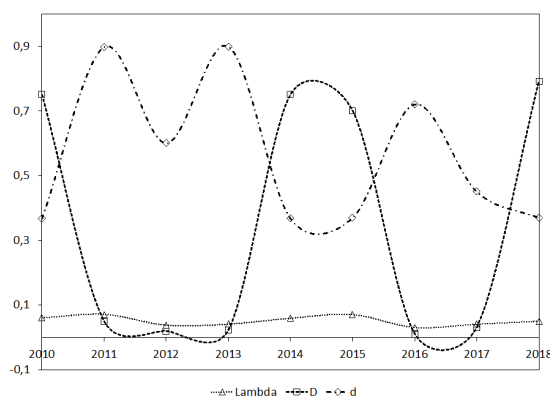
21. Ministerio de Educación Nacional



22. Ministerio de Salud y Protección Social

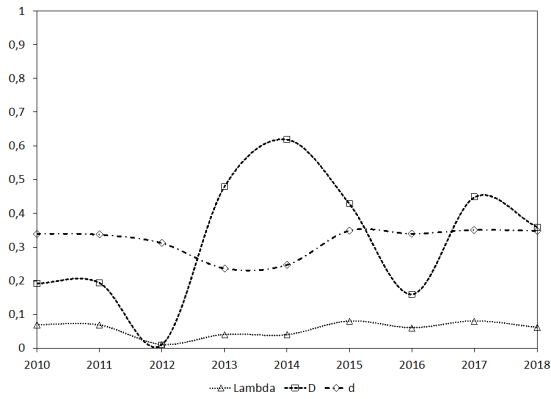


23. Ministerio de Justicia y del Derecho

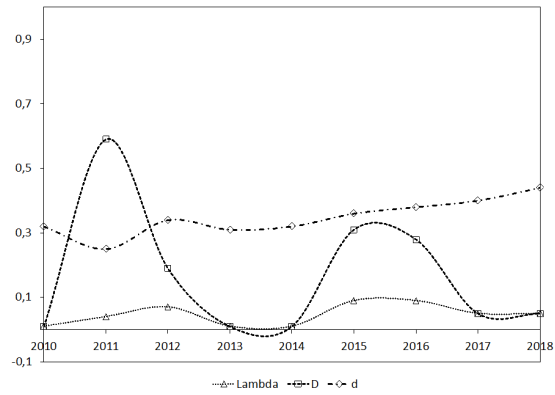


24. Ministerio de Transporte

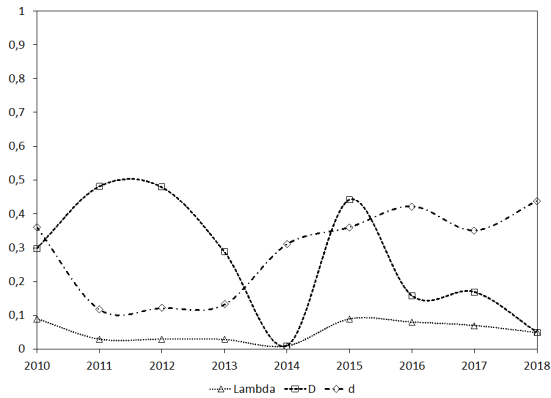
Figura F.13.: Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.



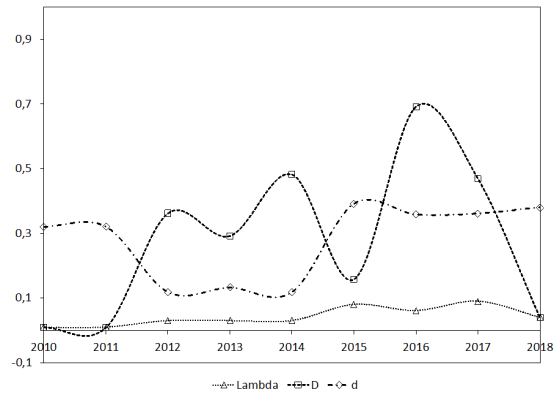
20. Ministerio de Defensa Nacional



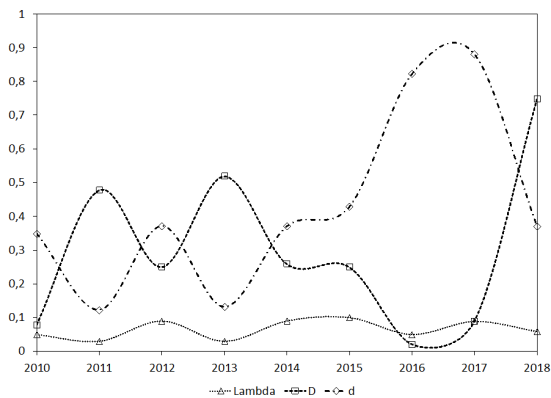
21. Ministerio de Educación Nacional



22. Ministerio de Salud y Protección Social

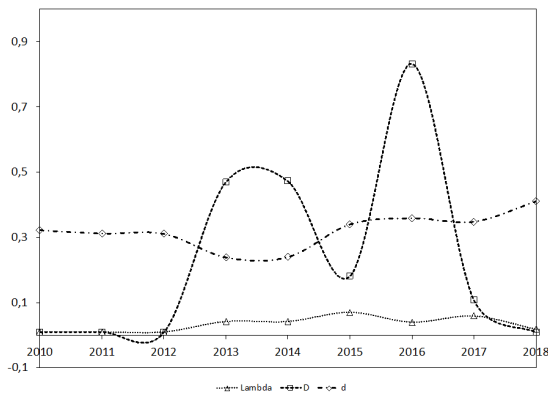


23. Ministerio de Justicia y del Derecho

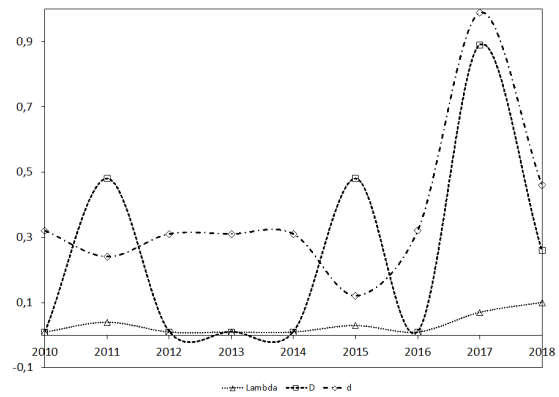


24. Ministerio de Transporte

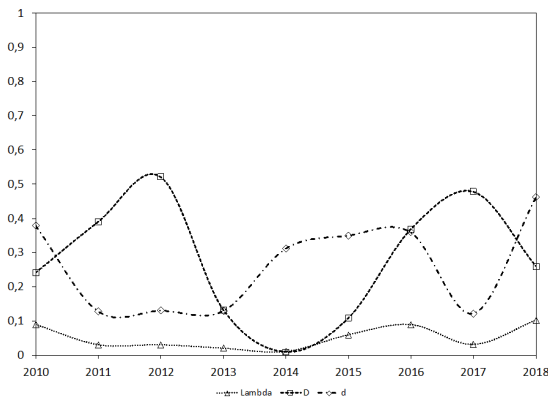
Figura F.14.: Desempeño Institucional, periodo 2010-2018.



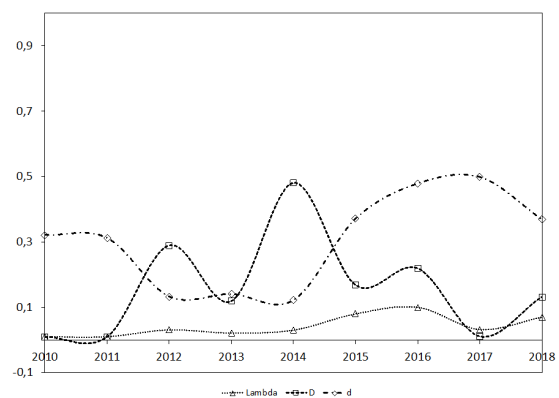
20. Ministerio de Defensa Nacional



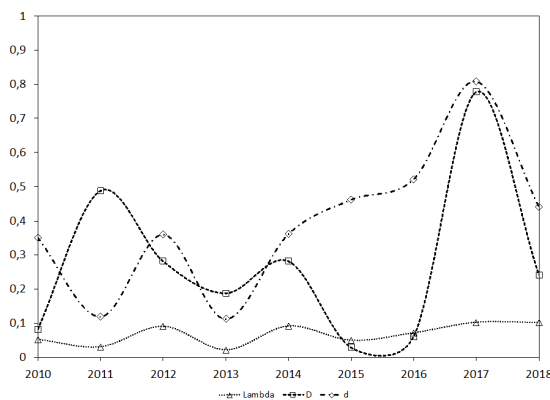
21. Ministerio de Educación Nacional



22. Ministerio de Salud y Protección Social



23. Ministerio de Justicia y del Derecho



24. Ministerio de Transporte

Figura F.15.: Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.

H. Anexo: Matriz de diagramas de dispersión: opinión de los agentes años 2010-2018.

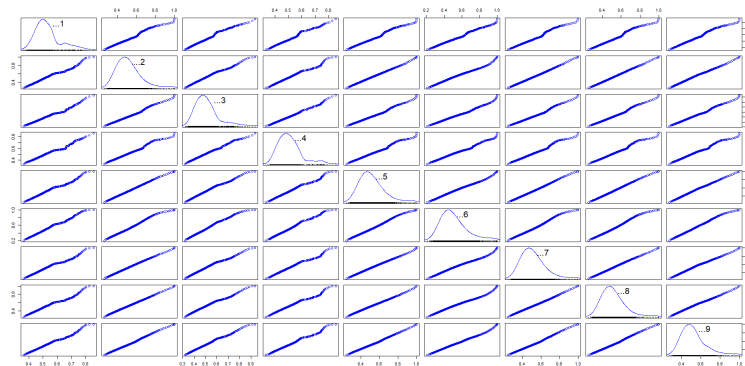


Figura H.1.: Sector económico, DNP. Variable: Ambiente Institucional.

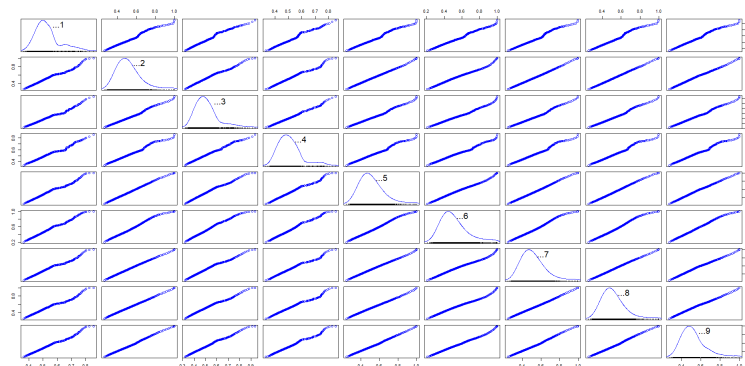


Figura H.2.: Sector educación: Universidad Nacional de Colombia. Variable: Ambiente Institucional.

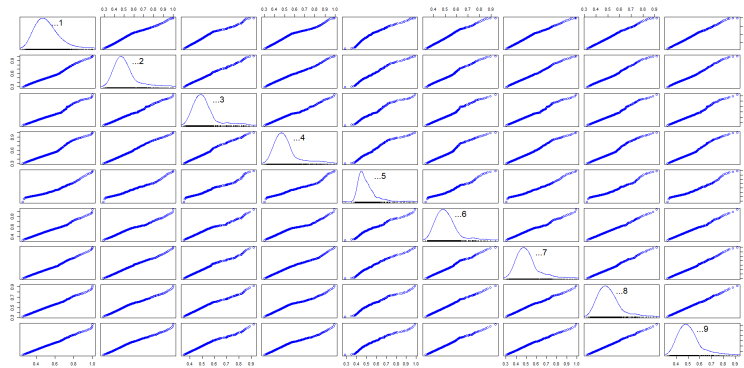


Figura H.3.: Sector Fuerzas: Policia Nacional. Variable: Ambiente Institucional.

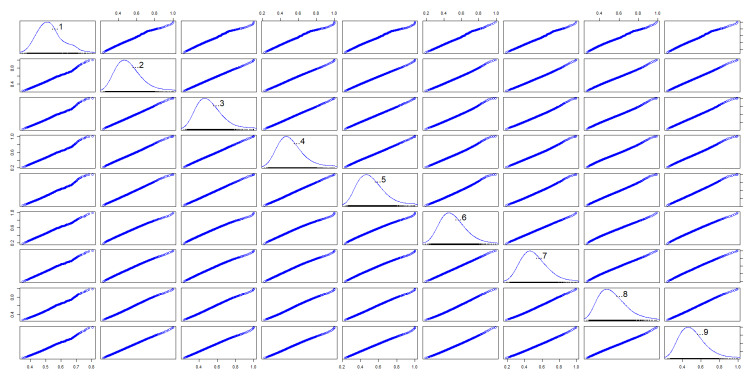


Figura H.4.: Sector Varios: Procuraduria. Variable: Ambiente Institucional.

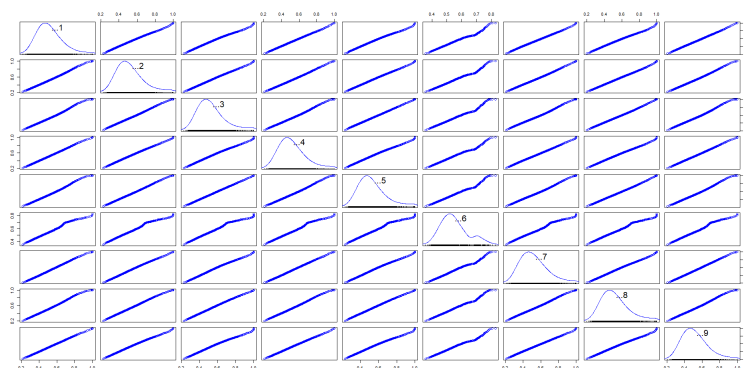


Figura H.5.: Sector Ministerios: Ministerio de educación. Variable: Ambiente Institucional.

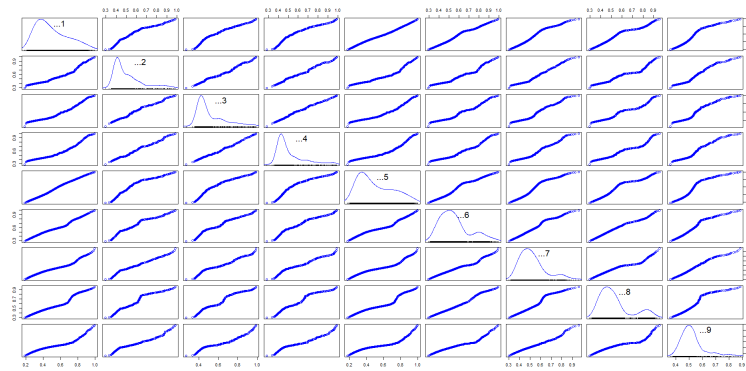


Figura H.6.: Sector económico, DNP. Variable: Desempeño Institucional.

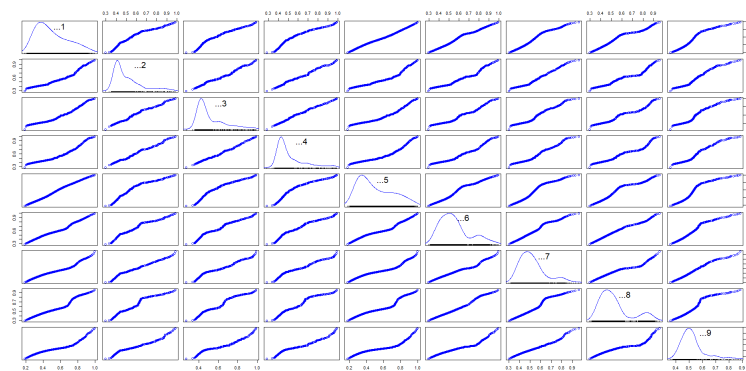


Figura H.7.: Sector educación: Universidad Nacional de Colombia. Variable: Desempeño Institucional.

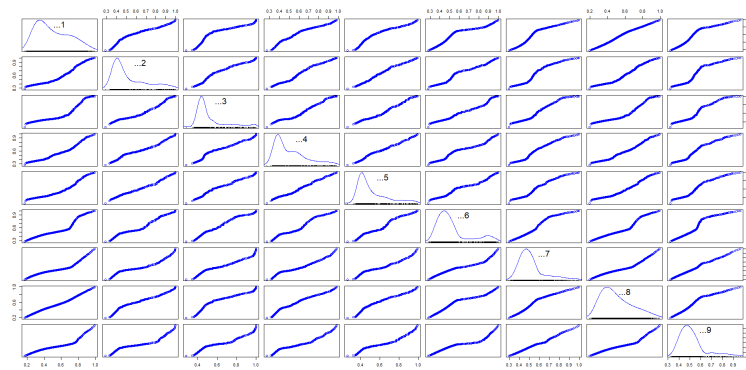


Figura H.8.: Sector Fuerzas: Policia Nacional. Variable: Desempeño Institucional.

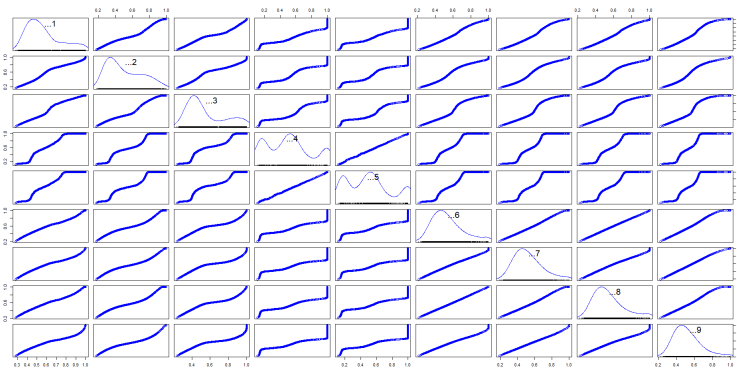


Figura H.9.: Sector Varios: Procuraduría. Variable: Desempeño Institucional.

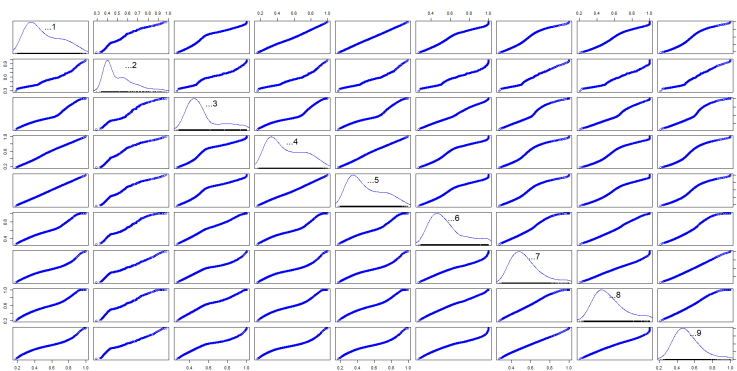


Figura H.10.: Sector Ministerios: Ministerio de educación. Variable: Desempeño Institucional.

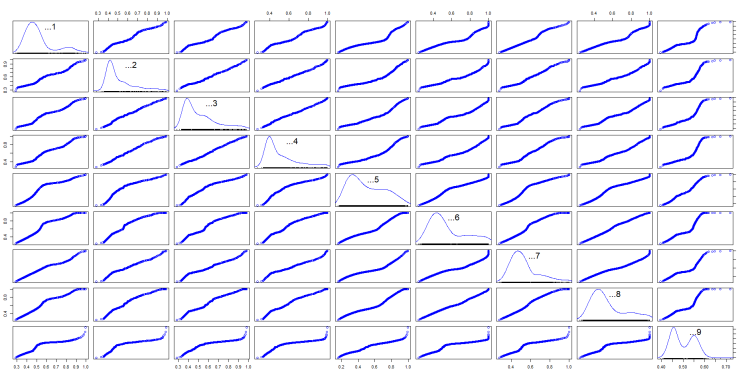


Figura H.11.: Sector económico, DNP. Variable: Prevención de prácticas Irregulares.

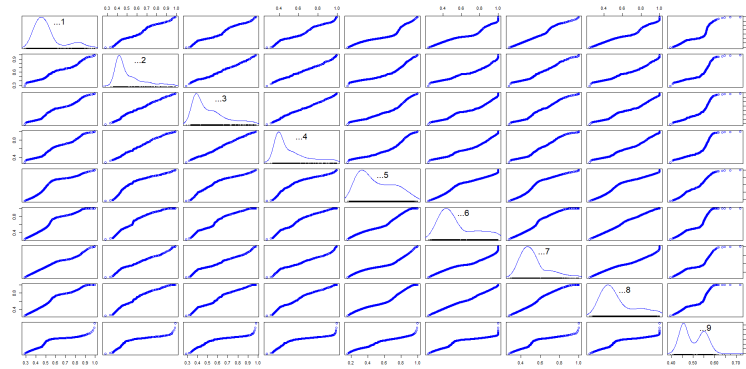


Figura H.12.: Sector educación: Universidad Nacional de Colombia. Variable: Prevención de prácticas Irregulares.

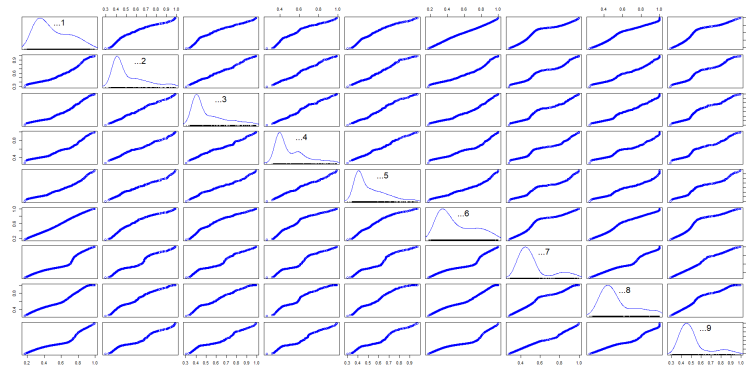


Figura H.13.: Sector Fuerzas: Policia Nacional. Variable: Prevención de prácticas Irregulares.

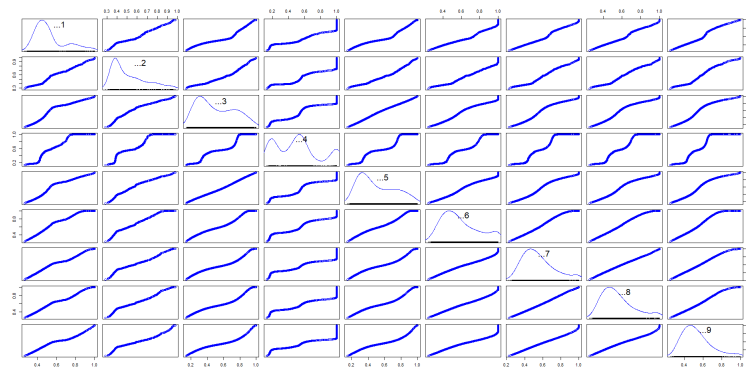


Figura H.14.: Sector Varios: Procuraduria. Variable: Prevención de prácticas Irregulares.

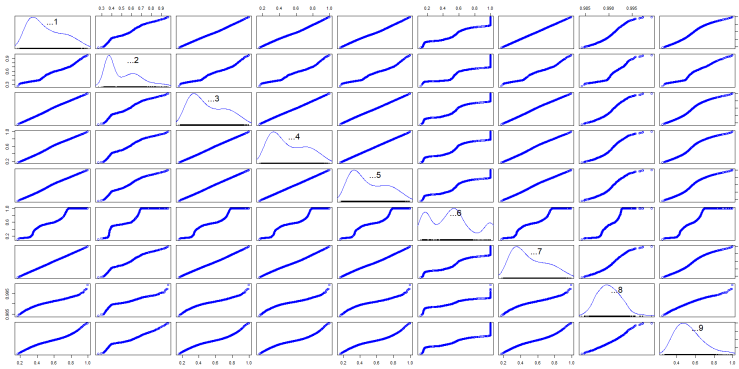


Figura H.15.: Sector Ministerios: Ministerio de educación. Variable: Prevención de prácticas Irregulares.

I. Anexo: Fragmento ficha metodológica EDI

La encuesta sobre ambiente y desempeño institucional EDI¹, surge ante la necesidad de contar con información que permita obtener una aproximación al comportamiento de las organizaciones públicas desde la percepción de sus servidores(as). La investigación sobre el desempeño de las organizaciones públicas empezó como un trabajo coordinado, dentro de un memorando de entendimiento, entre el DANE, la Corporación Transparencia por Colombia, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Programa Presidencial de Lucha contra la Corrupción en 2003. Desde el año 2007 el DANE asumió la investigación adaptando un marco teórico diseñado por el Banco Mundial y la encuesta se incorporó como parte del proyecto de estadísticas políticas y culturales del DANE.

I.1. Conceptos Básicos

- Ambiente Institucional: disposición de la entidad para seguir reglas, ejecutar políticas y administrar recursos.
- Desempeño Institucional: capacidad de una entidad pública para emprender procesos de generación de resultados, rendición de cuentas y promoción del bienestar laboral.
- Servidor(a) público(a): son las personas que prestan sus servicios al Estado o a la administración pública. El término de Servidor(a) público(a) se utiliza desde la Constitución de 1991, en donde se afirma que éstos son empleados(as) al servicio del Estado y de la comunidad.
- Prácticas irregulares: conducta en la que incurre el servidor(a) cuando abusa de la posición que ostenta, con el fin de obtener provecho personal y/o grupal.

I.2. Definición EDI

La Encuesta sobre ambiente y desempeño institucional nacional es un instrumento que consolida anualmente una base de información sólida sobre el ambiente y desempeño institucional

¹ver: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/gobierno/encuesta-sobre-ambiente-y-desempeno-institucional-nacional-edi>

de la administración pública, a partir de la percepción de los servidores públicos que trabajan en las entidades del orden nacional del poder ejecutivo, judicial y legislativo, organismos de control, organización electoral, corporaciones autónomas regionales e instituciones de investigación científica y ambiental.

I.3. Objetivos de la EDI

Objetivo general Conocer la percepción de los servidores sobre el ambiente y el desempeño institucional de las entidades del orden nacional a las que prestan sus servicios.

Objetivos específicos

1. Obtener información sobre la percepción de los servidores respecto al ambiente institucional de las entidades, a partir del conocimiento sobre el nivel existente de credibilidad en las reglas, en las políticas y suficiencia de recursos y previsibilidad.
2. Recoger información sobre la percepción de los servidores respecto al desempeño institucional de las entidades, a través del conocimiento sobre los logros alcanzados en gestión por resultados, rendición de cuentas, bienestar laboral y prevención de prácticas irregulares.
3. Generar indicadores de desarrollo de la administración pública, que permitan clasificar las organizaciones en un momento dado y comparar su evolución a lo largo del tiempo.

I.4. Variables

Variables de estudio percepción del funcionario frente al ambiente y desempeño institucional en términos de credibilidad en las reglas; credibilidad en las políticas, suficiencia de recursos y previsibilidad; gestión por resultados, rendición de cuentas, bienestar laboral y prevención de prácticas irregulares.

Variables de desagregación Entidad, sector institucional, grupo funcional, tiempo de servicio en la entidad, edad, sexo.

La encuesta está fundamentada en dos conceptos importantes: **ambiente institucional** y **desempeño institucional**. El primero se relaciona con la disposición de la entidad para seguir reglas, ejecutar políticas y administrar recursos [74]. Establece el grado de aceptación y credibilidad respecto a estos factores fundamentales; si la aceptación es elevada hay un ambiente favorable para su realización e implementación.

Los componentes asociados a este concepto son:

- **Credibilidad en las reglas** : es la percepción de los servidores públicos respecto al ambiente laboral en que se implementan y desarrollan las reglas formales de la gestión pública en la entidad [74]. Indaga por temas relacionados con las relaciones entre el personal, el respeto a las decisiones, la actitud de los directivos, la relación funcionario – entidad, motivaciones para la permanencia en la entidad, carga laboral y contratación.
- **Credibilidad en las políticas** : es la percepción sobre la pertinencia e imparcialidad en la implementación de políticas y directrices en la entidad, tanto interna como externa [74]. Indaga por la implementación de directrices internas (resoluciones, memorandos, circulares, etc.), directrices y políticas externas.
- **Suficiencia de recursos y previsibilidad** : es la percepción de los servidores públicos sobre la planeación de los recursos humanos, físicos y presupuestales de la entidad [74]. Indaga la información acerca de los planes institucionales, así como algunos aspectos vinculados a la programación y ejecución presupuestal.

El segundo, **desempeño institucional** es la capacidad de la entidad para adoptar un modelo de gestión pública por resultados, para informar sobre su desempeño (rendición de cuentas) y para motivar a sus empleados (bienestar laboral) [74]. Los componentes analizados en el marco del concepto de desempeño institucional se presentan como elementos transversales a las dimensiones analíticas planteadas dentro del concepto de ambiente institucional.

Los componentes asociados a este concepto son:

- **Gestión por resultados** : es la percepción sobre la implementación de herramientas de gestión para el cumplimiento de los objetivos y estrategias de la entidad [74].
- **Rendición de cuentas** : percepción de los funcionarios con respecto a la calidad de la información que se entrega al ciudadano. Adicionalmente se indaga sobre percepción de los servidores públicos con respecto a las acciones para prevenir las prácticas irregulares en sus entidades, su incidencia en la organización y las estrategias implementadas por la entidad para no permitir que se desarrollen [74].
- **Bienestar laboral** : percepción relacionada con el nivel de satisfacción del funcionario respecto a la remuneración y el reconocimiento de su labor desempeñada [74].

I.5. Tamaño de la muestra

Los tamaños muestra a nivel de entidad para la EDI se incluyen como anexo a los resultados publicados. Los tamaños de muestra para periodos entre 2010-2016

Tabla I-1.: Número de servidores(as) públicos

Año	Muestra seleccionada	Muestra efectiva
2016	23810	22187
2015	23701	21653
2014	23691	21520
2013	22811	20827
2012	21340	18975
2011	20934	18898
2010	21718	19964

I.6. Método de recolección

La recolección de la encuesta se realiza mediante dos métodos:

- Auto-diligenciamiento de un formulario electrónico a través del sitio web del DANE.
- Auto diligenciamiento a través de formulario físico.

Para consultar más información relacionada a la encuesta consultar DANE. ²

²ver: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/gobierno/encuesta-sobre-ambiente-y-desempeno-institucional-nacional-edi>

Bibliografía

- [1] C. Castellano, S. Fortunato, and V. Loreto, “Statistical physics of social dynamics,” Reviews of Modern Physics, vol. 81, no. 2, pp. 591–646, 2009. cited By 1039.
- [2] P. Sobkowicz, “Modelling opinion formation with physics tools: Call for closer link with reality,” 2009.
- [3] B. Latané, “The psychology of social impact.,” American psychologist, vol. 36, no. 4, p. 343, 1981.
- [4] A. Nowak, J. Szamrej, and B. Latané, “From private attitude to public opinion: A dynamic theory of social impact.,” Psychological Review, vol. 97, no. 3, p. 362, 1990.
- [5] W. Weidlich, “The statistical description of polarization phenomena in society,” British Journal of Mathematics and Statistical Psychology, vol. 24, pp. 251–256, 1971.
- [6] S. Galam, Y. Gefen, and Y. Shapir, “Sociophysics: A new approach of sociological collective behaviour. i. mean-behaviour description of a strike,” Journal of Mathematical Sociology, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 1982.
- [7] S. Galam and S. Moscovici, “Towards a theory of collective phenomena: Consensus and attitude changes in groups,” European Journal of Social Psychology, vol. 21, no. 1, pp. 49–74, 1991.
- [8] S. Galam, “Rational group decision making: A random field ising model at $t= 0$,” Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, vol. 238, no. 1-4, pp. 66–80, 1997.
- [9] K. Sznajd-Weron, “K. sznajd-weron and j. sznajd, int. j. mod. phys. c 11, 1157 (2000).,” Int. J. Mod. Phys. C, vol. 11, p. 1157, 2000.
- [10] D. Stauffer, “Monte carlo simulations of sznajd models,” arXiv preprint cond-mat/0202035, 2002.
- [11] A. T. Bernardes, D. Stauffer, and J. Kertész, “Election results and the sznajd model on barabasi network,” The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems, vol. 25, no. 1, pp. 123–127, 2002.

-
- [12] G. Deffuant, D. Neau, F. Amblard, and G. Weisbuch, “Mixing beliefs among interacting agents,” Advances in Complex Systems, vol. 3, no. 01n04, pp. 87–98, 2000.
- [13] G. Deffuant, F. Amblard, G. Weisbuch, and T. Faure, “How can extremism prevail? a study based on the relative agreement interaction model,” Journal of artificial societies and social simulation, vol. 5, no. 4, 2002.
- [14] G. Deffuant, F. Amblard, and G. Weisbuch, “Modelling group opinion shift to extreme: the smooth bounded confidence model,” arXiv preprint cond-mat/0410199, 2004.
- [15] R. Hegselmann, U. Krause, et al., “Opinion dynamics and bounded confidence models, analysis, and simulation,” Journal of artificial societies and social simulation, vol. 5, no. 3, 2002.
- [16] F. Caruso and P. Castorina, “Opinion dynamics and decision of vote in bipolar political systems,” International Journal of Modern Physics C, vol. 16, no. 09, pp. 1473–1487, 2005.
- [17] L. Conradt and T. J. Roper, “Group decision-making in animals,” Nature, vol. 421, no. 6919, p. 155, 2003.
- [18] M. Stone, “The linear opinion pool,” Ann. Math. Statist, vol. 32, pp. 1339–1342, 1961.
- [19] S. Chatterjee and E. Seneta, “Towards consensus: Some convergence theorems on repeated averaging,” Journal of Applied Probability, vol. 14, no. 1, pp. 89–97, 1977.
- [20] J. E. Cohen, J. Hajnal, and C. M. Newman, “Approaching consensus can be delicate when positions harden,” Stochastic Processes and their Applications, vol. 22, no. 2, pp. 315–322, 1986.
- [21] C. A. and C. B.K., “Statistical mechanics of money: How saving propensity affects its distribution,” European Physical Journal B, vol. 17, no. 1, pp. 167–170, 2000. cited By 156.
- [22] A. Chakraborti and B. Chakrabarti, “Opinion formation in the kinetic exchange models,” New Economic Windows, vol. 9, pp. 289–304, 2011. cited By 0.
- [23] M. Lallouache, A. Chakrabarti, A. Chakraborti, and B. Chakrabarti, “Kinetic exchange models for social opinion formation,” Science and Culture, vol. 76, no. 2, 2010.
- [24] P. Sen, “Phase transitions in a two-parameter model of opinion dynamics with random kinetic exchanges,” Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics, vol. 83, no. 1, 2011. cited By 13.

- [25] S. Biswas, A. Chandra, A. Chatterjee, and B. Chakrabarti, “Phase transitions and non-equilibrium relaxation in kinetic models of opinion formation,” Journal of Physics: Conference Series, vol. 297, no. 1, 2011. cited By 6.
- [26] P. Sen, “Nonconservative kinetic exchange model of opinion dynamics with randomness and bounded confidence,” Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics, vol. 86, no. 1, 2012. cited By 3.
- [27] F. Schweitzer, “Sociophysics,” Physics today, vol. 71, no. 2, pp. 40–46, 2018.
- [28] A. Chakraborti and B. K. Chakrabarti, “Opinion formation in the kinetic exchange models,” in Econophysics of Order-driven Markets, pp. 289–304, Springer, 2011.
- [29] G. Deffuant, D. Neau, F. Amblard, and G. Weisbuch, “Mixing beliefs among interacting agents,” Advances in Complex Systems, vol. 3, no. 01n04, pp. 87–98, 2000.
- [30] P. CLIFFORD and A. SUDBURY, “A model for spatial conflict,” Biometrika, vol. 60, no. 3, p. 881, 1973.
- [31] M. Lewenstein, A. Nowak, and B. Latané, “Statistical mechanics of social impact,” Physical Review A, vol. 45, no. 2, p. 763, 1992.
- [32] A. Nowak and M. Lewenstein, “Modeling social change with cellular automata,” in Modelling and simulation in the social sciences from the philosophy of science point of view, pp. 249–285, Springer, 1996.
- [33] K. Sznajd-Weron and J. Sznajd, “Opinion evolution in closed community,” International Journal of Modern Physics C, vol. 11, no. 06, pp. 1157–1165, 2000.
- [34] A. Bernardes, U. Costa, A. Araujo, and D. Stauffer, “Damage spreading, coarsening dynamics and distribution of political votes in sznajd model on square lattice,” International Journal of Modern Physics C, vol. 12, no. 02, pp. 159–167, 2001.
- [35] J. A. Holyst, K. Kacperski, and F. Schweitzer, “Social impact models of opinion dynamics,” in Annual Reviews Of Computational Physics IX, pp. 253–273, World Scientific, 2001.
- [36] D. Stauffer and H. Meyer-Ortmanns, “Simulation of consensus model of deffuant et al. on a barabasi–albert network,” International Journal of Modern Physics C, vol. 15, no. 02, pp. 241–246, 2004.
- [37] G. Weisbuch, “Bounded confidence and social networks,” The European Physical Journal B, vol. 38, no. 2, pp. 339–343, 2004.
- [38] G. Toscani et al., “Kinetic models of opinion formation,” Communications in mathematical sciences, vol. 4, no. 3, pp. 481–496, 2006.

-
- [39] S. Galam, “Sociophysics: A review of galam models,” International Journal of Modern Physics C, vol. 19, no. 03, pp. 409–440, 2008.
- [40] L. Boudin and F. Salvarani, “A kinetic approach to the study of opinion formation,” ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis, vol. 43, no. 3, pp. 507–522, 2009.
- [41] L. Boudin, R. Monaco, and F. Salvarani, “Kinetic model for multidimensional opinion formation,” Physical Review E, vol. 81, no. 3, p. 036109, 2010.
- [42] M. Lallouache, A. S. Chakrabarti, A. Chakraborti, and B. K. Chakrabarti, “Opinion formation in kinetic exchange models: Spontaneous symmetry-breaking transition,” Physical Review E, vol. 82, no. 5, p. 056112, 2010.
- [43] S. Biswas, A. Kundu, and A. K. Chandra, “Dynamical percolation transition in the ising model studied using a pulsed magnetic field,” Physical Review E, vol. 83, no. 2, p. 021109, 2011.
- [44] N. Crokidakis, V. H. Blanco, and C. Anteneodo, “Impact of contrarians and intrinsics in a kinetic model of opinion dynamics,” Physical Review E, vol. 89, no. 1, p. 013310, 2014.
- [45] C. Brugna and G. Toscani, “Kinetic models of opinion formation in the presence of personal conviction,” Physical Review E, vol. 92, no. 5, p. 052818, 2015.
- [46] G. Weisbuch, G. Deffuant, F. Amblard, and J.-P. Nadal, “Interacting agents and continuous opinions dynamics,” in Heterogenous agents, interactions and economic performance, pp. 225–242, Springer, 2003.
- [47] S. Fortunato and C. Castellano, “Scaling and universality in proportional elections,” Physical review letters, vol. 99, no. 13, p. 138701, 2007.
- [48] M. Lallouache, A. Chakrabarti, A. Chakraborti, and B. Chakrabarti, “Opinion formation in kinetic exchange models: Spontaneous symmetry-breaking transition,” Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics, vol. 82, no. 5, 2010. cited By 23.
- [49] D. A. and Y. V.M., “Statistical mechanics of money,” European Physical Journal B, vol. 17, no. 4, pp. 723–729, 2000. cited By 0.
- [50] P. Sen, “Nonconservative kinetic exchange model of opinion dynamics with randomness and bounded confidence,” Physical Review E, vol. 86.
- [51] W. Scott, Organizations: Rational, Natural, and Open Systems. Prentice Hall International editions, Prentice Hall, 2003.

- [52] E. Olson and G. Eoyang, Facilitating Organization Change: Lessons from Complexity Science. J-B O-D (Organizational Development), Wiley, 2001.
- [53] G. Morgan, Imágenes de la organización. Alfaomega, 1996.
- [54] L. James and A. Jones, “Organizational climate: A review of theory and research,” Psychological Bulletin, vol. 81, no. 12, pp. 1096–1112, 1974. cited By 0.
- [55] V. Prabhu, “Organizational development,” in Encyclopedia of Creativity (Second Edition) (M. A. R. R. Pritzker, ed.), pp. 197 – 201, San Diego: Academic Press, second edition ed., 2011.
- [56] R. Leoncini and S. Montresor, Dynamic Capabilities Between Firm Organisation and Local Systems of Production. Routledge Studies in Global Competition, Taylor & Francis, 2007.
- [57] D. Teece, Contributions and Impediments of Economic Analysis to the Study of Strategic Management. Economic analysis & policy working paper, Produced and distributed by Center for Research in Management, University of California, Berkeley Business School, 1988.
- [58] D. J. Teece, “Firm organization, industrial structure, and technological innovation,” Journal of Economic Behavior and Organization, vol. 31, no. 2, pp. 193 – 224, 1996.
- [59] T. D.J., P. G., and S. A., “Dynamic capabilities and strategic management,” Strategic Management Journal, vol. 18, no. 7, pp. 509–533, 1997. cited By 0.
- [60] S. Wall, Strategic Reconfigurations: Building Dynamic Capabilities in Rapid Innovation-based Industries. Edward Elgar Publishing, Incorporated, 2010.
- [61] C. Helfat, S. Finkelstein, W. Mitchell, M. Peteraf, H. Singh, D. Teece, and S. Winter, Dynamic Capabilities: Understanding Strategic Change in Organizations. Wiley, 2009.
- [62] A. M. and T. D.J., “Dynamic capabilities and the role of managers in business strategy and economic performance,” Organization Science, vol. 20, no. 2, pp. 410–421, 2009. cited By 0.
- [63] A. R. and L. D., “Demand heterogeneity and technology evolution: Implications for product and process innovation,” Management Science, vol. 47, no. 5, pp. 611–628, 2001. cited By 0.
- [64] B. E. and S. J.V., “Organizational evolution, learning, and selection: A genetic-algorithm-based model,” Academy of Management Journal, vol. 39, no. 5, pp. 1322–1349, 1996. cited By 0.

-
- [65] K. M. Carley, “Computational approaches to sociological theorizing,” in Handbook of sociological theory, pp. 69–83, Springer, 2001.
- [66] C. G.R. and H. J.R., “Organizational demography and culture: Insights from a formal model and simulation,” Administrative Science Quarterly, vol. 43, no. 3, pp. 637–667, 1998. cited By 0.
- [67] C. R.M., R. M.A., H. H.P.N., and S. Y.-W., “The development of an agent-based modeling framework for simulating engineering team work,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A:Systems and Humans, vol. 42, no. 6, pp. 1425–1439, 2012. cited By 0.
- [68] D. J.P., E. K.M., and B. C.B., “Optimal structure, market dynamism, and the strategy of simple rules,” Administrative Science Quarterly, vol. 54, no. 3, pp. 413–452, 2009. cited By 0.
- [69] G. G. and L. D., “Looking forward and looking backward: Cognitive and experiential search,” Administrative Science Quarterly, vol. 45, no. 1, pp. 113–137, 2000. cited By 0.
- [70] R. J.W., “Imitation of complex strategies,” Management Science, vol. 46, no. 6, pp. 824–844, 2000. cited By 398.
- [71] R. J.W. and R. N.P., “Disaster dynamics: Understanding the role of quantity in organizational collapse,” Administrative Science Quarterly, vol. 47, no. 1, pp. 1–30, 2002. cited By 0.
- [72] S. M.A., “Problems and paradoxes in a model of punctuated organizational change,” Administrative Science Quarterly, vol. 42, no. 2, pp. 237–275, 1997. cited By 0.
- [73] Z. C., “Dynamic capabilities and the emergence of intraindustry differential firm performance: Insights from a simulation study,” Strategic Management Journal, vol. 24, no. 2, pp. 97–125, 2003. cited By 0.
- [74] N. Manning, R. Mukherjee, Ö. Gökçeku?, and W. Management, Public Officials and Their Institutional Environment: An Analytical Model for Assessing the Impact of Institutional Change on Public Sector Performance. Policy research working papers, World Bank, Poverty Reduction and Economic Management Network, 2000.

Lista de Figuras

2.1. Modelo FOD. Configuraciones C1($\mu = 0,5$, $d = 0,5$) y C2($\mu = 0,5$, $d = 0,2$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 125 pares de agentes. N=250 (agentes), T=1e4 (pasos de tiempo), bins=100 (número de particiones para el cálculo de la entropía).	17
2.2. Modelo FOD. Configuraciones C3($\mu = 0,5$, $d = 0,133$) y C4($\mu = 0,5$, $d = 0,125$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 150 pares de agentes, N=300, T=1e4 (pasos de tiempo), bins=20 (número de particiones para el cálculo de la entropía).	18
2.3. Modelo FOLCCC. Configuración LCCC1($\lambda = 2/3$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de 125 pares de agentes. N=250 (agentes), T=8e3 (pasos de tiempo), bins=100 (número de particiones para el cálculo de la entropía).	21
2.4. Modelo FOLCCC. Configuraciones LCCC2($\lambda = 0,1$) y LCCC3($\lambda = 0,9$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de 125 pares de agentes. N=250, T=8e3 (pasos de tiempo), bins=100 (número de particiones para el cálculo de la entropía).	22
2.5. El límite de fase obtenido por simulación numérica coincide exactamente con el dado en la ecuación. 2-14. Los acrónimos SP y SBP denotan la fase simétrica y la fase de simetría interrumpida, respectivamente. Los caminos A y B son trayectorias posibles a lo largo de las cuales se pueden hacer los diferentes estudios. A lo largo de la línea discontinua $\lambda = 1$, as opiniones de todos los agentes son iguales y toman valores extremos de dos maneras posibles, ya sea $O_i = 1$ o $O_i = -1$ para todos i . Tomado de [24].	24
2.6. Diagrama de Fase para los modelos FOLCCC y FOLCCCE. Comportamiento del parámetro de orden O . N=200 (agentes), T=1e5 (pasos de tiempo), Nsim=1e3 (numero de simulaciones).	25
2.7. El diagrama de fase en el plano $d - \lambda$ muestra la existencia de una región neutral (para $\lambda \leq \lambda_{c1} \leq 2/3$), una región ordenada y una región desordenada. El orden y el desorden están separados por límite de primer orden (continua en la línea roja) que para $d \geq 0,3$ se obtiene usando un análisis de tamaño de escala finito. Para $d \leq 0,3$, el límite de fase (se rompe en la línea azul) se ha obtenido aproximadamente del comportamiento del parámetro de orden. Tomado de [50].	26

- 2.8. Transición de Fase, Confianza limitada: línea punteada (modelo FOLCCC) , línea semipunteada (modelo FOLCCCE). Rojo (reglas de intercambio usuales), Negro (Variante 1), Azul (Variante 2), Comportamiento parámetro de orden para diferentes valores del parámetro límite d . $N=300$ (agentes), $T=1e5$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones). 27
- 2.9. Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Distribución de opinión para diferentes configuraciones: $N=300$ (agentes), $T=1e5$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones). 28
- 2.10. Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Configuración LCCC4($\lambda = 2/3$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 50 pares de agentes. $N=100$, $T=5e3$. (pasos de tiempo), , $bins=100$ (número de particiones para el cálculo de la entropía). 28
- 2.11. Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Configuración LCCC5($\lambda = 0,7$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 50 pares de agentes. $N=100$, $T=5e3$. (pasos de tiempo), $bins=100$ (número de particiones para el cálculo de la entropía). 29
- 2.12. Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Histograma 3D para diferentes pasos de tiempo. Configuración LCCC4($\lambda = 2/3$, $d = 0,75$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 100 pares de agentes. $N=200$ (agentes). 30
- 2.13. Modelo FOLCCC con confianza limitada d , Configuración LCCC5($\lambda = 0,9$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 50 pares de agentes. $N=100$ (agentes), $T=5e3$. (pasos de tiempo), $bins=100$ (número de particiones para el cálculo de la entropía). 31
- 2.14. Modelo FOLCCCE con confianza limitada d , Distribución de opinión para diferentes configuraciones: $N=300$ (agentes), $T=1e5$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones). 31
- 2.15. Modelo FOLCCCE con confianza limitada d , Configuraciones LCE1($\lambda = 2/3$, $d = 0,5$) y LCE2($\lambda = 0,7$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 100 pares de agentes. $N=100$, $T=5e3$. (pasos de tiempo), $N=100$ (agentes), $bins=100$ (número de particiones para el cálculo de la entropía).. . 32
- 2.16. Modelo FOLCCCE con confianza limitada d , Configuraciones LCE3($\lambda = 0,9$, $d = 0,5$). Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 50 pares de agentes. $N=100$, $T=5e3$. (pasos de tiempo), $Nsim=50$ (número de simulaciones). 33
- 2.17. Diagrama de fase, descriptor y varianza para el modelo de FOLCCCE, A: FOLCCC Usual, B: Variante 1, C: Variante 2. 'Comportamiento del parámetro de orden O '. $N=1000$ (agentes) , $T=8e4$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones). 35

2.18. Diagrama de fase, descriptor y varianza para el modelo de FOLCCCE, donde el valor de intercambio de opinión esta restringido por d . 'Comportamiento del parámetro de orden O '. $N=1000$ (agentes) , $T=8e4$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	35
2.19. Modelo FOD. Entropía para diferentes valores de convicción (D) y parámetro límite (d). $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	36
2.20. Modelo FOLCCCM. Distribución de opinión para diferentes configuraciones. $T=2e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	37
2.21. Modelo FOLCCCE y sus variantes. Entropía para diferentes valores del parámetro de convicción. $T=8e4$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	38
3.1. Modelo FON, Configuración de homogeneidad FOD ($\lambda = 0$). Entropía e histograma normalizado (la línea roja muestra el valor de \bar{O}), $N=500$ (agentes), $T=6e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	43
3.2. Modelo FON, Configuración de homogeneidad FOD ($\lambda = 0,4$, $D=0,3$, $d=0,8$). Entropía e histograma normalizado (la línea roja muestra el valor de \bar{O}), $N=500$ (agentes), $T=6e4$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	44
3.3. Modelo FON, histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones: izquierda ($\lambda = 0,50$, $D = 0,30$, $d = 0,1$), centro ($\lambda = 0,4$, $D = 0,30$, $d = 0,371$), y derecha ($\lambda = 0,80$, $D = 0,30$, $d = 0,371$). $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	44
3.4. Modelo FON, Configuración de homogeneidad FOD ($\lambda = 0,2$, $D=0$, $d=0,5$). Entropía e histograma normalizado (la línea roja muestra el valor de \bar{O}), $N=500$ (agentes), $T=6e4$ (pasos de tiempo)	45
3.5. Modelo FON, Histograma normalizado (opinión agentes) con $D = 0$. Diferentes configuraciones: izquierda ($\lambda = 0,45$, $d = 0,80$, $\bar{O} \approx 0,24$), centro ($\lambda = 0,20$, $d = 0,50$, $\bar{O} \approx 0,5$), y derecha ($\lambda = 0,10$, $d = 0,09$, $\bar{O} \approx 0,5$). $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	45
3.6. Modelo FON, Histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones ($\lambda + D = 1$ con $D > \lambda$): izquierda ($\lambda = 0,05$, $D = 0,95$, $d = 0,01$), centro ($\lambda = 0,3$, $D = 0,7$, $d = 0,4$), y derecha ($\lambda = 0,5$, $D = 0,5$, $d = 0,8$). $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	46

3.7. Modelo FON, Histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones ($\lambda + D = 1$ con $D < \lambda$): izquierda ($\lambda = 0,75, D = 0,25, d = 0,01$), centro: ($\lambda = 0,60, D = 0,40, d = 0,371$), y derecha: ($\lambda = 0,90, D = 0,10, d = 0,80$). $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	47
3.8. Modelo FON, Histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones ($\lambda + D < 1$ con $\lambda < 0,5$): izquierda ($\lambda = 0,01, D = 0,80, d = 0,1$), centro: ($\lambda = 0,40, D = 0,50, d = 0,371$), y derecha: $\lambda = 0,20, D = 0,70, d = 0,50$. $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	47
3.9. Modelo FON, histograma normalizado (opinión agentes). Diferentes configuraciones: izquierda: ($\lambda = 0,09, D = 0,40, d = 0,9$), centro ($\lambda = 0,05, D = 0,20, d = 0,60$), y derecha: $\lambda = 0,01, D = 0,80, d = 0,90$. $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	48
3.10. Diagrama de fase, descriptor y varianza, modelo FON con $D=0$. Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	49
3.11. Diagrama de fase, descriptor y varianza, modelo FON con $0,1 \leq D \leq 0,9$. Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	50
3.12. Diagrama de fase, descriptor y varianza , modelo FON con $0,01 \leq \lambda \leq 0,1$ fijando el parámetro D . Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes) , $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones)	51
3.13. Diagrama de fase, descriptor y varianza, modelo FON con $0,2 \leq \lambda \leq 0,9$ fijando el parámetro D . Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo), $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	52
3.14. Diagrama de fase, descriptor y varianza, modelo FON fijando el parámetro d . Comportamiento del parámetro de orden \bar{O} . $N=500$ (agentes), $T=8e4$ (pasos de tiempo) , $Nsim=1e2$ (número de simulaciones).	53
3.15. Diagrama de fase en el plano λ - d	54
3.16. Diagrama de fase en el plano λ - d	54
3.17. Entropía e histograma normalizado, para las configuraciones dadas en la tabla 3-1 bins=4. $N=500$ (agentes), $T=1e5$. (pasos de tiempo) $Nsim=1e2$ (simulaciones).	56
3.18. Ajuste e histograma normalizado, para las configuraciones dadas en la tabla 3-1 bins=50. $N=500$ (agentes), $T=1e5$ (pasos de tiempo) $Nsim=1e2$ (simulaciones).	57

3.19. Configuraciones MP1($\lambda = 0,05$, $D = 0,282$, $d = 0,448$) y MP2($\lambda = 0,09$ $D = 0,331$, $d = 0,371$). Modelo FOLCCCE Usual. Una unidad de tiempo corresponde a una muestra de de 100 pares de agentes. N=200, T=5e3 (pasos de tiempo), Nsim=50 (número de simulaciones).	58
4.1. Evolución temporal de los parámetros para la Universidad Nacional de Co- lombia, variable Ambiente Institucional	65
4.2. Ambiente Institucional, Promedio de los diferentes años para cada Entidad.	68
4.3. Desempeño Institucional, Promedio de los diferentes años para cada Entidad.	69
4.4. Prevención de Prácticas Irregulares, Promedio de los diferentes años para cada Entidad.	70
4.5. Entropía e Histograma normalizado, Distribución opinión agentes. Paráme- tros tendencia usados en el modelo FON, Universidad Nacional de Colombia. Variable: Ambiente Institucional.	71
4.6. Entropía e Histograma normalizado, Distribución opinión agentes. Paráme- tros tendencia usados en el modelo FON, Universidad Nacional de Colombia. Variable: Ambiente Institucional.	71
4.7. Distribución de la opinión de los agentes. Variable: Ambiente Institucional, periodo 2010-2018. Universidad Nacional de Colombia.	73
4.8. Distribución de la opinión de los agentes. Variable: Ambiente Institucional, periodo 2010-2018. Procuraduría General de la Nación	74
4.9. Distribución acumulada de la opinión de los agentes y ajuste. Variable: Am- biente Institucional.	74
A.1. Modelos teóricos dominantes y teóricos representativos: Un modelo en capas. Tomado de [51]	79
A.2. Principales tipos de definiciones de capacidad dinámica. Tomado de [60] . . .	84
A.3. Ejemplos de tipos de capacidades dinámicas mostrados en la literatura. To- mado de [60]	85
A.4. Continuación Figura 2-5. Tomado de [60]	86
A.5. Los principales enfoques de las capacidades dinámicas. Tomado de [56] . . .	87
B.1. Ambiente Institucional, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.	89
B.2. Ambiente Institucional, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.	90
B.3. Credibilidad en las Reglas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.	91
B.4. Credibilidad en las Reglas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.	92

B.5. Credibilidad en las Políticas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.	93
B.6. Credibilidad en las Políticas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.	94
B.7. Suficiencia de Recursos y Previsibilidad, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.	95
B.8. Suficiencia de Recursos y Previsibilidad, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.	96
B.9. Desempeño Institucional, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.	97
B.10. Desempeño Institucional, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.	98
B.11. Gestión de Resultados, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.	99
B.12. Gestión de Resultados, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.	100
B.13. Rendición de Cuentas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.	101
B.14. Rendición de Cuentas, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.	102
B.15. Bienestar Laboral, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.	103
B.16. Bienestar Laboral, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.	104
B.17. Prevención de Prácticas Irregulares, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2010-2015.	105
B.18. Prevención de Prácticas Irregulares, Valor empírico de las encuestas para cada entidad 2016-2018.	106
C.1. Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para AI y CREREG, Promedio de los diferentes años para cada entidad.	108
C.2. Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para CREPOL y RECPREV, Promedio de los diferentes años para cada entidad.	109
C.3. Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para DI y GESRT, Promedio de los diferentes años para cada entidad.	110
C.4. Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para RENCT y BIENLAB, Promedio de los diferentes años para cada entidad.	111
C.5. Diferencia porcentual entre el valor empírico de las encuestas y el simulado para PRIRRE, Promedio de los diferentes años para cada entidad.	112
D.1. Relación entre los parámetros del modelo propuesto λ (verde), D (magenta), d (azul) y la percepción Totalmente favorable asociada al Ambiente Institucional para cada entidad (cada punto corresponde a un año de estudio).	114

D.2. Relación entre los parámetros del modelo propuesto λ (verde), D (magenta), d (azul) y la percepción Favorable asociada al Ambiente Institucional para cada entidad (cada punto corresponde a un año de estudio).	115
D.3. Relación entre los parámetros del modelo propuesto λ (verde), D (magenta), d (azul) y la percepción Desfavorable asociada al Ambiente Institucional para cada entidad (cada punto corresponde a un año de estudio).	116
D.4. Relación entre los parámetros del modelo propuesto λ (verde), D (magenta), d (azul) y la percepción Totalmente desfavorable asociada al Ambiente Institucional para cada entidad (cada punto corresponde a un año de estudio).	117
E.1. Matriz de dispersión para los parámetros λ , D y d comparando años	119
E.2. Matriz de dispersión para los parámetros λ , D y d comparando sectores	120
E.3. Matriz de dispersión para los parámetros λ , D y d comparando entidades	121
F.1. Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.	123
F.2. Desarrollo Institucional, periodo 2010-2018.	124
F.3. Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.	125
F.4. Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.	126
F.5. Desempeño Institucional, periodo 2010-2018.	127
F.6. Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.	128
F.7. Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.	129
F.8. Desempeño Institucional, periodo 2010-2018.	130
F.9. Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.	131
F.10. Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.	132
F.11. Desempeño Institucional, periodo 2010-2018.	133
F.12. Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.	134
F.13. Ambiente Institucional, periodo 2010-2018.	135
F.14. Desempeño Institucional, periodo 2010-2018.	136
F.15. Prevención de Prácticas Irregulares, periodo 2010-2018.	137
G.1. Clasificación entidades, Promedio de los valores asociados a los parámetros del modelo FON para las variables AI, DI y PRIRRE.	138
H.1. Sector económico, DNP. Variable: Ambiente Institucional.	139
H.2. Sector educación: Universidad Nacional de Colombia. Variable: Ambiente Institucional.	139
H.3. Sector Fuerzas: Policia Nacional. Variable: Ambiente Institucional.	140
H.4. Sector Varios: Procuraduria. Variable: Ambiente Institucional.	140
H.5. Sector Ministerios: Ministerio de educación. Variable: Ambiente Institucional.	140
H.6. Sector económico, DNP. Variable: Desempeño Institucional.	141

H.7. Sector educación: Universidad Nacional de Colombia. Variable: Desempeño Institucional.	141
H.8. Sector Fuerzas: Policía Nacional. Variable: Desempeño Institucional.	141
H.9. Sector Varios: Procuraduría. Variable: Desempeño Institucional.	142
H.10.Sector Ministerios: Ministerio de educación. Variable: Desempeño Institucional.	142
H.11.Sector económico, DNP. Variable: Prevención de prácticas Irregulares.	142
H.12.Sector educación: Universidad Nacional de Colombia. Variable: Prevención de prácticas Irregulares.	143
H.13.Sector Fuerzas: Policía Nacional. Variable:Prevención de prácticas Irregulares.	143
H.14.Sector Varios: Procuraduría. Variable: Prevención de prácticas Irregulares. . .	143
H.15.Sector Ministerios: Ministerio de educación. Variable: Prevención de prácticas Irregulares.	144